

УДК 624.012

**КОНСТРУКТИВНІ СИСТЕМИ ШВИДКОГО ЗВЕДЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ**

**КОНСТРУКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ БЫСТРОГО ВОЗВЕДЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

**STRUCTURAL SYSTEMS OF RAPID RESIDENTIAL BUILDING**

**Павликов А.М., д.т.н., проф., Пинчук Н.М. к.т.н., доцент, Качан Т.Ю. к.т.н., ст.викл. (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава)**

**Павликов А.Н., д.т.н., проф., Пинчук Н.М. к.т.н., доцент, Качан Т.Ю. к.т.н., ст. преп. (Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава)**

**Pavlikov A.M., doctor of technical sciences, professor, Pinchuk N.M. candidate of technical sciences, Kachan T.Y. candidate of technical sciences (Poltava National Technical Yuriy Kondratyuk University, Poltava)**

**Наведені результати досліджень конструктивних особливостей та техніко-економічних показників різних конструктивних систем з метою визначення найбільш оптимального варіанту для швидкого зведення житлових будівель.**

**Приведены результаты исследований конструктивных особенностей и технико-экономических показателей различных конструктивных систем с целью определения наиболее оптимального варианта для быстрого возведения жилых зданий.**

**The results of research design features and technical-economic indicators for different structural systems are presented to determine the most optimal variant for rapid construction of residential buildings.**

**Ключові слова:**

Конструктивна система, техніко-економічні показники.

Конструктивная система, технико-экономические показатели.

Structural system, technical-economic indicators.

**Стан питання та задачі дослідження. У зв'язку з подіями, що відбуваються на сході України велика кількість людей була змушена**

переселитись до інших населених пунктів. На жаль, той об'єм житлового фонду, котрий є на даний час, не дозволяє забезпечити їх окремим житлом. Крім того, в майбутньому постане питання про відновлення житлових будівель у східних областях нашої країни. Тому, виникає проблема швидкого зведення доступного житла на території України. Саме для цього необхідно підібрати ефективну систему для розв'язання цієї проблеми.

**Метою** досліджень є проведення аналізу конструктивних систем за їх техніко-економічними показниками на предмет доцільності застосування в розв'язанні задач зі швидкого зведення житлових будівель.

**Основна частина.** Для досягнення поставленої мети було здійснено аналіз конструктивних систем, що застосовуються при зведенні житлових будівель в різних країнах. Найбільш ефективними, як показав аналіз, є Delta (Фінляндія), АРКОС (Білорусія), ББКС (Україна, аналог КУБ).

Розглянемо основні конструктивні рішення цих систем.

Збірно-монолітний каркас конструктивної системи Delta влаштований таким чином, що на рівні кожного перекриття до арматури колон приєднуються сталезалізобетонні ригелі (рис. 1), на котрі потім спираються збірні залізобетонні багатопорожнисті плити. Ригель виготовляється із листової сталі товщиною 6 мм у вигляді гнутого трапецієподібного профілю з висотою рівною товщині перекриття. Після монтажу плит ригель через спеціальні отвори заповнюється бетоном [1 – 5]. Плити вкладаються на консольні частини нижньої полиці ригелів. Похилі бокові стінки гнутих профілів штамповані з дискретно розташованими отворами, котрі забезпечують проникнення бетону у внутрішній об'єм ригеля.

Сумісна робота ригеля з плитами забезпечується шпонковим з'єднанням утвореним за рахунок заповнення порожнин ригеля та плит перекриття при вкладанні бетону. При необхідності підвищення несучої здатності комплексних сталезалізобетонних ригелів, а також для підвищення їх вогнестійкості, додатково встановлюють стрижневу арматуру рис. 1 позиція 5.

