

ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ

УДК 624.016.004.15

ЗАЛІЗОБЕТОННІ ФУНДАМЕНТИ ПІД ТРУБОБЕТОННІ КОЛОНИ

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ФУНДАМЕНТЫ ПОД ТРУБОБЕТОННЫЕ КОЛОННЫ

REINFORCED CONCRETE FOUNDATIONS UNDER CONCRETE FILLED STEEL TUBES COLUMNS

Воскобійник С.П., к.т.н., доцент, Воскобійник П.П., к.т.н., доцент,
(Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка)

Воскобойник С.П., к.т.н., доцент, Воскобойник П.П., к.т.н., доцент,
(Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка)

Voskoboynik S.P., PhD, Associate Professor, Voskoboynik P.P., PhD,
Associate Professor (Poltava National Technical Yuriy Kondratyuk University)

Наведені різні типи трубобетонних монолітних залізобетонних фундаментів під трубобетонні колони та надані рекомендації щодо їх практичного застосування.

Приведены различные типы монолитных железобетонных фундаментов под трубобетонные колонны и даны рекомендации относительно их практического применения.

The article deals with the different types of monolithic reinforced concrete foundations under concrete filled steel tubes columns and recommendations for their practical application in building.

Ключові слова: трубобетонні колони, вузол з'єднання, з'єднувальний виступ.

Трубобетонные колонны, узел соединения, соединительный выступ.

Concrete filled steel tubes columns, connecting knot, connecting overhang.

Вступ. Розвиток будівельного комплексу на сучасній стадії потребує впровадження у виробництво високоефективних матеріалів і методів будівництва, до яких відноситься трубобетон і монолітний залізобетон.

Адже, завдяки заміні стиснутих елементів сталевих конструкцій каркасів будівель та споруд на бетонне або залізобетонне заповнення, що має місце в трубобетонних колонах, дає змогу максимально зменшити проектну товщину стінки трубчастої колони як за умов стиску, так і за умов місцевої стійкості труби в жорстких рамних вузлах при одночасній мінімізації зовнішньої відкритої поверхні колон, що потребує додаткового захисту [1].

Аналіз останніх досліджень проблеми впровадження сталезалізобетонних конструкцій у будівельну галузь України свідчить, що раціональна галузь застосування трубобетонних колон – багатоповерхові будівлі зі значними (більше 10 кПа) навантаженнями, наприклад каркаси промислових будівель (цехи кондитерських, тютюнових, харчових виробництв); або зі збільшеними прольотами та підвищеними чи нестандартними кроками колон (9 – 15 м) громадських багатоповерхових будівель (торговельно-розважальні комплекси, супермаркети тощо) [2]. Окрім того, застосування трубобетонних колон на практиці [2] довело свою ефективність і в каркасах одноповерхових промислових будівель, особливо висотою до 10 м та прольотах 18 – 45 м.

Постановка мети і задач досліджень. Особливістю та найбільш важливим фактором забезпечення надійності каркасів є проектування та виготовлення вузлів. Внаслідок цього комплексний характер роботи сталезалізобетонних вузлів має визначальну роль при проектуванні сталезалізобетонних каркасів, зокрема із застосуванням трубобетонних колон. Фактично дослідження сталезалізобетонних вузлів в останні роки в Україні виконувались тільки в Полтавській школі сталезалізобетонних конструкцій професора Л.І. Стороженка [3 – 7].

Проте, не дивлячись на результати багаторічних досліджень та існуючого досвіду проектування та будівництва питання конструювання вузлів трубобетонних конструкцій на сьогодні залишається недостатньо вивченим та не має широкої бази типових рішень, узгоджених будівельною спільнотою. Окрім того, в існуючій на сьогодні нормативній базі з питань проектування сталезалізобетонних конструкцій [8] також відсутні чіткі рекомендації щодо конструювання вузлів трубобетонних колон, зокрема вузлів з'єднання з монолітними залізобетонними фундаментами.

Тому основною метою даних досліджень є розроблення практичних рекомендацій щодо конструювання вузлів з'єднання трубобетонних колон із монолітним залізобетонним фундаментом.

