

УДК 624.012 [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-05](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-05)

## ОГЛЯД ЗБІРНИХ КАРКАСНИХ КОНСТРУКТИВНИХ СИСТЕМ БУДІВЕЛЬ

### PRECAST FRAME STRUCTURAL SYSTEMS OF BUILDINGS OVERVIEW

**Гарькава О.В., к.т.н., доцент, докторант (Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава)**

**Harkava O.V., Ph.D., Associate Professor (National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”, Poltava)**

У сьогочасній будівельній діяльності України основним завданням є ефективна відбудова житлового фонду. Швидкість зведення будівель та використання тепloeфективних матеріалів є ключовими аспектами цього процесу. Аналізуються рішення збірних каркасних конструктивних систем будівель, котрі найбільш задовольняють висунуті вимоги. Показано, що серед інших безбалкова безкапітельна система будівель максимально відповідає сучасним запитам населення. Проведений аналіз показує, що вона має значні переваги, такі як: зменшення товщини перекриття, прискорення термінів будівництва та збільшення корисного об'єму приміщень. Ця конструктивна система будівель є найбільш ефективною та затребуваною для зведення житлових і цивільних об'єктів, що вимагає удосконалення методів розрахунку її несучої здатності для забезпечення надійності та безпеки експлуатації будівель.

*The article explores the reconstruction of Ukraine, highlighting it as one of the priority tasks in the construction sector. Key to this endeavor is the rapid construction of buildings, achievable by using precast reinforced concrete structures. Important considerations include the use of energy-efficient materials for enclosing structures, adaptable interior space, and cost-effectiveness. Traditional approaches to enhancing structural efficiency aim to minimize the cost, weight, and dimensions of components by utilizing new or high-strength materials and improving construction technology. Recent research trends indicate a concerted effort to eliminate protruding elements such as beams, cantilevers, and capitals, or to integrate them within the floor slabs. Automated manufacturing and assembly technologies for precast reinforced concrete structures offer further opportunities for reducing costs and construction time. Consequently, a wide variety of new structural systems in precast reinforced concrete have emerged. The aim and objectives of the research involve reviewing and analyzing existing precast structural systems to identify the most efficient ones for implementation in the reconstruction of Ukraine's housing stock.*

*The methodology involves tracing the evolution and improvement of structural systems. Traditional precast frame constructions with ribbed slabs, operating on a beam scheme, have evolved into various models. Improvements in the framework aimed to reduce the proportion of monolithic reinforced concrete, to simplify column-beam joints by separating them into minimum moment points. The article also discusses systems with soffit beams and concealed beams. Alongside these, a notable development is the precast framework with flat floors achieved through connecting flat plates directly to the columns. This system utilizes standardized beamless frames composed of vertical multi-story columns and flat floor slabs. Notably, this system gained significant traction due to its architectural versatility, increased interior space without beams, and expedited construction timelines, reducing construction costs. The frame structural system with flat floors offers increased efficiency for residential and civil construction and requires accurate design methods for reliable performance.*

**Ключові слова:** конструктивна система будівель, каркас, збірний залізобетон.

**Keywords:** structural system of buildings, frame, precast reinforced concrete.

**Вступ.** Відбудова України на сьогодні є однією з пріоритетних задач будівництва. В цьому процесі одним із ключових показників є висока швидкість зведення будівель, котру може забезпечити застосування збірних залізобетонних конструкцій. Важливими факторами є також використання теплоефективних матеріалів для огорожуючих конструкцій, вільна трансформація внутрішнього простору приміщень, а також невисока вартість. Забезпечити відповідність будівель названим сучасним вимогам населення можна за допомогою каркасних конструктивних систем, широке розмаїття видів котрих ставить задачу виявлення найбільш ефективних із них.

