

УДК 624.078.45

А.В. Гасенко, к.т.н., доц.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ВУЗЛІВ ПОЄДНАННЯ СТАЛЕБЕТОННИХ КОЛОН З ПЕРЕКРИТТЯМ У ГРОМАДСЬКИХ ТА ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЛЯХ

Розглянуто конструктивні рішення поєднання сталобетонних стійок із сталевими балками та монолітним залізобетонним перекриттям.

Ключові слова: *напружено-деформований стан, сталобетонні стійки, конструкція вузлів.*

Постановка проблеми. Упровадження комплексних збірно-монолітних сталезалізобетонних конструкцій із застосуванням трубобетонних колон, ригелів з листового металу та збірних ребристих залізобетонних панелей певною мірою стримується через відсутність в Україні нормативних документів з розрахунку статично невизначених рамних систем, які утворюються після зварювання вузлів та замонолічування стиків. Проблема влаштування стиків актуальна для несучих конструкцій із будь-яких будівельних матеріалів, у тому числі із трубобетону. Робота вузлів сталевих колон з балками вивчена досить глибоко. Проте актуальною проблемою при проектуванні багатоповерхових будівель залишається зменшення товщини перекриття, а отже, і вузла колони з елементами перекриття [10].

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням напружено-деформованого стану (НДС) вузлів трубобетонних конструкцій із монолітним залізобетонним перекриттям займалися у ПолтНТУ під керівництвом Л.І. Стороженка С.П. Воскобійник, П.Г. Кортушов, В.Ф. Пенц, В.М. Тимошенко, О.В. Назаров [6]. У їх роботах досить детально досліджено чимало типів вузлів трубобетонних колон круглого поперечного перерізу з монолітним залізобетонним перекриттям, розроблено вузли стикування трубобетонних елементів та запропоновано методи їх розрахунку, вивчено особливості роботи трубобетонних елементів при місцевій дії навантаження.

Усе частіше як центрально стиснуті стійки каркасів промислових, житлових та цивільних будівель використовують сталобетонні колони, металева оболонка яких виконана із двох зварених швелерів без допоміжних планок. Це зумовлено їх високими міцнісними, технологічними та економічними показниками, простотою вузлів з елементами перекриття. Дослідженням НДС вузлів таких сталобетонних колон з елементами перекриття займалися у ПолтНТУ під керівництвом О.В. Семка Т.А. Дмитренко [8], О.В. Малюшицький.

Дослідженням НДС вузлів сталевих рам у ПолтНТУ під керівництвом С.Ф. Пічугіна займався О.О. Корх; у КНУБА – Л.Е. Дробязко, М.М. Жербин, В.В. Романюк та інші. Так, дослідження, проведені Є.В. Єгоровим під керівництвом О.М. Шимановського [1], підтверджують, що напруження розтягу прискорюють розвиток корозії, а двоосність напруженого стану у вузлах конструкцій (особливо біля зварних швів) сприяє розвитку локальних корозійних ушкоджень у вигляді пітингів.

За кордоном дослідження роботи вузлів трубобетонних стійок проводилися ще з кінця XIX століття. У 1984 році у Харбінському інституті (Китай) було здійснено експериментальні випробування вузлів поєднання трубобетонних колон із сталевими

балками та безбалковим перекриттям. Серед іноземних досліджень, які проводилися в останні роки, слід відмітити роботи Я. Гарбатова, С. Гюдес-Соарес, Кентаро Ямади.

