

УДК 624.012.131.543

**КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ ЗА
ПРОГРАМОЮ «ДОСТУПНЕ ЖИТЛО»**

*Д.т.н., професор Павліков А.М., д.т.н. професор Зоценко М.Л.,
аспіранти Нестеренко Т.М., Петраш О.В.*

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Постановка проблеми. Сучасний етап розбудови України характеризується проблемою забезпечення доступним житлом середніх за матеріальним рівнем верств населення. Адже, за даними по м. Полтаві, вартість житла сьогодні в середньому складає майже 8 тисяч гривень за один квадратний метр в будинках зі звичайними показниками архітектурно-планувальних рішень, та не менше 10 тисяч гривень – з поліпшеними, в так званих будинках елітного типу [1 – 4].

Причин існування такої насущної проблеми у сфері забезпечення людей житлом дуже багато. Основні серед них – ще висока трудомісткість зведення будівель через переважне застосування недосконалих конструктивних систем, низький рівень механізації технологічних процесів будівельного виробництва, мала поверховість житлових будівель та значна їх матеріалоємність. У цих умовах на перший план виходить завдання створення конструкцій будівель високої енергоефективності для підземної і надземної їх частин.

Є багато пропозицій, у котрих в тій чи іншій мірі викладені аспекти з розв'язання існуючих проблем. Але навіть короткий їх аналіз показує [5-11], що найдоцільніше їх вирішувати за рахунок упровадження нових технологій будівництва, серед яких найпершої уваги заслуговує напрям з використання високоєфективних основ і фундаментів з ґрунтоцементу та подальшого удосконалення відомої ще з 1940 року пропозиції використання в будівництві безкапітельно-безбалкового каркасу [5-7], що також підтверджується сучасними проектними розробками [8-11].

Зв'язок науковими практичними завданнями та аналізом досліджень публікацій. Роботу виконано на основі чинної нормативно-законодавчої бази України, яка пов'язана з проблемами наукового супроводження проектних та будівельних робіт. Дослідження проводилися відповідно до етапів держбюджетної теми "Прогресивні конструкції основ і фундаментів у сучасному будівництві в Україні", яка у свою чергу є складовою частиною комплексної програми "Матеріалоємність" Міністерства освіти і науки України, а також міжвузівської комплексної програми "Скорочення ручної праці у будівництві". Завдання роботи полягає у вивченні особливостей збірно-монолітного безкапітельно-безбалкового каркасу з мінімальною кількістю типорозмірів збірних конструкцій, а також оцінки ефективності використання ґрунтоцементу для влаштування основ і фундаментів наземних конструкцій багатоповерхових житлових будівель.

Формулювання мети. Метою роботи є удосконалення технології будівництва житлових будівель на основі впровадження конструктивних

систем, серед котрих найпривабливішою є збірно-монолітний безкапітельно-безбалковий каркас з мінімальною кількістю типорозмірів збірних конструкцій з фундаментами з використанням ґрунтоцементу.

Викладення основного матеріалу досліджень. Розв'язання існуючої проблеми забезпечення населення доступним житлом можливе за рахунок удосконалення технології будівництва житлових будівель на основі впровадження конструктивних систем, серед котрих найпривабливішою є збірно-монолітний безкапітельно-безбалковий каркас з мінімальною кількістю типорозмірів збірних конструкцій (рис. 1).

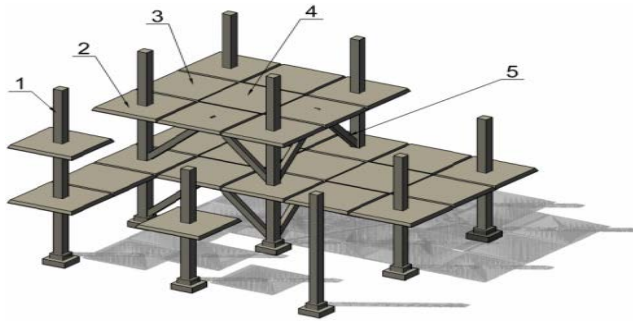


Рис. 1. Схема безкапітельно-безбалкової конструктивної системи житлової будівлі: 1 – колона; 2 – надколонна плита; 3 – міжколонна плита; 4 – середня плита; 5 – елемент жорсткості

Міжповерхові перекриття у будівлях із застосованим каркасом (рис. 1) складаються з трьох типів збірних залізобетонних плит: надколонних (поз. 2), міжколонних (поз. 3) та середніх (поз. 4). Товщина усіх плит – 160 мм, їх розміри в плані, з метою уніфікації опалубки, прийняті однаковими – 3000×3000 мм. Надколонні плити (2) кріпляться (рис. 3) за допомогою зварювання закладених в них обійм (4) до арматури колони (1), а передбачені монтажні проміжки в 20 мм між колоною та обіймою, а також між плитами заповнюються високоміцним дрібнозернистим бетоном. При цьому в забетонованих проміжках утворюються шпонки (3), бетон котрих самозміцнюється за рахунок роботи в умовах всебічного обтиснення, сприяючи замість ванного зварювання арматурних випусків у колонах використовувати тільки монтажні шви.