**Аналіз останніх досліджень.** На шляху розробки нових конструктивних систем будівель чітко прослідковується намагання позбавитись всіх виступаючих за товщину перекриття елементів: балок, консолей та капітелей, або зробити їх прихованими, забезпечивши інтеграцію в товщину перекриття. Традиційні підходи до підвищення ефективності конструктивних систем будівель прагнуть також мінімізувати їх вартість, вагу й розміри перерізів складових елементів за рахунок використання нових або більш високоміцних матеріалів і вдосконалення технології будівництва. Експериментальні та теоретичні дослідження залізобетонних конструктивних систем будівель та їх елементів проводились багатьма науковцями та практиками, зокрема: Т.Н. Азізовим, В.Г. Артюхом, А.М. Бамбурою, А.Я. Барашиковим, К.В. Бережною, Б.Г. Гнідцем, Б.Г. Демчиною, В.С. Дорофєєвим, В.І. Євстаф'євим, О.Д. Журавським, І.В. Мельником, С.М. Микитенком, О.В. Нижником, А.М. Павліковим, М.В. Савицьким, Д.В. Сморкаловим, І.А. Стебловським,

Л.І. Стороженком, О.Л. Шагіним, В.С. Шмуклером, В.І. Шеховцовим, А.М. Юговим і В.В. Тараном та іншими.

Всі названі напрями вдосконалення конструктивних систем будівель віднайшли свою реалізацію у безбалкових безкапітельних системах, котрі на сьогодні займають провідні позиції в галузі масового будівництва як в Україні, так і повсюди за її межами.

В монолітному будівництві серед найбільш прогресивних пропозицій з удосконалення каркасних конструктивних систем будівель слід відмітити застосування в каркасах плоских перекриттів «Airdeck», «Beerplate», «BubbleDeck», «Cobiax», «U-Boot» зі зменшеною власною вагою за рахунок використання пористоутворювачів різного виду, а також створення попереднього напруження на бетон, котре здійснюється безпосередньо на будівельному майданчику та сприяє збільшенню розмірів сітки колон. Розроблені також рішення монолітних каркасів з використанням торкрет-фібробетону та вкладишів-пустотоутворювачів у конструктивних елементах (колонах, перекриттях).

Між тим автоматичні технології виготовлення та монтажу збірних залізобетонних конструкцій пропонують додаткові можливості скорочення витрат і часу на виготовлення та монтаж. Саме тому широке різноманіття проявилось у формуванні нових конструктивних систем каркасних будівель зі збірного залізобетону [1].

**Постановка мети і задач досліджень.** Огляд та аналіз існуючих збірних каркасних конструктивних систем будівель з метою виявлення найбільш ефективних та впровадження їх у будівництво при відновленні житлового фонду України.

**Методика досліджень.** На перших етапах розвиток та удосконалення конструктивних систем виявили себе у балкових системах. Традиційні конструкції збірних каркасів багатоповерхових будівель з ребристим перекриттям, що працюють за балковою схемою, представлені у серії 1.20-1. Каркас складається зі збірних перевернутих таврових та Г-подібних балок, багатоповерхових колон, вертикальних діафрагм жорсткості та пустотних плит як елементів перекриття. Зараз в Україні традиційний тип збірних каркасів (рис. 1) представлений зокрема виробниками [2 – 4], котрі виготовляють повний набір збірних елементів каркасів.

У запропонованих конструкціях суттєво вдосконалені рішення вузлів з'єднань елементів, застосовуються матеріали підвищеної міцності, але принципова конструктивна система каркасу залишається незмінною.

Серед інших каркасних конструктивних систем з балковими перекриттями слід відмітити збірно-монолітний каркас системи SCOP PPB, що був запропонований фірмою «PPB SARET» (Франція) у 1988 р. та його модифікації «Казань-XXI век», «Рекон», «AlveoLosa» та інші.



Рисунок 1 – Фруктосховище «Ерідон» у процесі зведення, м. Львів [3]

Каркас SCOP PPB складається зі збірних колон і комплексних збірно-монолітних ригелів балкової конструкції, об'єднаних збірно-монолітними дисками перекриттів. Збірні частини ригелів і плит виконують роль незнімної опалубки для укладання монолітного бетону. Стики збірної частини ригеля, що мають петлеподібні випуски арматури, з попередньо-напруженими плитами товщиною 60 мм замонолічуються шляхом укладання армованого шару бетону товщиною 80 – 140 мм по периметру перекриття. Удосконалення каркасу загалом здійснювалось у напрямі зменшення частки монолітного залізобетону, тому згодом у його модифікаціях збірно-монолітні плити були замінені на пустотні (рис. 2).