У всіх указаних роботах підкреслено, що втомне руйнування практично завжди проходить у місцях з'єднання елементів конструкцій – у зонах із концентрацією напружень. Такими місцями є привузлові зони елементів та власне елемент з'єднання (у металевих конструкціях – зварні шви, болти) [1]. Під час проведення досліджень у ДонНАБА С.В. Колесніченком [4] доведено, що номінальні напруження в елементах не дають уявлення про НДС у з'єднанні, тому що наявні концентрації напружень у вузлах. Місцеві напруження можуть перевищувати номінальні у декілька разів. Концентрація напружень, обумовлена зварним швом, виникає внаслідок дефектів зварного шва (непровари, різного роду включення), що утворюються при неправильно визначеній технології зварювання чи неякісному виконанні зварних робіт; геометрії кутових швів; зоні переходу від зварного шва до основного металу [4]. Якщо першої причини можна уникнути при якісному проектуванні з'єднань із призначенням відповідного зварного обладнання, матеріалів і гарному виконанні зварних робіт, то інші дві причини є неминучими. По периметру приєднання елементів конструкції виникає нерівномірна передача навантаження, а отже, і напружень, що залежить від конфігурації з'єднання та геометричних параметрів складових елементів.

Виділення не розв'язаної раніше частини загальної проблеми. На сьогодні відсутні роботи, які б узагальнювали конструктивні рішення вузлів сталобетонних стиснутих елементів з перекриттям.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є огляд і систематизація існуючих конструкцій вузлів сталобетонних колон з елементами перекриття.

Виклад основного матеріалу. У роботі О.В. Назарова [6] розглянуто стики трубобетонних елементів, зокрема проаналізовано НДС трубобетонних зразків з консолями (рис. 1). Використовували сталеві труби зовнішнім діаметром 102 мм з товщиною стінки 4,5 мм. Довжина сталевих труб становила 4 діаметри з метою виключення їх втрати стійкості. У місцях стику до оболонки приварювалися ребра жорсткості. Було досліджено зразки з порожніх сталевих труб та із заповненим внутрішнім простором бетоном класу В20. У роботі доведено, що на всіх етапах завантаження трубобетонних елементів забезпечена сумісна робота бетонних ядер та сталевих труб-оболонок.

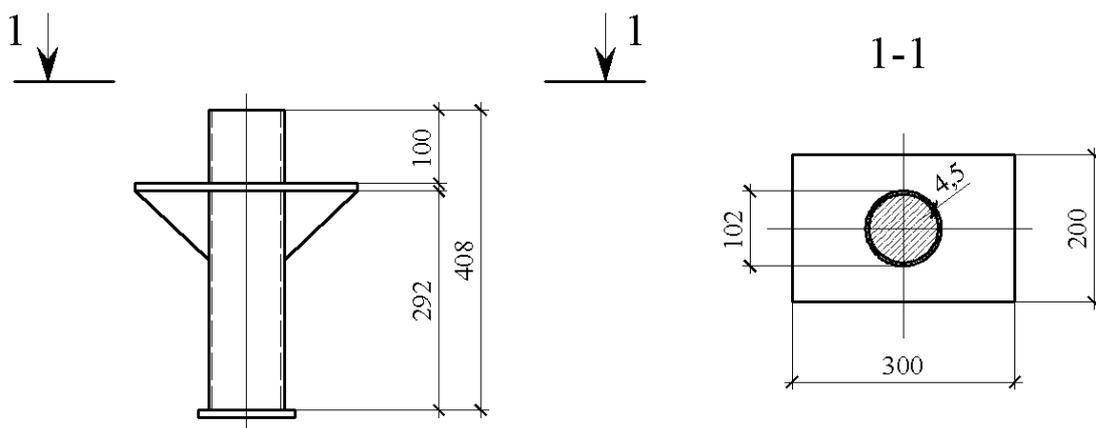


Рисунок 1 – Схема дослідних трубобетонних зразків з консолями

Розглянуте на рисунку 1 рішення вузла трубобетонної колони послугувало для розробки вузла сталобетонної колони зі швелерів із монолітним залізобетонним перекриттям. У цьому вузлі монолітна капітель, що застосовується у каркасах будівель із залізобетону, замінена на сталеву опорну пластину навколо колони, що утримується

додатковими сталевими ребрами жорсткості [7]. Усю опорну конструкцію сховано у монолітному залізобетоні по висоті. Розміри металеві пластини призначають з умови продавлювання бетону. Розміри, кількість і схему розміщення вертикальних ребер жорсткості визначають з умови міцності пластини та самих ребер, завантажених рівномірно розподіленим навантаженням від монолітної плити (див. рис. 2). Для підвищення несучої здатності плити на продавлювання по периметру сталеві пластини у напрямках вертикальних рам будівлі встановлюють поперечну арматуру. Вона повинна мати достатнє анкерування по кінцях. Клас бетону має бути не нижчим, ніж В30.