В даній статті наведені нові типи вузлів з'єднання трубобетонної колони з монолітним залізобетонним фундаментом [8 – 9], які відрізняються від вже відомих простою конструкції і монтажу:

1) з'єднувального виступу, виробленого з трубчатого елемента, внутрішній діаметр якого значно перевищує зовнішній діаметр колони (рис. 1, а);

2) з'єднувального елемента, виробленого з трубчатого елемента (рис. 1, б);

3) з'єднувального стержня, виробленого з арматурного каркасу (рис. 1, в);

4) анкерних стержнів, приварених до зовнішньої поверхні труби (рис. 3).

Запропоновані типи вузлів з'єднання відрізняються від вже відомих раціональним використанням трубобетонних елементів, відсутності зварювальних робіт усередині труби опори, збільшенні міцності, спрощенні конструкції та зниженні трудомісткості виготовлення вузла.

Робота вузлів з'єднання трубобетонної колони з монолітним залізобетонним фундаментом відбувається наступним чином: зусилля стиску сприймається перерізом трубобетонної колони в контакт з монолітним залізобетонним фундаментом, який в свою чергу сприймає дію поперечного зусилля. Згинальний момент, який при цьому виникає у вузлі, сприймається з'єднувальним елементом. При роботі вузла, де в якості з'єднувального елемента застосований з'єднувальний виступ з труби (рис. 1, а) зусилля стиску передається через трубобетонну колону на бетон фундаменту.

З'єднувальний виступ забезпечує жорстке заземлення трубобетонної колони, створює ефект обойми по висоті виступу та складний напружено-деформований стан у бетоні фундаменту.

Згинальний момент сприймається з'єднувальним виступом, бетоном омоноличування та бетоном фундаменту. Завдяки з'єднувальному виступові в бетоні під торцем колони створюється об'ємно-напружений стан, що значно підвищує несучу здатність стику. Також при такій конструктивній схемі вузла практично відсутні зварювальні роботи, що забезпечує високу технологічність. Такий вузол з'єднання трубобетонних стійок з монолітним залізобетонним фундаментом рекомендується використовувати в рамних конструкціях будівель, де діють значні за величиною зусиль M і N .

Прототипом вузла з'єднання трубобетонної колони з монолітним залізобетонним фундаментом за допомогою з'єднувального виступу, виконаного з трубчатого елемента (рис. 1, а), є вузол з'єднання залізобетонної колони з монолітним залізобетонним фундаментом стаканного типу. При виготовленні такого вузла спочатку в арматурний каркас фундаменту встановлюють трубу виступу. Для фіксації труби виступу в проектному положенні до її нижньої частини приварюються арматурні стержні невеликого діаметру, довжина яких дорівнює проектній відстані від низу виступу до підшови фундаменту.

Після бетонування фундаменту і нижньої частини з'єднувального виступу, в верхню частину з'єднувального виступу встановлюється труба трубобетонної колони. Для фіксації колони в проектному положенні, по периметру її зовнішньої поверхні треба приварити 3-4 арматурних стержня, довжина яких дорівнює відстані між зовнішнім діаметром колони і внутрішнім діаметром труби.

При значних навантаженнях бетон з'єднувального виступу треба підсилувати арматурними сітками, а для більш ефективного сприйняття напруження стиску у верхній частині виступу до трубобетонної колони можна приварити арматурні кільця.