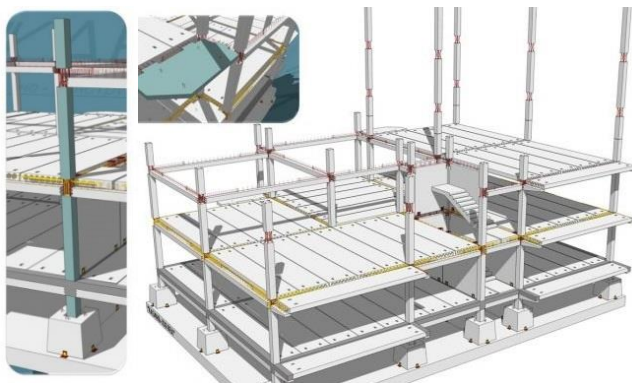
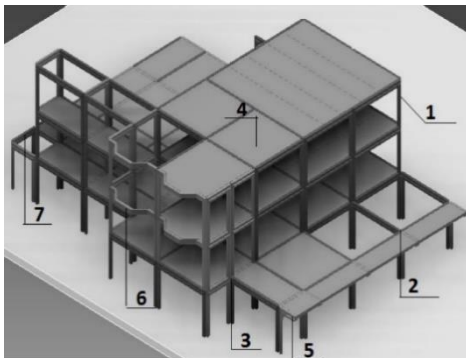


Рисунок 2 – Модифікований каркас SCOP PPB [5]

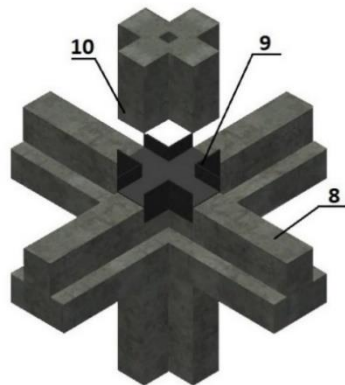
Залізобетонні колони виконуються відразу на кілька поверхів з прорізами в рівні перекриття. По висоті колони з'єднуються за допомогою штепсельного стику, тобто шляхом встановлення поздовжніх арматурних стержнів однієї колони в спеціально залишені гнізда у тілі іншої, що дозволяє з'єднувати колони з перерізами різних розмірів.

Для спрощення влаштування стику колон та ригелів у деяких системах здійснена спроба розділити у просторі місця розташування стику ригеля з колоною та балок між собою, влаштувавши стики балок в точках з мінімальними моментами. До таких систем можна віднести «Дуна-Frame», «PG Connection», «Contiframe» та інші.

Пропозиції щодо зміни конфігурації збірних елементів каркасу порівняно з традиційними також реалізовані в конструктивній системі «РАМПА» [6], розробленій в Україні під керівництвом В.С. Шмуклера (рис. 3).



а)



б)

Рисунок 3 – Конструктивна система «РАМПА»: а) – каркас; б) – вузол з'єднання рам; 1 – залізобетонна рама; 2 – металевий вузловий з'єднувальний елемент; 3 – складена колона, утворена суміжними стійками рам; 4 – панель перекриття; 5 – консольна рама-панель; 6 – еркерна рама; 7 – ригель рами таврового перерізу; 8 – рама нижнього поверху; 9 – кондуктор; 10 – рама верхнього поверху [6]

Запропоновано каркасну конструкцію, що містить встановлені по осях просторового каркасу плоскі залізобетонні рами висотою на поверх, з'єднані в кожному вузлі за допомогою єдиного вузлового елемента з

утворенням стійками рам колон каркасу, та панелі перекриття, оперті за контуром на полиці таврових ригелів рам. Панелі перекриття в кутах з'єднані з рамами каркасу за допомогою листових шарнірів. Стійки рам, що утворюють колону, об'єднані між собою за висотою жорстко шляхом омонолічування порожнини між стійками (для будівель, що не сприймають сейсмічні впливи та поверховістю менше трьох поверхів) або за допомогою податливих дискретних в'язей.