У роботі С.П. Воскобійника [1] розглядається НДС вузлів з'єднання трубобетону з монолітним залізобетоном. Експериментальні зразки склалися з короткого трубобетонного елемента довжиною 4 діаметри і з'єданого з ним монолітного залізобетону. Було досліджено шість типів вузлів з'єднання трубобетонного елемента з монолітною залізобетонною конструкцією, які різнилися елементами з'єднання:

- з'єднувальний стержень із трубчастого елемента;
- з'єднувальний стержень з арматурного каркаса з 10 арматурних стержнів класу А-III Ø12 мм;
- арматурні анкерні стержні (10 штук), приварені до труби;
- арматурні анкерні відгини, приварені до труби під кутом 45°;
- арматурні анкерні відгини, приварені до труби під кутом 90°;
- з'єднувальний виступ із трубчастого елемента.

У результаті проведення експериментально-теоретичних досліджень [1] з'ясовано, що найбільш ефективною конструкцією вузлів є поєднання трубобетонного елемента з монолітною залізобетонною конструкцією за допомогою арматурних стержнів.

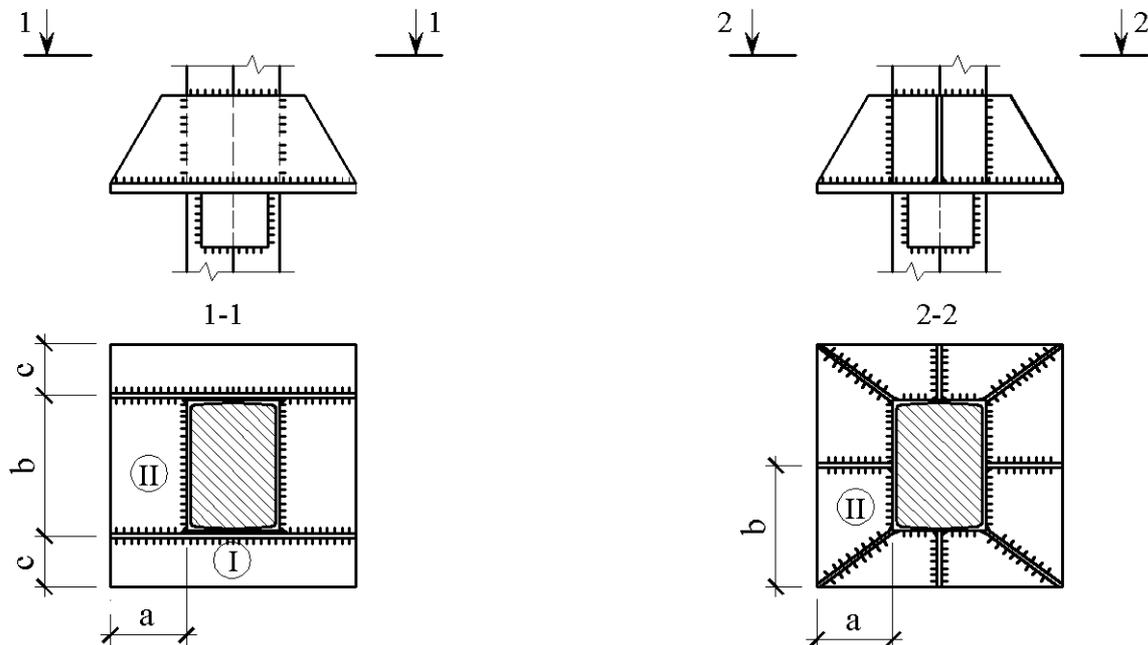


Рисунок 2 – Опорні вузли плити на сталобетонну колону (монолітна залізобетонна плита умовно не показана)