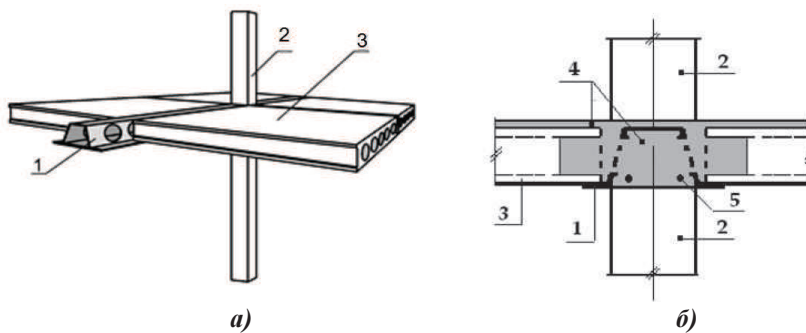


Рис. 1. Збірно-монолітний каркас Delta: *a* – загальний вигляд системи; *б* – переріз ригеля; 1 – ригель; 2 – колона; 3 – багатопорожнисті плити; 4 – бетон замонолічування; 5 – додаткове армування (за необхідності)

Виготовлення ригелів пов'язано з високими фінансовими затратами, так як для виконання суцільнозварних гнутих профілів трапецієвидного поперечного перерізу з виштампуваними на бічних гранях отворами (рис. 2) застосовується спеціальне технологічне устаткування (плазмовий різак) з високоточним роботизованим зварюванням класу С за EN ISO 5817.



Рис. 2. Збірно-монолітний каркас Delta в процесі зведення

До переваг збірно-монолітної системи Delta можна віднести збільшення корисного об'єму приміщень будівель за рахунок суміщення висоти плити з ригелем. Недоліками цієї системи є підвищена металоємність ригелів; підвищена трудомісткість монтажу; необхідність улаштування додаткового захисту відкритих сталевих поверхонь для збільшення вогнестійкості конструкцій; потреба в додатковому енергоємному високотехнологічному обладнанні.

Конструктивна система «АРКОС» Серія Б1.020.1-7 розроблена БелНИИС у вигляді збірно-монолітного каркасу з плоскими дисками перекриттів [6 – 7]. Дана система являє собою рамно-в'язьовий каркас із вертикальними діафрагмами жорсткості, котрі сприймають всі вертикальні і горизонтальні навантаження, що діють на будівлю.

Збірні залізобетонні плити розташовані в плоскому дисковому перекритті в межах замкнутої горизонтальної залізобетонної рами, утвореної монолітними залізобетонними ригелями (несучими та в'язьовими), що спираються на колони будівлі (рис. 3).

Плити спираються на поперечні монолітні несучі ригелі за рахунок бетонних шпонок, утворених у порожнинах плит з їх торців при бетонуванні ригелів. Збірні багатопорожнисті плити по торцях мають випуски робочої арматури, котрі анкеруються в монолітному ригелі. Також можуть бути застосовані плити безопалубкового формування без випусків їх робочої арматури. Монолітні ригелі не потребують попереднього напруження робочої арматури.

Диски перекриттів мають гладку стелю. При прольотах завтовшки до 6 м у житлових будівлях несучі ригелі виконують прямокутними висотою в межах товщини збірних плит (220 мм), при збільшенні прольотів до 7,2 м включно ригелі мають тавровий переріз (260 мм) з полицею над плитами в межах стяжки над місцем спирання плит на ригель.



Рис. 3. Будівля конструктивної системи «АРКОС» в процесі зведення

Колони, як правило, виготовляють на два поверхи. На рівні дисків перекриттів колони виконані з наскрізними прорізами через які пропускається арматура взаємно-перехресних монолітних ригелів. Між торцями плит в опалубку вкладають арматурні каркаси ригелів, після чого здійснюють вкладання бетонної суміші. Колони та діафрагми жорсткості можуть бути як збірними, виготовленими за серією 1.020-1/83 так і з монолітного залізобетону.

Конструктивна система «АРКОС» використовувалася при будівництві будівель адміністративного призначення та соціального житла в м. Чернігів і має перспективи подальшого застосування в Україні як варіант поліпшення комфортності житла та розширення внутрішнього простору приміщень.