Подальшим розвитком системи «РАМПА» є система «ІКАР» [7], в якій габаритні збірні елементи: рами та панелі перекриття, розчленовані на більш компактні: колони, ригелі та балкові плити перекриття. Перекриття комірки в межах сітки колон складається з непарної кількості плит балкового типу, при цьому в сусідніх комірках плити перекриття укладаються з поворотом на  $90^\circ$ , тобто у перпендикулярних напрямках. Крайні (в комірці) плити перекриття за рахунок наявної на їх бічній поздовжній грані підрізки спираються на ригель одного напрямку, а за рахунок підрізки на бічній поверхні короткої сторони – на ригелі другого напрямку. Середній елемент перекриття спирається за короткими сторонам на ригелі, а за поздовжніми – на крайні плити перекриття. Таким чином, спирання плит в диску реалізує поверхову схему передачі навантаження із плити на плиту, що забезпечує спільність їх вертикальних переміщень.

Відомі системи балкових каркасів, у яких основні несучі елементи: балки та колони виготовляються пустотілими із наступним їх заповненням монолітним бетоном на будівельному майданчику. Це, зокрема, системи «Structurapid», «Thomas System», RPC-K System, УДС.

Подальшим кроком у розвитку конструктивних систем стали системи з плитними ригелями значної ширини з невеликою висотою перерізу, що дозволяли зменшити загальну висоту перекриття, тим самим збільшивши будівельний об'єм приміщень. Прикладами таких балкових систем є: «Dycore», «Quickfloor», «Spanlight», «Nebraska» [8] та інші. Застосування плитних ригелів дозволяє щонайменше вдвічі зменшити висоту перекриття порівняно з балковим ригелем. Але все ж таки даний прийом не усуває повністю виступаючі елементи та не забезпечує формування плоского перекриття, котре є більш ефективним. Тому подальшим розвитком каркасних конструктивних систем стало утворення систем з прихованим ригелем.

Система IMS (рис. 4) [9] розроблена в Югославії у 1950-х роках та призначена для створення збірного каркасу, придатного для як комерційного, так і для житлового будівництва. Основним збірним елементом цієї системи перекриття є попередньо напружена плита, яка виготовляється у два етапи. На першому етапі виготовляється ребриста

плита з попередньо напруженою верхньою полицею. На другому етапі нижня частина плити обладнується дротяною сіткою та опускається в шар монолітного бетону. Коли бетон набере достатньої міцності, попереднє напруження передається на верхню та нижню частини плити. Виготовлена плита має гладку поверхню зверху та знизу.

Попередньо напружена арматура в двох напрямках встановлюється у розширених швах між плитами в одноплитній системі і проходить крізь колони (рис. 4). В багатоплитних системах попередньо напружені стержні також проходять через канали в плитах.