Т.А. Дмитренко розроблено подібний вузол з'єднання монолітного перекриття зі сталезалізобетонними колонами [8]. Суть розробленої конструкції вузла полягає у приєднанні монолітного залізобетонного безбалкового перекриття до сталобетонної стійки

зі сталеву оболонку зі швелерів, заповненою бетоном за допомогою стержнів робочої арматури плити. У колоні просвердлюють отвори для протягування арматури. Діаметр отворів має бути на 3 мм більший за розмір арматури, яка розташовується у двох напрямках, причому одна вище іншої. Уся робота з улаштування вузла, крім просвердлювання отворів, проводиться безпосередньо на будівельному майданчику.

У такому вузлі [8] зменшена кількість зварних швів порівняно з вузлом, описаним вище [7], що впливає на надійність роботи конструкції, оскільки зменшується обсяг зварювальних робіт, які виконуються безпосередньо на будівельному майданчику, немає необхідності контролю якості зварних швів. Розрахунок виконують на зріз, продавлювання та сприйняття згинальних моментів. Вузол дає можливість зменшення прогинів монолітних залізобетонних плит перекриття й можливість сприйняття опорних моментів, що усуває необхідність установа додаткових вертикальних в'язей у каркасі будівлі.

Слід відмітити, що вузли сталобетонних стійок з балками перекриття часто утворюються з копіювання вузлів сталевих конструкцій. Так у роботі О.О. Корха [5] описано проведення експериментальних досліджень роботи рамних вузлів сталевих конструкцій. Було виготовлено шість експериментальних зразків трьох серій: серія В1 являла собою рамний вузол з'єднання балки з колоною за допомогою бічних накладок, але без накладок по полицках ригеля (рис. 3, а); серія В2 різнилася наявністю додаткових горизонтальних накладок по полицках ригеля (рис. 3, б), а серія В3 відрізнялася від В2 підсиленою стінкою колони (рис. 3, в). У процесі експерименту виявлено, що наявність у вузлі додаткових накладок по полицках ригеля призводить до суттєвого зменшення напружень у рамному вузлі, що підвищує його міцність. При цьому напруження у стінці колони досягають більших значень, ніж у випадках з вузлами без накладок.

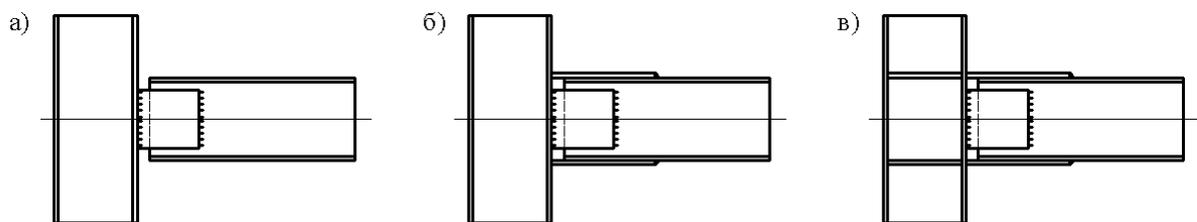


Рисунок 3 – Схеми зразків досліджених сталевих рам

Базуючись на таких конструктивних рішеннях вузлів сталевих рам, О.В. Малюшицький розробив вузли сталобетонних конструкцій. Зокрема, досліджено вузол поєднання монолітних залізобетонних колон із сталевими балками перекриття двотаврового поперечного перерізу (рис. 4). Сталеві балки поєднувалися між собою за допомогою наскрізних арматурних стержнів чи коротких анкерів з круглими головками.