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, капітели. Вона дозволяє швидко трансформувати приміщення під нове призначення, забезпечує автономізацію їх обігріву. А оскільки окремі елементи просторового каркасу мають максимальну заводську готовність і їх поєднання між собою передбачає замонолічування монтажних проміжків на незначних за площею ділянках, то застосування

даної конструктивної системи – також один із шляхів реанімації індустріального виробництва на заводах із виготовлення збірного залізобетону, що дозволить значно економити енергоресурси.

З метою апробації ефективності безкапітально-безбалкового каркасу в 2008 році за проектом державного проектного інституту містобудування «Міськбудпроект» вперше у м. Полтаві були зведені будівлі під соціальне (доступне) житло (рис. 2), а також будівлі іншого призначення. Практика підтвердила його суттєві переваги в архітектурно-планувальних та конструктивних рішеннях порівняно з будівлями, котрі будуються на основі інших прототипів каркасної та стінової конструктивних систем.



Рисунок 2 – Загальний вигляд житлових 16-ти поверхових будинків у м. Полтаві по вул. Богдана Хмельницького, 21 (зліва) та по вул. Жовтневій, 60-д (справа) у процесі зведення

Вертикальними несучими елементами каркасу є збірні залізобетонні двоярусні 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.

Каркас, розроблений для зведення будівель висотою в 16 поверхів у районах зі сейсмічністю до 9 балів, швидко монтується і наділений значною простотою при виготовленні окремих елементів.

Просторова жорсткість та стійкість застосованого каркасу будівель забезпечена головним чином за рахунок лінійних в'язів (залізобетонних або металевих кісців) та суцільних залізобетонних діафрагм жорсткості.

В елементах каркасу від дії зовнішніх навантажень внутрішні зусилля підраховувалися за допомогою ПЕОМ в програмному комплексі „Structure CAD 11.1“, основаному на методі просторових скінчених елементів для випадку як лінійної, так і нелінійної роботи матеріалів несучих конструкцій та ґрунтової основи. У розрахункових схемах просторового каркасу стійками

служували колони, горизонтальними дисками – перекриття, складене з плит. За в'язі приймалися вертикальні залізобетонні діафрагми та підкоси.

Експериментально-теоретичні дослідження показали, що зусилля в елементах безкапітельно-безбалкового каркасу можна розраховувати простими інженерними методами, попередньо розчленувавши просторовий каркас на плоскі ортогональні рами у вигляді ригелів-плит, що підтримуються колонами. При цьому вертикальні навантаження сприймаються колонами, умовними ригелями-плитами та частково діафрагмами жорсткості, а горизонтальні – тільки елементами жорсткості.

У зведених будинках (рис. 2) в колонах застосована стержньова арматура класу А500 в кількості 4Ø28 – 6Ø28.

Надколонна плита в розтягнутій зоні мала дві сітки з арматури класу А-500: одна містила стержнів в обох напрямках по 16Ø14, а друга – по 12Ø14; стиснута зона армована сіткою з дроту класу Вр-І по 20Ø4 в обох напрямках.

У міжколонній плиті в розтягнутій зоні у двох сітках з арматури класу А-500 в обох напрямках стержнів: у одній по 16Ø14, у другій – по 12Ø14; стиснута зона армувалась в обох напрямках 20Ø4 сіткою з дроту класу Вр-І. У середній плиті у розтягнутій зоні у сітках з дроту класу Вр-І було по 12Ø8 та 7Ø8 в обох напрямках в кожній, стиснута зона запроєктована без арматури.

Руйнування надколонних плит відбувалося при загальному навантаженні 3,02 т/м², середніх – при 2,4 т/м², міжколонних – при 1,8 т/м².