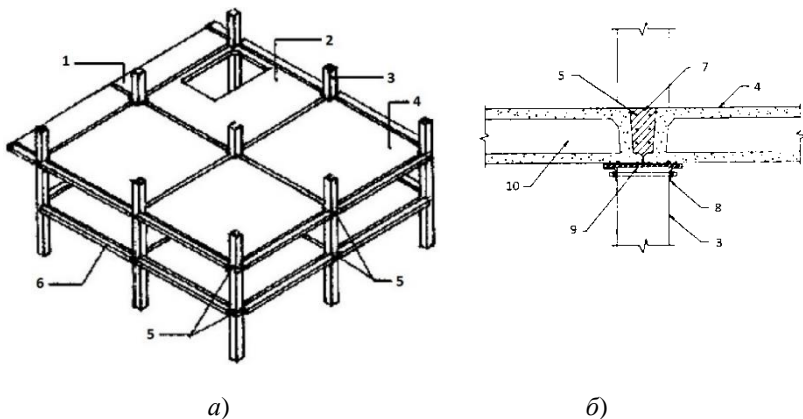


Рисунок 4 – Конструктивна система IMS [9]: а) – загальний вигляд; б) – прихований ригель в стику плит; 1 – консольна плита; 2 – плита з отвором для сходів; 3 – колона; 4 – типова плита; 5 – попередньо напружена арматура; 6 – фасадна розпірка; 7 – монолітний бетон; 8 – сталеві кутики; 9 – тимчасова опорна рамка; 10 – канал

Фінська система «DELTA BEAM» [10] – це плоска система перекриття для багатоповерхових будівель будь-якого типу (рис. 5).

Сталеві балки «DELTA BEAM» із листової сталі у вигляді гнучого трапецієподібного профілю з висотою, рівною товщині перекриття, слугують прихованим ригелем та призначені для використання в якості конструктивного елемента в поєднанні з усіма загальними типами залізобетонних плит: пустотними, плитами типу «Filigree», композитними сталевими настилами, сталевими настилами та монолітними бетонними плитами. Це дає можливість влаштування тонких перекриттів і утворення балкової конструкції в межах товщини плити.

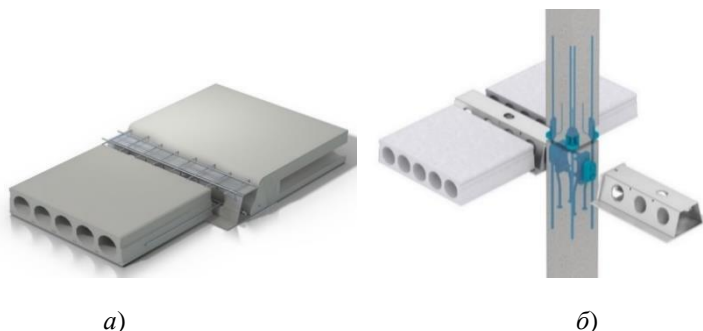


Рисунок 5 – Конструктивна система «DELTA BEAM» [10]:  
а) стик ригеля з пустотними плитами; б) стик ригеля з колоною

Розроблення та удосконалення збірно-монолітних конструктивних систем, котрі мають у своєму складі приховані ригелі, здійснено в Україні під керівництвом М.В. Савицького. Запропоновані рішення залізобетонних каркасів зі збірними плитами та монолітними несучими і в'язевими ригелями [11]. У збірно-монолітному залізобетонному перекритті застосовуються багатопустотні плити перекриття зі скошеними під кутом  $45^\circ - 60^\circ$  торцями та отворами на поверхні плит в місцях розташування пустот для встановлення обмежувачів монолітного бетону. Запропоноване перекриття має підвищену міцність похилих перерізів та високу несучу спроможність. Для підвищення жорсткості реалізовано також встановлення арматурних каркасів у поздовжні проміжки шириною 50 – 150 мм між багатопустотними плитами з подальшим їх замонолічуванням. Розроблена конструкція каркасу перевірена експериментально на дію розрахункового значення навантаження для граничних станів першої групи.

Відомі також деякі інші збірно-монолітні каркасні конструктивні системи, в яких плоске перекриття реалізується шляхом влаштування прихованих ригелів, зокрема, «Сочі», «РАДИУС», «Supra», «TERRIVA» та інші, проте в них суттєво більшою, порівняно з попередніми, є частка монолітного бетону.

Поряд з названими системами свого розвитку і поширення набула збірна каркасна система з плоским перекриттям, котре реалізується шляхом з'єднання плоских плит між собою без влаштування прихованого ригеля. Тобто, ця система не є наслідком трансформації балкових систем, а походить від збірної безбалкової системи перекриття.

Удосконалена безконсольно-безкапітельно-безбалкова каркасна – конструктивна система (ББКК) будівель [12] вперше була застосована в Україні в м. Полтава у 2008 році при зведенні двох 16-поверхових будівель.