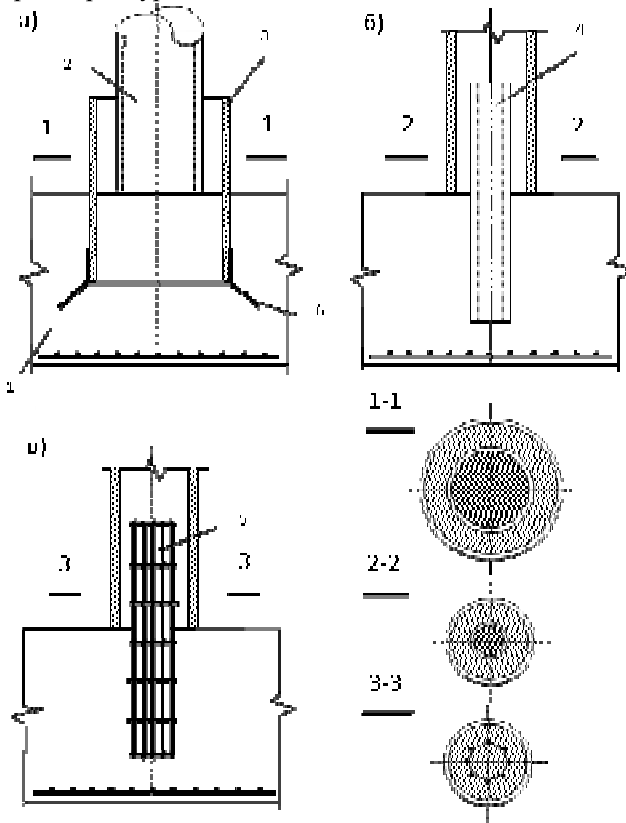


Рис. 1 Вузли з'єднання трубобетонної колони з монолітним залізобетонним фундаментом: а) стаканного типу; б) за допомогою трубчатого з'єднувального елемента; в) за допомогою з'єднувального арматурного каркасу; 1 – монолітний залізобетонний фундамент; 2 – трубобетонна колона; 3 – трубчатий з'єднувальний елемент стаканного типу; 4 – трубчатий з'єднувальний елемент; 5 – з'єднувальний елемент, виконаний з арматурних стержнів, 6 – анкерні стержні

В м. Полтаві при будівництві храму Віри, Надії і Любові були використані трубобетонні колони, які було розташовано в центрі споруди по колу, діаметр якого дорівнює 10,8 м (Рис.2). Відстань між колонами становить 5,4 м, їх висота складає 16,2 м. Збір навантажень і статичний розрахунок

рами каркасу було виконано в обчислювальному центрі проектного інституту «Міськбудпроект» в м. Полтаві. Максимальні розрахункові зусилля в колонах рами складають $N = 1075,19$ кН, $Q = 13,3$ кН.

Запропонований сталобетонний фундамент стаканного типу конструювався під труобетонні колони діаметром 426 мм із товщиною стінки 5 мм. Проведені експериментальні й теоретичні дослідження показали, що товщина стінки труби з'єднувального виступу суттєво не впливає на його несучу здатність, тому вона приймалася конструктивно. Висота і довжина анкерування визначалися з розрахунків. Виходячи з цього, стакан був прийнятий із труби діаметром 530 мм і товщиною стінки 5 мм. Загальна довжина труби з'єднувального елемента склала 800 мм, із яких 400 мм замоноличувалося в бетон плити залізобетонного ростверку.

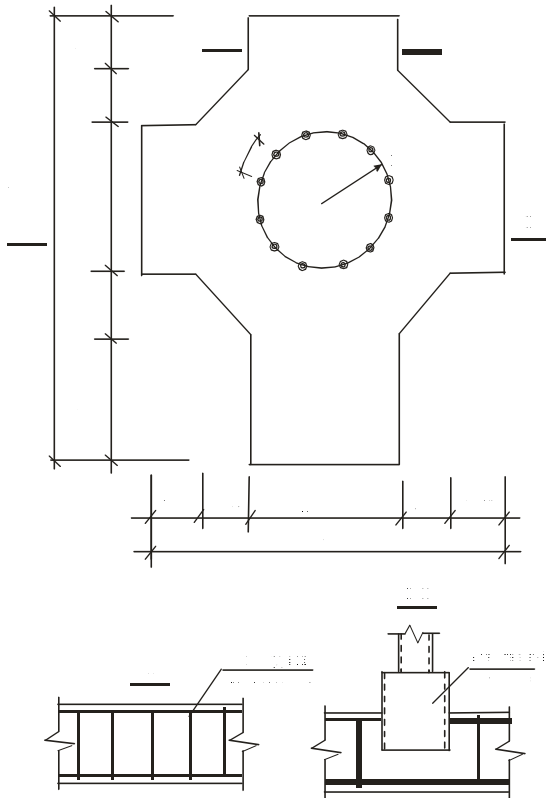


Рис. 2. Конструкція монолітної залізобетонної фундаментної плити та фундаментів під труобетонні колони