Таблиця 1

Порівняння основних показників безкапітельно-безбалкової каркасної конструктивної системи

Показник	Конструктивні системи		
	Моноліт	КПБ-135	КУБ
Усього сталі на м ² перекриття	27 кг/ м ²	48 кг/ м ²	18 кг/ м ²
Усього бетону на м ² перекриття	0,28 м ³ / м ²	0,8 м ³ / м ²	0,2 м ³ / м ²
Товщина перекриття	200 мм	160 мм	160 мм
Сітка колон	6,3×6,3 м	6×3 м	6×6 м
Арх.-планувальне рішення	вільне	фіксоване	вільне
Затрати на монтаж 1 м ² перекр. (подача бетону бетононасосом)	21 люд./год·м ²	1,1 люд./год·м ²	0,7 люд./год·м ²
Строк монтажу 12-ти поверхів	6 місяців	3 місяці	3 місяці

Як показали дослідження застосування безкапітельно-безбалкових каркасів дозволяє реалізовувати на практиці такі основні їх переваги [9-11]:

1) консольна частина перекриття уздовж його периметру надає кожній будівлі неповторних архітектурних форм, привабливо урізноманітнюючи цим самим міський ландшафт;

2) будівлям притаманна автономність у архітектурно-планувальних рішеннях;

3) строк будівництва значно скорочується;

4) запуск виробничої лінії з виготовлення збірних елементів є достатньо простим і здійснюється у мінімальні строки;

5) для будівництва існує багато готових проектних рішень.

Безкапітельно-безбалкова конструктивна система позитивно зарекомендувала себе на зведенні будівель більш ніж у 30 регіонах Росії [9-11]. Об'єми її освоєння щорічно збільшуються.

За даними багатьох авторитетних та інформаційних джерел [8-11] у таблиці наведені основні показники, котрі достатньо повно характеризують переваги розглянутої у даній статті безкапітельно-безбалкової каркасної конструктивної системи у порівнянні з найбільш відомими.

Багатоповерхові житлові будівлі на більшості території України влаштовують на пальових фундаментах. Перевага надається набивним пальям, серед них домінують буроін'єкційні палі. Зараз у Світі все більше використовуються ґрунтоцементні основи і фундаменти, при виготовленні яких у якості заповнювача використовуються ґрунти основи. Витрати цементу при цьому не перевищують 20% від маси ґрунту. Ґрунтоцементні палі виготовляються за струміневою та бурозмішувальною технологіями [12-13].

Одним з недоліків ґрунтоцементних паль є їх порівняно невелика міцність за матеріалом. Вважається, що підвищення міцності паль можна досягти за допомогою вібраційного ущільнення ґрунтоцементної суміші.

В лабораторних умовах було доведено, що вібрування збільшує щільність ґрунтоцементу, тобто, таким чином можливо збільшити несучу здатність палі на вертикальне навантаження за матеріалом до 30%, що є нагальною проблемою впровадження ґрунтоцементних паль. Розв'язати поставлену проблему можливо шляхом співставлення значень несучої здатності ґрунтоцементних паль, які виготовлені за бурозмішувальною технологією з вібруванням рідкої суміші і без нього.

Щоб дослідження мали однозначний результат, необхідно в процесі випробовувань визначити окремо несучу здатність за ґрунтом. Для цього одного розміру палі слід виконати з бетону класу В15 з гарантованої несучою здатністю за матеріалом більшою, ніж за ґрунтом.

На дослідному майданчику поставлена задача вирішувалася таким шляхом. Було виготовлено три серії набивних паль:

- I серія із двох буронабивних паль діаметром 500 мм і довжиною 600 см, які були заповнені важким бетоном класу В15;
- II серія з двох ґрунтоцементних паль діаметром 500 мм і довжиною 600 см, які були виконані за бурозмішувальною технологією;
- III серія з трьох ґрунтоцементних паль діаметром 500 мм і довжиною 600 см, які були виконані за бурозмішувальною технологією з вібруванням рідкої суміші на протязі 180 с.

Після вичерпання нормативного терміну тужавіння бетону та ґрунтоцементу палі випробовували вертикальним стискаючим навантаженням відповідно до ДСТУ Б В.2.1-27-2010. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробовувань.