При цьому використані розроблені в Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» під керівництвом А.М. Павлікова удосконалені рішення каркасу [13]. Вказана система розроблена на основі уніфікованої системи збірно-монолітного безригельного каркасу, котра складається з вертикальних колон та плоских плит перекриття. Конструктивні рішення ББКС в практиці зведення будівель почали застосовувати з 1940 року. Саме в цей час в безбалкових перекриттях було запропоновано з'єднувати плити з колонами без застосування капітелей. Аналоги і попередники цієї системи відомі також під назвами КУБ 2,5 (конструкція універсальна безбалкова), КУБ-1, КБК (конструкції безригельного каркасу) або КУБ 3V. Зокрема, система КУБ 2,5 застосована в Україні при зведенні бізнес-центру багатофункціонального громадського комплексу з об'єктами спорту, відпочинку і розваг у м. Запоріжжя з урахуванням сейсмічного впливу [14].

У загальному випадку каркас ББКС (рис. 6) складається з вертикальних багатоярусних колон без виступаючих опорних частин, плит перекриття та в'язей або діафрагм жорсткості [12 – 13].

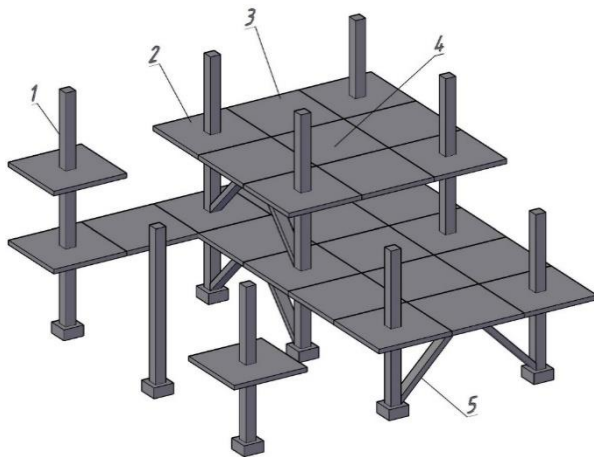


Рисунок 6 – Загальний вигляд безбалкової безкапітельної конструктивної системи будівель: 1 – колона; 2 – надколонна плита; 3 – міжколонна плита; 4 – середня плита; 5 – лінійна в'язь

Плоскі перекриття системи складаються з трьох типів збірних залізобетонних плит (рис. 6): надколонних, міжколонних та середніх. Товщина усіх плит – 160 мм, їх опалубкові розміри в плані прийняті

однаковими – 2980×2980 мм. Замонолічування швів між ними шириною 20 мм здійснюється без установаження опалубки.

Надколонні плити кріпляться зварюванням закладених в них об'єм до арматури колони за допомогою з'єднувальних деталей, а передбачені монтажні проміжки в 20 мм між колоною та об'ємною, а також між плитами заповнюються високоміцним дрібнозернистим бетоном. При цьому в забетонуваних проміжках утворюються шпонки, бетон котрих додатково зміцнюється за рахунок всебічного обтиснення.

Вертикальними несучими елементами каркасу є збірні залізобетонні дво- чи триярусні колони з розмірами поперечного перерізу 400×400 мм, а також частково залізобетонні діафрагми жорсткості [12].

На сьогодні збірна каркасна безбалкова конструктивна система набула значного поширення в Україні. Її реалізація здійснюється виробниками як із Полтавського регіону, так і з інших областей. Це зумовлюється її суттєвими перевагами, серед яких варто відмітити автономність архітектурно-планувальних рішень та збільшений внутрішній корисний об'єм приміщення завдяки відсутності ригелів, скорочення терміну будівництва до 50% порівняно з іншими конструктивними системами.

**Результати досліджень.** Підсумовуючи вищесказане, проаналізовані збірні та збірно-монолітні системи каркасів можна розділити за конструкцією перекриття (рис. 7).