Безкапітельно-безбалкова конструктивна система [8 – 11] позитивно зарекомендувала себе в різних за призначенням будівлях. З метою апробації ефективності безкапітельно-безбалкового каркасу в будівництві будівель доступного житла у 2008 році за проектом Державного проектного інституту містобудування «Міськбудпроект» м. Полтава, розробленого з урахуванням запропонованих ПолтНТУ удосконалень, вперше в Україні у м. Полтаві були зведені будівлі доступного житла, а також будівлі іншого призначення [12 – 13].

Дана система в будівництві відома ще з 1940 року. Вона відома також під назвами «конструкція універсальна безбалкова» (КУБ) [14 – 16] або «збірно-монолітна конструктивна система» [17, 18], що підтверджується сучасними проектними розробками. У загальному випадку її каркас складається з

вертикальних багатоярусних колон без виступаючих частин та плит перекриття.

За своєю сутністю дана конструктивна система являє плоскі залізобетонні перекриття безпосередньо поєднані з колонами за рахунок прогресивних вирішень їх стиків. У будівлях з такими каркасами відсутні балки, консолі колон, капітелі. Жорсткість каркасу забезпечується збірними елементами жорсткості – залізобетонними діафрагмами або кісцями. Вона дозволяє швидко трансформувати приміщення під нове призначення.

Міжповерхові перекриття у таких будівлях складаються з трьох типів збірних залізобетонних плит: надколонних, міжколонних та середніх (рис. 4). Товщина усіх плит – 160 мм, їх розміри в плані, з метою уніфікації опалубки, прийняті однаковими – 2980х2980 мм. Замонолічування швів між ними шириною 20 мм здійснюється без установа опалубки.

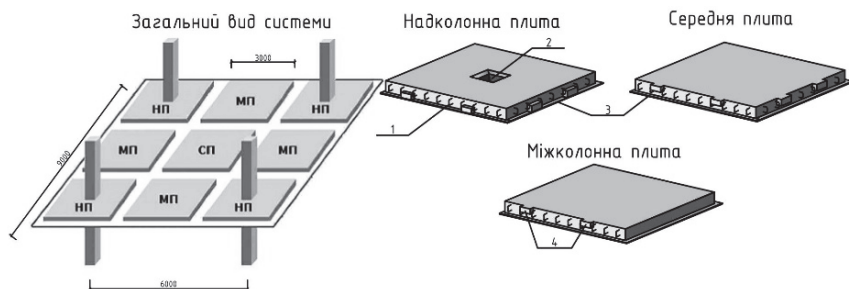


Рис. 4. – Складові елементи перекриття безбалкового безкапітельного каркасу:  
1 – випуски арматури; 2 – отвір для монтажу колони; 3 – незнімна опалубка; 4 – стики для монтажу

Надколонні плити кріпляться зварюванням закладених в них обойм до арматури колони за допомогою з'єднувальних деталей, а передбачені монтажні проміжки в 20 мм між колоною та обоймою, а також між плитами заповнюються високоміцним дрібнозернистим бетоном. При цьому в забетонованих проміжках утворюються шпонки, бетон котрих додатково зміцнюється за рахунок всебічного обтиснення, дозволяючи замість зварювання арматурних випусків у колонах використовувати тільки зварні шви.

Вертикальними несучими елементами каркасу є збірні залізобетонні двоярусні чи троярусні колони з розмірами перерізу 400×400 мм, а також частково залізобетонні діафрагми жорсткості. Стикування колон примусове за рахунок входження стержня-фіксатора нижнього торця верхньої колони в гніздо верхнього торця нижньої колони. Сходи виконуються зі збірних залізобетонних сходових маршів або зі збірних сходів по косоурах в сходових шахтах з кріпленням до елементів каркасу.