Несуча здатність набивної палі за ґрунтом можливо однозначно визначити за результатами випробовувань набивних бетонних паль тому, що вся бетонна паля в інженерно-геологічних умовах, які розглядаються, завжди має меншу несучу здатність за ґрунтом. Результати випробовувань

дослідних паль наведені у табл. 2

Таблиця 2

Параметри дослідних паль та їх несуча здатність

Марка дослідних паль	Довжина паль, l_d , м	Час вибрування, t , с	Осідання суміші, Δh , см	Показник ущільнення, $k_v = \frac{\Delta h}{l_d}$	Несуча здатність палі, F_d , кН
ГЦП-1	6,0	0	0	0	325
ГЦП-2	6,0	0	0	0	285
ВГЦП-1	6,0	180	38	0,063	400
ВГЦП-2	6,0	180	41	0,068	425
ВГЦП-3	6,0	180	36	0,06	430
БНП-1	6,0	0	0	0	550
БНП-2	6,0	0	0	0	565

Для конкретних умов дослідного майданчика несуча здатність набивної палі діаметром 500 мм і довжиною 6,0 м за ґрунтом за даними статичних випробовувань визначимо як середнє значення з двох паралельних паль, накопичений досвід показує, випробовувань $F_d = 557$ кН.

Що торкається ґрунтоцементних паль, то з причини, порівняно низької міцності ґрунтоцементу, вони втрачають свою несучу здатність в аналогічних ґрунтових умовах переважно за матеріалом, особливо на першому етапі їх навантаження. На підставі цих даних несучу здатність набивної ґрунтоцементної палі (ГЦП) за матеріалом визначимо як середнє значення з двох паралельних випробовувань $F_d = 305$ кН.

Щоб підвищити щільність ґрунтоцементу і, відповідно, його міцність, три дослідних палі виготовлялися з попереднім вибруванням рідкої суміші ґрунтоцементу на протязі 180 с. Внаслідок вибрування об'єм ґрунтоцементу зменшувався. Цей факт фіксувався мірною лінійкою, за цими даними розраховували показник ущільнення ґрунтоцементу, який склав $k_v = 0,064$. Після вимірювання додатковий об'єм заповнювався бетоном класу В15. Такі палі промарковані як ВГЦП – вібрована ґрунтоцементна паля, за даними статичних випробовувань їх несуча здатність склала $F_d = 418$ кН.

Коли взяти для набивної палі діаметром 500 мм і довжиною 6,0 м її несучу здатність за ґрунтом як 100% – $F_d = 557$ кН, то не вібрована ГЦП має через 60 діб $F_d = 305$ кН лише 55%, а вібрована ВГЦП – $F_d = 418$ кН, тобто 75%. При такому підрахунку несуча здатність ґрунтоцементної палі за матеріалом збільшується на 20%.

Висновки.

1. Упровадження безкапітельно-безбалкової каркасної конструктивної системи у будівництво багатопверхових будівель під житло дозволяє зменшити його вартість 1м^2 майже на 40% у порівнянні з будівлями, що зводяться за традиційними стіновими та каркасними конструктивними системами. При цьому швидкість зведення будівлі зростає на 50%,

інтенсивність забезпечення населення житлом збільшується і можливості населення, з огляду доступності його придбання, значно розширюються.

2. Найбільш перспективним, з точки зору зниження матеріальних витрат при влаштуванні фундаментів житлових будівель, є використання ґрунтоцементу для їх виготовлення. Ґрунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішувальним способом, мають значні переваги саме для заощадженні матеріальних витрат над усіма іншими набивними палями. Необхідно лише підібрати ефективну технологію збільшення міцності ґрунтоцементу. Це можна досягти за рахунок вібрування рухливої суміші 20-30%; шляхом армування ґрунтоцементу металевою арматурою до 200%; або використанням сучасних пластифікаторів і новітніх технологій перемішування ґрунтоцементної суміші.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Ярошенко Ганна. Найбільше будуюмо соціального житла, бо поки що у нас не так багато людей, які можуть дозволити собі елітне / Ганна Ярошенко // *Вечірня Полтава*. – 2008. – №22. – С. 4.
2. Цветов Олександр. Будівництво: традиційне чи інноваційне / Олександр Цветов // *Вечірня Полтава*. – 2008. – №27. – С. 6.
3. Москаленко Марія. Будинки, побудовані за системою КУБ-2.5, здатні забезпечити споживачів доступним і, головне, якісним житлом / Марія Москаленко // *Вечірня Полтава*. – 2010. – №49 (929). – С. 2.
4. Клочко Оксана. Переживаючи економічну кризу, «Полтавабудінвест» розробляє нові технології, що здешевлюють будівництво на третину, і зводять сейсмостійкі багатоповерхівки / Оксана Клочко // *Вечірня Полтава*. – 2009. – №7 (834). – С. 5.
5. Blekey F. A. Towards an Australian structural form – the flat plate / F. A. Blekey // *Architecture in Australia*. – 1965. – Pp. 115 – 127.
6. 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.
7. 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.
8. 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).
9. Описание системы по информации НПО "КУБ": электронные ресурсы – Режим доступа : Google: kub-invest.ru/sist.html.