Рисунок 7 – Види збірних та збірно-монолітних каркасних конструктивних систем будівель

**Висновки.** Користуючись наведеною схемою (рис. 7) можна відмітити, що велика кількість конструктивних систем збірних і збірно-монолітних будівель базуються на балкових каркасах. При цьому очевидно є тенденція до їх вдосконалення у напрямі як зменшення товщини перекриття, так і у мінімізації частки монолітного бетону.

Перші балкові конструктивні системи відрізнялись суттєвою висотою перекриття від 1220 мм («Duotek») до 645 мм («PD2 Frame») та значним об'ємом монолітного бетону, котрим вкривалось усе перекриття суцільним шаром товщиною до 60 мм. Системи з плитним ригелем дозволили досягти висоти перекриття 410 мм («Nebraska»), але не усунули виступаючі із площини перекриття елементи.

Максимально вдосконалені каркасні конструктивні системи з плоскими перекриттями є на сьогодні найбільш ефективними та затребуваними для зведення житлових та цивільних будівель. Серед них слід відмітити каркаси ББКС із безбалковим перекриттям, котре має загальну висоту перекриття 160 мм з мінімальним використанням монолітного бетону. Названа конструктивна система володіє порівняно з іншими додатковими перевагами, що стосуються зручності монтажу та підвищеної швидкості зведення будівель, простоти складових елементів та високої їх якості, зменшеної вартості будівництва. Це безперечно ставить особливі задачі до розроблення ґрунтового розрахунку несучої здатності елементів цієї конструктивної системи для забезпечення надійної експлуатації.

## References

1. Pessiki S., Prior R., Sause R., Slaughter S. Review of Existing Precast Concrete Gravity Load Floor Framing Systems. PCI Journal, 1995, Vol. 40(2), P. 52-68. <https://doi.org/10.15554/pcij.03011995.52.68>
2. Beton vid Kovalskoi. Retrieved from <https://beton.kovalska.com>
3. Oberbeton Ukraina. Retrieved from <https://oberbeton.ua/uk/>
4. 3 betony. Retrieved from <http://3betony.com.ua>
5. Pavlikov A.M., Baliashny D.K., Harkava O.V., Dovzhenko O.O., Mykytenko S.M., Pinchuk N.M., Fedorov D.F. Suchasni konstruktyvni systemy budivel iz zalizobetonu. Poltava, 2017, PolNTU.
6. Shmukler V.S. Karkasno-panelnyi budynok «rampa» (Patent Ukrainy 4638), 1994. Retrieved from: <https://uapatents.com/12-4638-karkasno-panelnij-budynok-rampa.html>
7. Shmukler V.S., Shmukler I.V. Karkasno-panelnyi budynok «ikar» (Patent

Ukrainy 10955), 1996. Retrieved from: <https://uapatents.com/6-10955-karkasnijj-budinok-ikar.html>

8. Low S.-G., Tadros M.K., Nijhawan J.C. (1991). Minimization of Floor Thickness in Precast Prestressed Concrete Multistory Buildings. PCI Journal, 1991. Vol. 36(4), P.74-92. <https://doi.org/10.15554/pcij.07011991.74.93>

9. Petrovic B., Dimitrijevic R. (1978). Prefabricated Prestressed Concrete Skeleton System IMS. Housing Science, 1978. Vol. 2(4), P. 369-375.

10. Peikko. Deltabeam Composite beam. Retrieved from: <https://www.peikko.com/products/product/deltabeam-product-information/>

11. Savytskyi M.V., Mahala B.C., Rabich O.V. та in. Sposib ulashtuvannya zbirno-monolitnoho zalizobetonnoho perekryttia, 2007. (Patent Ukrainy 23418). Retrieved from: <https://uapatents.com/1-23418-sposib-ulashtuvannya-zbirno-monolitnogo-zalizobetonnoho-perekryttia.html>

12. Pavlikov A.M., Harkava O.V., Fedorov D.F., Farenjuk H.H., Petter B.M., Bovkun Zh.M. Industrialnyi bezkapitelno-bezbalkovyi karkas budivli dostupnoho zhytla (Patent Ukrainy 93195), 2014. Derzh. sluzhba intelekt. vlasnosti Ukrainy. Retrieved from: <https://uapatents.com/4-93195-industrialnijj-bezkapitelno-bezbalkovijj-karkas-budivli-dostupnoho-zhitla.html>