Як показує практика застосування безкапітальної-безбалкової конструктивної системи її використання у будівлях дозволяє реалізовувати на практиці такі основні її переваги:

- консольна частина перекриття уздовж його периметру надає кожній будівлі неповторних архітектурних форм, створюючи цим самим умови привабливого урізноманітнення міського ландшафту;
- будівлям притаманна автономність у архітектурно-планувальних рішеннях завдяки відсутності ригелів;
- зменшений будівельний габарит перекриття дає можливість збільшити внутрішній корисний об'єм приміщення;
- термін будівництва скорочується на 50% у порівнянні з іншими конструктивними системами;
- запуск виробничої лінії з виготовлення збірних елементів є достатньо простим і здійснюється у мінімальні строки;
- надійність конструктивних рішень системи підтверджена результатами статичних та динамічних випробувань;
- для будівництва існує багато готових проектних рішень;
- можна проектувати будинки з прольотами 3, 6, 9 метрів, з кроком колон 6 та 3 метри, висотою поверхів 2,8; 3,0; 3,3 та 4,2 метри;
- бригада монтажників з п'яти чоловік може забезпечити монтаж збірних залізобетонних конструкцій для 500 м<sup>2</sup> житла;
- зовнішні стіни за конструкцією являються самонесучими і можуть бути виготовленими зі штучного матеріалу або стінових панелей вертикальної розрізки, котрі закріплюються до зовнішніх поясів перекриттів;
- конструкція вузлів забезпечує зниження ймовірності резонансу будівлі при змушених коливаннях (сейсмічні навантаження, від вітру і таке інше), а тому будівництво житлових будівель за даною конструктивною системою може здійснюватись також в районах зі сейсмічністю до 9 балів (за 12-ти бальною шкалою).

Всі перелічені вище конструктивні системи мають вільне архітектурно-планувальне рішення що вигідно вирізняє їх серед традиційних стінових та панельних конструктивних систем житлових будівель.

Основні техніко-економічні показники несучих конструкцій вищерозглянутих каркасних конструктивних систем наведені в таблиці 1.

У результаті порівняння техніко-економічних показників каркасних конструктивних систем, які наведено в таблиці 1 можна зробити **висновок**, що найбільш ефективною системою для зведення житлових будівель є безкапітальна безбалкова конструктивна система (ББКС), яка має такі вагомі переваги: вільне об'ємно-планувальне рішення; плоске перекриття; малі витрати конструкційних матеріалів; всі елементи каркасу індустріальні – виготовляються в заводських умовах, що свідчить про високу якість залізобетонних конструкцій та швидкість їх монтажу; елементна база каркасу має просту геометричну форму та мінімум типорозмірів; при монтажі

каркасу виконується мінімум робіт із замонолічування. Окрім того, заводи залізобетонних виробів, що виготовляють елементи даної конструктивної системи не потребують спеціального дорогого обладнання або нових технологічних ліній чи переобладнання як, наприклад, для виготовлення плит безопалубкового формування, що теж впливатиме на вартість.

Таблиця 1

Порівняння основних техніко-економічних показників каркасних конструктивних систем

Показник	Конструктивні системи		
	Delta	Аркос	ББКС
Усього сталі на м <sup>2</sup> перекриття	68 кг/м <sup>2</sup>	13,2 кг/м <sup>2</sup>	18 кг/м <sup>2</sup>
Усього бетону на м <sup>2</sup> перекриття	0,3 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	0,21 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	<b>0,2</b> м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>
Товщина перекриття	200 - 500 мм	220-260 мм	<b>160</b> мм
Сітка колон	6×6 м, 6×9 м	6×6 м, 6×7,2 м	6×6 м
Арх.-планувальне рішення	вільне	вільне	вільне
Затрати на монтаж 1 м <sup>2</sup> перекриття	1,1 люд./год·м <sup>2</sup>	2,18 люд./год·м <sup>2</sup>	<b>0,7</b> люд./год·м <sup>2</sup>

Отже, за своїми техніко-економічними показниками система ББКС є індустріальною та найбільш доступною для швидкого зведення житлових будівель.