В м. Кременчуці при реконструкції об'єктів ЗАТ «Кленовий лист +» виникла необхідність в будівництві естакади технологічних трубопроводів. Естакада має призначення розмістити газопровід середнього тиску, теплові мережі, кабелі електромережі, кабелі зв'язку та кабелі пожежної сигналізації. Загальна довжина естакади технологічних трубопроводів 357 м. Естакада складається зі 77 рядових опор та 5 анкерних опор. Рядові опори виготовлені з двох трубобетонних стійок із металевих труб діаметром 159 мм, товщиною стінки 4 мм. Стійки заповнені важким бетоном класу В12,5, на них монтуються траверси у вигляді металевих ферм. Анкерні опори складаються з 4 трубобетонних стійок. Трубобетонні стійки спираються на монолітні залізобетонні фундаменти з важкого бетону класу В12,5. Фундаменти для рядових опор мають розміри 1,9×0,7 м в плані, і висоту 1,55 м, для анкерних опор – 2,1×2,1 в плані і висоту 1,55 м і армовані двома арматурними сітками із арматури класу А I Ø 6 мм. В фундаменти замонолічуються стакани з металеві труби діаметром 259 мм і товщиною стінки 4 мм. Анкерівка стакана в тіло фундаменту складає 500 мм. Стакан виступає над фундаментом на 100 мм.

Задовільні результати, які було продемонстровано сталобетонним фундаментом стаканного типу в реальному будівництві, свідчать про його ефективність. Подібні вузли з'єднання можна використовувати в усіх галузях сучасного будівництва, особливо в спорудах, де діють значні поздовжні сили і згинальні моменти.

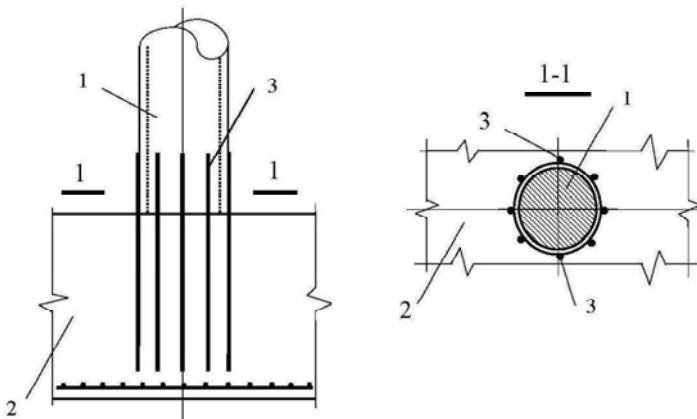


Рис. 3. Вузол з'єднання трубобетонної колони з залізобетонним фундаментом за допомогою анкерних стержнів: 1 – трубобетонна колона; 2 – залізобетонний фундамент; 3 – анкерні стержні

Робота вузлів з'єднання трубобетонної стійки з монолітною залізобетонною фундаментом при використанні трубчатого з'єднувального елемента (рис. 1, б), з'єднувального арматурного каркасу (рис. 1, в) або

анкерних стержнів, приварених до поверхні труби (рис. 3) проходить так: зусилля стиску сприймається перерізом трубобетонної стійки в контакті з монолітним залізобетонним елементом, який в свою чергу сприймає дію поперечного зусилля. Згинальний момент, який при цьому виникає у вузлі, сприймається з'єднувальним елементом.

В вузлах, де з'єднувальний елемент виконаний з анкерних стержнів, приварених до поверхні труби (рис. 3), зусилля передаються з анкерних стержнів через зварний шов на трубу оболонку.

При черговій реконструкції в 1978 році промислового будинку Жовтневого спиртзаводу в м. Карлівка Полтавської області новий виробничий корпус був побудований на фундаментах і стінах старого (вік більше 130 років) будинку. У результаті неправильно вирішеного вузла примикання перекриття старого і нового будинку утворився «сніговий мішок» під стіною загальною висотою більше 17 м із перепадом висот над «мішком» біля 9 м і в результаті постійного замокання стіни від перекриття, що протікає в районі "мішка", відбулося руйнування кладки стіни. Було запропоновано передати навантаження від незруйнованої частини стіни (вище відмітки +5.0 м) через сталеву балку з двох швелерів №40 на дві трубобетонні стійки висотою 9.0 м, обпертих на монолітну залізобетонну плиту-фундамент розміром 2.0×6.0 м. Для з'єднання трубобетонних стійок із монолітною залізобетонною плитою-фундаментом застосований запропонований тип конструктивного рішення вузла з'єднання трубобетона із монолітним залізобетоном із використанням у якості сполучного елемента арматурного каркаса (рис.1в), що заводитьься у фундамент і бетонне ядро стійки. Запропоноване конструктивне рішення дозволило отримати значний техніко-економічний ефект.