13. Pavlikov A.M., Harkava O.V., Bezrukavyy D.V. Vprovadzhennia bezryhelno-bezkapitelnoi karkasnoi konstruktyvnoi systemy v proektuvannia budivel pid dostupne zhytlo. Zb. nauk. prats (resursoekonomni materialy, konstruksii, budivli ta sporudy), 2013. Vyp. 27, S. 352-359.

14. Banakh A.V. Vplyv seismichnykh dii na zalizobetonni karkasy sporud pidvyshchenoho rivnia vidprovidalnosti. Budivelni konstruksii, 2013. № 78 (1), S. 300-306.

### **Список використаної літератури**

1. Pessiki S., Prior R., Sause R., Slaughter S. Review of Existing Precast Concrete Gravity Load Floor Framing Systems. PCI Journal, 1995, Vol. 40(2), P. 52-68. <https://doi.org/10.15554/pcij.03011995.52.68>

2. Бетон від Ковальської. Доступ через <https://beton.kovalska.com>

3. Обербетон Україна. Доступ через <https://oberbeton.ua/uk/>

4. З бетони. Доступ через <http://3betony.com.ua>

5. Павліков А.М., Балясний Д.К., Гарькава О.В., Довженко О.О., Микитенко С.М., Пінчук Н.М., Федоров Д.Ф. Сучасні конструктивні системи будівель із залізобетону. Полтава, 2017, ПолтНТУ.

6. Шмуклер В.С. Каркасно-панельний будинок «рампа» (Патент України 4638), 1994. Доступ через: <https://uapatents.com/12-4638-karkasno-panelnijj-budinok-rampa.html>

7. Шмуклер В.С., Шмуклер І.В. Каркасно-панельний будинок «ікар» (Патент України 10955), 1996. Доступ через : <https://uapatents.com/6-10955-karkasnijj->

[budinok-ikar.html](#)

8. Low S.-G., Tadros M.K., Nijhawan J.C. (1991). Minimization of Floor Thickness in Precast Prestressed Concrete Multistory Buildings. PCI Journal, 1991. Vol. 36(4), P.74-92. <https://doi.org/10.15554/pcij.07011991.74.93>

9. Petrovic B., Dimitrijevic R. (1978). Prefabricated Prestressed Concrete Skeleton System IMS. Housing Science, 1978. Vol. 2(4), P. 369-375.

10. Peikko. Deltabeam Composite beam. Доступ через: <https://www.peikko.com/products/product/deltabeam-product-information/>

11. Савицький М.В., Магала В.С., Рабіч О.В. та ін. Спосіб улаштування збірно-монолітного залізобетонного перекрыття, 2007. (Патент України 23418). Доступ через : <https://uapatents.com/1-23418-sposib-ulashtuvannya-zbirno-monolitnogo-zalізobetonogo-perekryttya.html>

12. Павліков А.М., Гарькава О.В., Федоров Д.Ф., Фаренюк Г.Г., Петтер Б.М., Бовкун Ж.М. Індустріальний безкапітельно-безбалковий каркас будівлі доступного житла (Патент України 93195), 2014. Держ. служба інтелект. власності України. Доступ через: <https://uapatents.com/4-93195-industrialnijj-bezkapitelno-bezbalkovijj-karkas-budivli-dostupnogo-zhitla.html>

13. Павліков А.М., Гарькава О.В., Безрукавий Д.В. Впровадження безригельно-безкапітельної каркасної конструктивної системи в проектування будівель під доступне житло. Зб. наук. праць (ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди), 2013. Вип. 27, С. 352-359.

14. Банах А.В. Вплив сейсмічних дій на залізобетонні каркаси споруд підвищеного рівня відповідальності. Будівельні конструкції, 2013. № 78 (1), С. 300-306.