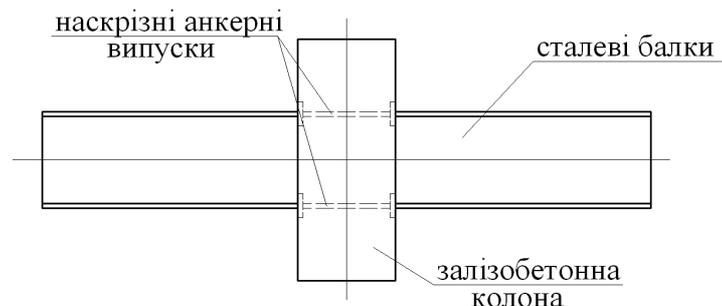


Рисунок 4 – Схема влаштування вузла залізобетонних колон із сталевими балками

Проте актуальною проблемою при проектуванні багатоповерхових будівель залишається зменшення товщини перекриття, а отже, й вузла колони з елементами перекриття [10]. При цьому сучасне проектування вимагає підвищення надійності, економічності та технологічності будівельних конструкцій у цілому і їх вузлів. Тому виникає необхідність конструювання та дослідження нових типів вузлів поєднання трубобетонних колон з балками перекриття [9]. Такими вузлами є вузли поєднання сталобетонних колон із балками складного поперечного перерізу за допомогою додаткових бокових та горизонтальних накладок (див. рис. 5). Проведені дослідження [9] встановили зони концентрації напружень, якими виявилися місця приєднання фасонного накладного листа до ригеля, а також зварні шви, що з'єднують указані елементи. Тому під час монтажу сталезалізобетонного ригеля до колони необхідно ретельно контролювати якість виконання зварних швів фасонного листа до ригеля.

Недослідженими також є вузли поєднання елементів перекриття зі сталезалізобетонними стійками прямокутного поперечного перерізу з жорстким армуванням. Проведені дослідження нових типів сталобетонних стійок, у яких застосовано гофровану стінку сталеві жорсткої арматури, доводять, що сталобетонні стійки, виготовлені зі зварного сталевих двотавра, який відіграє роль жорсткої арматури, із заповненими бетоном боковими порожнинами, на всіх ступенях і за різних умов завантаження працюють як єдина монолітна конструкція, а запропоновані анкерні засоби – гофрована стінка сталеві частини перерізу – повністю забезпечують сумісну роботу сталеві та бетонної частин перерізу.

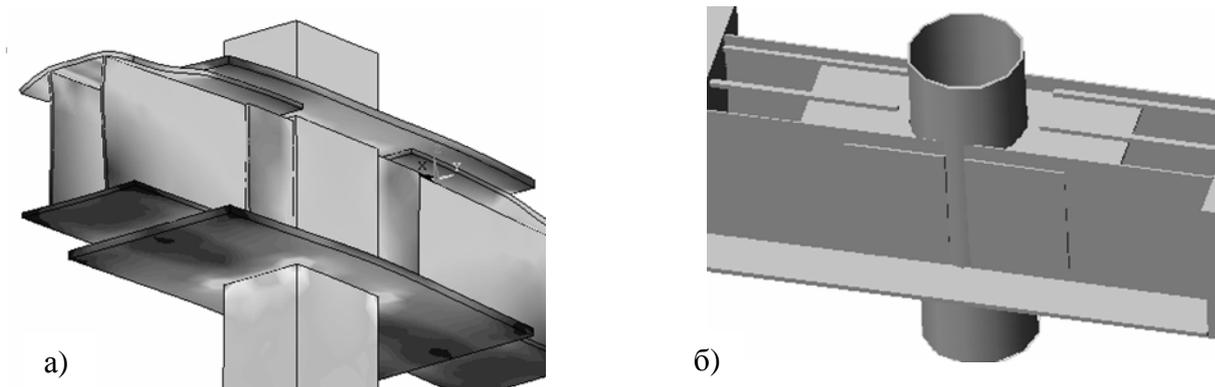


Рисунок 5 – Ескізи вузлів сталобетонних рам з використанням бічних накладок

Висновки. Розглянуті безкапітельні вузли з'єднання сталобетонної колони з монолітним залізобетонним перекриттям чи сталевими балками є досить простими при проектуванні, монтажі та експлуатації. При їх застосуванні забезпечується необхідна жорсткість каркаса всієї будівлі при одночасному збільшенні корисного житлового об'єму порівняно зі стандартним вузлом з капітеллю. Тому дослідження загального НДС та місць концентрації напружень, а також удосконалення вузлів шляхом зменшення кількості елементів і монтажних з'єднань на будівельному майданчику, що безперечно підвищувало б надійність вузлів, є актуальним завданням.