На Полтавському ГЗК в місті Комсомольську Полтавської області виникнула необхідність у будівництві підпірної стінки. Підпірна стінка складається із системи статично невизначених трубобетонних рам висотою 12 м, об'єднаних у нижній і верхній частині монолітними залізобетонними плитами. Для об'єднання стійок із нижньою плитою був застосований вузол з'єднання трубобетону з монолітним залізобетоном із використанням як сполучного елемента анкерів з арматури діаметром 25 мм, приварених до труби.

Задовільні результати, які було продемонстровано в реальному будівництві, свідчать про його ефективність.

Таким чином, проведені дослідження дозволяють зробити наступні **висновки**:

- вибір типу фундаменту під трубобетонні колони залежить від конструктивної схеми будівлі (рамний каркас, в'язевий, рамно-в'язевий), рівня діючих навантажень, а також від геологічних умов ділянки забудови. При цьому основні рекомендації щодо проектування вузлів з'єднання

трубобетонної колони з монолітним залізобетонним фундаментом полягають у наступному:

- при застосуванні вузла з'єднання трубобетонної колони з монолітним залізобетонним фундаментом стаканного типу (рис. 1, а) внутрішній діаметр трубчатого з'єднувального елемента повинен значно перевищувати зовнішній діаметр колони також необхідно унеможливити продавлювання торцем сталобетонного підколонника днища фундаменту;

- з'єднувальний елемент у вигляді трубчатого елемента або арматурного каркасу встановлювати строго у вертикальне положення. Трубу трубобетонного елемента встановлювати на з'єднувальний елемент і центрувати за допомогою кількох арматурних стержнів $\varnothing 5$ мм ВР І, приварених до зовнішньої поверхні з'єднувального елемента.

- для всіх типів вузлів бетонування трубобетонної колони та монолітного залізобетонного фундаменту слід проводити одночасно.

- загалом розглянуті типи вузлів з'єднання відрізняються від вже відомих раціональним використанням трубобетонних елементів, відсутністю зварювальних робіт усередині труби опори, збільшенні міцності, спрощенні конструкції та зниженні трудомісткості виготовлення вузла.

1. Стороженко Л.І. Трубобетон : монографія [Текст] / Л. І. Стороженко, Д. А. Ермоленко, О. І. Лапенко. – Полтава : ПолтНТУ, 2009. – 306 с.
2. Семко О. В. Керування ризиками при проектуванні та експлуатації сталезалізобетонних конструкцій [Текст] : монографія / О. В. Семко, О. П. Воскобійник. – Полтава : ПолтНТУ, 2012. – 514 с.
3. 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. – Вип. 1 (29). – С. 161–165.
4. Довженко О. О. Варіаційний метод розрахунку несучої здатності закладних деталей вузлів сталезалізобетонних рам [Текст] / О. О. Довженко, О. В. Малпошицький // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне, 2012. – Вип. 23. – С. 211–216.
5. Семко О. В. Строительство из трубобетонных конструкций [Текст] / О. В. Семко, Д. А. Ермоленко, П. Г. Кортушов // Сталезалізобетонні конструкції : зб. наук. пр. – Кривий Ріг, 1996. – С. 20–21.
6. Стороженко Л. І. Новые типы разъемных стыков сжатых трубобетонных элементов / Л. И. Стороженко, П. А. Семко // Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров : сб. науч. статей XIX Международного, научно-методического семинара; Брест, 23-25 октября 2014 года; БрГТУ. – Брест : БрГТУ, 2014. – Ч. 1. – С. 246–249.
7. ДБН В.2.6-160:2010. Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення : чинний з 2011–09–01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 55 с.
8. Стороженко Л.І. Розрахунок міцності фундаментів стаканного типу під трубобетонні колони / Л.І. Стороженко, С.П. Воскобійник, П.Г. Кортушов // Зб. наук. пр. (Галузеве машинобудування, будівництво). – Вип. 7. – Полтава, 2001. – С.26 – 29.
9. Деклараційний патент на винахід (11) 37481А. Вузол спряження трубобетонної колони з фундаментом / Стороженко Л.І., Воскобійник С.П. // Промислова власність. – 2001. – Бюл. № 4.