1. Deltabeam. The most advanced composite beam // Peikko group – Canada, 2011. – 26 p. – [Режим доступу – <http://goo.gl/2bX8t>].
2. Deltabeam. Composite beam : designer manual // Peikko group – Canada, 2013. – 18 p. – [Режим доступу – <http://goo.gl/pNuG5>].
3. Deltabeam Installations Instructions // Peikko group – Canada, 2009. – 8 p. – [Режим доступу – <http://goo.gl/EqL8K>].
4. Гуров Е. П. Сборное домостроение. Стратегия развития / Е. П. Гуров // СтройПРОФИль. – С. Пб., 2010. – №5 (83). – С. 10 – 15.
5. Эффективные конструктивные системы многоэтажных жилых домов и общественных зданий (12...25 этажей) для условий строительства в Москве и городах Московской области, наиболее полно удовлетворяющие современным маркетинговым требованиям: отчет о научно - исследовательской работе // НиЭП УП «Институт БелНИИС» – Минск, 2002. – 117 с.
6. Новая универсальная каркасная система многоэтажных зданий. /А.И. Мордич, Р.И. Вигдорчик, В.Н. Белевич, А.С. Залесов/ Бетон и железобетон. – 1999 – № 1. – С. 2 – 4.
7. Унифицированная открытая каркасная система зданий с плоскими перекрытиями. Серия Б1.020.1-7/ А.И. Мордич,

Р.И. Вигдорчик, В.Н. Белевич, Ю.А. Иващенко / Архитектура и строительство. – Минск. – 1999 – № 6. – С. 24 – 26. **8.** Научно-проектное-объединение «КУБ» ООО ("НПО КУБ") : – Режим доступа : Google: [www.kub-25.ru/](http://www.kub-25.ru/). **9.** Описание системы по информации НПО "КУБ": электронные ресурсы – Режим доступа :Google: [kub-invest.ru/sist.html](http://kub-invest.ru/sist.html).

**10.** Описание системы «КУБ2,5». Проектный институт №2 [Электронный ресурс] / Режимдоступу :[www.pi2.ru/index.php?id=147](http://www.pi2.ru/index.php?id=147). **11.** ООО «КузбассИнвестСтрой». Технологии [Электронный ресурс] / Режимдоступу :[Kuzbass-is.ru/about/kub.html](http://Kuzbass-is.ru/about/kub.html).

**12.** Павліков А.М. Запровадження безкапітально-безбалкової конструктивної системи у зведені будівель у місті Полтава / А.М. Павліков, А.В. Батіг, С.І. Пасішнюк // Галузеве машинобудування, будівництво: зб. наук. праць. – Полтава: ПолНТУ, 2013. – Вип. 4(39). – С. 190 – 195. **13.** Павліков А.М. Безкапітально-безбалкова конструктивна система будівлі: особливості та досвід використання під доступне житло / А.М. Павліков, С.М. Бабіч, Б.М. Петтер // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науковий збірник наукових праць (будівництво) / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Мінрегіонбуду України. – Вип. 78; У 2-х кн.: Книга 1. – Київ, ДП ДНДІБК, 2013. – С. 28 – 34. **14.** Blekey F.A. Towards an Australian structural form – the flat plate / F.A. Blekey // Architecture in Australia. – 1965. – Pp. 115 – 127. **15.** Stasio J. Di.Flat plate rigid frame design of low coshosing project in Newark and Atlantik Citi / F.A. Blekey // N. J. Proc. AmericanConcreteInstitute. – 1941. – Vol. 37. – Pp. 309 – 324. **16.** Коуэн Г. Дж. Строительная наука XIX–XX вв. : Проектирование сооружений и систем инженерного оборудования / Генри Дж. Коуэн; пер. сангл. В. .А. Коссаковского; подред. Л.Ш. Килимника. – М. :Стройиздат, 1982. – 359 с., ил. – Перевод.изд.: Science and Building.: Structural and environmental design in the nineteenth and twentieth centuries. – A Wiley-Interscience Publikation John Wiley & Sons, New York London Sydney Toronto **17.** Унифицированная система сборно-монолитного безригельного каркаса. Основные положения по расчету, монтажу и компоновке зданий : рабочий проект : у 9-ти выпусках. / Фирма „КУБ“ СП „ИНЭКС“, Научно-проектно-строительное объединение монолитного домостроения. – М. : НСПО „МОНОЛИТ“, 1990 – .– (Серия КУБ-2,5). **18.** Что такое «КУБ-2,5»: электронные ресурсы – Режим доступа: Google: [zavod-zhbi.com.ua/tehnologiya-kub-2-5/](http://zavod-zhbi.com.ua/tehnologiya-kub-2-5/).