Література

1. Воскобійник, С. П. *Напружено-деформований стан вузлів з'єднання трубобетону з залізобетоном при позацентровому тиску та згину: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Воскобійник Сергій Павлович. – Полтава, 2002. – 150 с.*
2. Єгоров, Є. А. *Комплексний аналіз, оцінка та управління надійністю сталевих резервуарів для зберігання нафтопродуктів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня*

- д-ра техн. наук: спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / Є. А. Єгоров. – Дніпропетровськ, 2004. – 38 с.
3. Ильясевич, С. А. Стальные конструкции из труб. Экспериментально-теоретические исследования / С. А. Ильясевич. – М.: Стройиздат, 1973. – 191 с.
 4. Колесниченко, С. В. Исследование напряженно-деформированного состояния и концентрации напряжений в К-образных узлах плоских решетчатых конструкций / С. В. Колесниченко, А. Н. Миронов // Автомобільні дороги і транспортне будівництво. – Київ, 2002. – Випуск 64. – С. 127 – 130.
 5. Корх, О. О. Напружено-деформований стан і надійність зварних вузлів сталевих рам: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / О. О. Корх. – Полтава, 2009. – 20 с.
 6. Назаров, О. В. Напружено-деформований стан трубобетонних елементів при місцевих силових впливах: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / О. В. Назаров. – Київ, 2004. – 20 с.
 7. Пат. 27175 Україна, МПК (2006) E 04 B 5/43. Вузол з'єднання сталобетонних колон зі швелерів із монолітним залізобетонним перекриттям / Семко О. В., Трусев Г. М., Гасенко А. В.; власник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – № и 2007 04662; заявл. 26.04.07; опубл. 25.10.07, бюл. № 17. – 4 с.
 8. Пат. 59155 Україна, МПК (2006) E 04 B 5/32. Вузол з'єднання монолітного перекриття зі сталезалізобетонними колонами / Семко О. В., Дмитренко Т. А., Дмитренко А. О.; власник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – № и 2010 11008; заявл. 13.09.10; опубл. 10.05.11, бюл. № 9. – 4 с.
 9. Семко, О. В. Аналіз розрахунку методом скінчених елементів напружено-деформованого стану проміжного вузла сталезалізобетонних рам / О. В. Семко, А. В. Гасенко // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Теорія і практика будівництва. – Львів, 2010. – Вип. 662. – С. 345 – 349.
 10. Семко, О. В. Особливості конструювання і розрахунку вузлів сталобетонних колон з швелерів / О. В. Семко, А. В. Гасенко // Будівельні конструкції: зб. наук. пр. – К.: НДІБК, 2006. – Вип. 65. – С. 183 – 186.

А.В. Гасенко, к.т.н., доцент
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ УЗЛОВ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОЛОН С ПЕРЕКРЫТИЕМ В ГРАЖДАНСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Рассмотрено конструктивные решения объединения сталебетонных стоек из стальными балками и монолитным железобетонным перекрытиями.

Ключевые слова. *Напряженно-деформированное состояние, сталебетонные стойки, конструкция узлов.*

A.V. Gasenko, Ph.D., docent,
Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk

STRUCTURAL DECISIONS OF KNOTS OF STEEL-CONCRETE COLUMNS WITH BEAMS IN CIVIL AND INDUSTRIAL BUILDINGS

The structural decisions of unite of steel-concrete columns with steel beams and the monolithic reinforced-concrete ceilings are considered.

Keywords. *Strain-deformation condition, steel-concrete columns, construction of knots.*

Надійшла до редакції 1.09.2012

© А.В. Гасенко