

УДК 69.07; 728

## ГНУЧКА АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНА ЗБІРНА КАРКАСНА СИСТЕМА ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ТИПУ «РАПЛ»

**В.В. Бачинський,**

заслужений будівельник України

**Л.Г. Бачинська,**

канд. архітектури, доцент

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ*

DOI: 10.32347/2410-2547.2026.116.383-392

Стаття присвячена розробці збірних, каркасних рамно-пластинчастих систем для будівництва житла в Україні. В наслідок попереднього аналізу каркасних систем було виявлено недоліки в індустріальному збірному, в монолітному та каркасному домобудуванні у звичайних, складних умовах будівництва, а також в умовах війни при дії вибухових снарядів. Тому було розроблено систему «РАПЛ» для спорудження багатоповерхового житла, яка забезпечує міцність та стійкість несучих конструкцій.

**Ключові слова:** архітектурно-конструктивна система, рамно-пластинчаста система, в'язепетлеві вузли, гнучкість архітектурно-конструктивного рішення.

**Вступ.** Практика домобудування в Україні в другій половині ХХ століття була зорієнтована на підвищення темпів швидкості житлового будівництва в зв'язку з необхідністю переселення людей в окремі квартири, що втратили житло під час війни і до початку 1960-х років принаймні в Києві проживали у землянках, бараках, гуртожитках, масово були розселені покімнатно в комунальні квартири [4]. Високі темпи будівництва можна було забезпечити тільки за рахунок індустріальних методів будівництва. Отже, були прийняті рішення про поступове нарощування темпів будівництва за рахунок збільшення ступеню заводської готовності конструкцій і конструктивних виробів, укрупнення конструктивних елементів, починаючи від дрібнорозмірних матеріалів, до блочного, великопанельного та об'ємно-блочного домобудування з одночасним збільшенням обсягів великопанельного будівництва. До середини 1970-х років обсяги великопанельних будинків вже становили понад 50 % [14]. Впорядкуванню номенклатури конструктивних виробів сприяло прийняття конструктивного модуля, спершу звичайного у 10 см та укрупненого 30 см, та поступового його зростання до 60 см, а потім до 120 см. Масове будівництво великопанельних будинків у 9, 12 і 16 поверхів в столиці України та обласних центрах дозволило не тільки значно збільшити сільбищні території міст, але й спрямувати норми на укрупнення житлової, а потім загальної площі на 1 людину. Таким чином, за понад 40 років індустріального домобудування в Україні був накопичений великий обсяг типового житла.

Паралельно у 1970-х роках розпочинається експериментальне будівництво житла в монолітних конструкціях методами щитового, об'ємно-блочного рихтування, підйому перекриттів та ковзної опалубки [4]. Обговорювалося питання поступового поширення методу спорудження житла з монолітних конструкцій разом з великопанельним до рівня типового. Також з'явилися пропозиції збірного домобудування на основі комбінації панельно-каркасних конструкцій. Можна припустити, що поширення монолітного спорудження житла відбувалося, завдяки постанові 1969 року про покращення архітектури цивільного будівництва, оскільки жорстка конструктивно-планувальна структура обмежувала формотворення будівель, і для підвищення художньо-естетичних якостей забудови необхідно було ускладнювати її пластику. Історія монолітного домобудування в Україні також показала певні недоліки. По-перше, це висока його вартість в порівнянні з великопанельним напрямком, по-друге, це майже знищення збірного домобудування через відсутність замовлень і праці для колективів будівельних організацій. Монолітне домобудування здійснювали приватні фірми. По-третє, досвід проєктування у монолітних конструкціях набувався тяжко, в умовах домінування в практиці конструктивних схем великопанельного будівництва з вузьким кроком поперечних несучих стін

(див. рис. 1 (а)). Тому планувально-конструктивні рішення в монолітних конструкціях за схемою розташування пілонів нагадували планування за типовими панельними проєктами (рис. 1 (б)). Такі прийоми обмежували варіантність проєктних рішень, не дозволяли застосовувати гнучке планування квартир з різноманітним розташуванням меблів і обладнання.

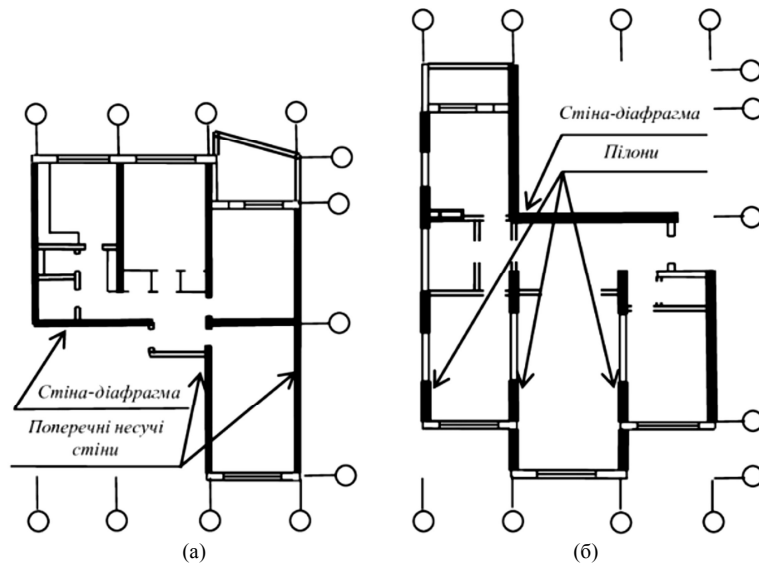


Рис. 1. Приклади конструктивних схем квартир у великопанельному та монолітному домобудуванні: (а) - планування трикімнатної квартири серії великопанельних житлових будинків КТ. КиївЗНДІЕП; (б) - планування трикімнатної квартири у будинку з монолітного каркасу. 2012, Діпроверф

**Постановка проблеми у загальному вигляді та зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями.** На сьогодні життя в умовах російсько-української війни показало непридатність більшості індустріальних архітектурно-конструктивних систем витримувати удари військовими снарядами. Під час обстрілів ворожою зброєю через недостатню міцність і стійкість збірних конструкцій індустріального домобудування не тільки знищується забудова наших міст, але й калічається і гинуть люди. Отже, надзвичайно актуальним в першу чергу стало питання про потреби змін будівельної парадигми, необхідність шукати інноваційні рішення в конструктивних системах, в технологіях спорудження житла [10]. Водночас не можна ігнорувати потреби в спрощенні методів зведення будівель та здешевленні будівництва, набутті більших планувальних можливостей, що зазвичай досягаються за рахунок великопрольотних і великокровоких конструкцій та невеликої їхньої маси. Отже, **мета викладення матеріалу** міститься в опису інноваційних пропозицій збірної конструктивної системи «РАПЛ», яка відповідає усім вище переліченим завданням. **Об'єкт дослідження** – конструктивні системи індустріального та інноваційного домобудування. **Предмет наукового пошуку** – виявлення особливостей роботи конструктивних систем та визначення їхніх показників у звичайних і складних умовах, включаючи ймовірність руйнувань від вибухів військових снарядів.

У фахових дослідженнях та розробленні архітектурно-планувальних рішень і конструктивних систем індустріального та експериментального домобудування були задіяні науковці і спеціалісти провідних науково-дослідних і проєктних інститутів України - КиївЗНДІЕП, Київпроєкт, ДПРОцивільпромбуд, НДІБК, Київський Промбудпроєкт та інших.

**Матеріали і методи.** Матеріалами дослідження слугували інформаційно-наукові публікації з розвитку і досвіду індустріального та інноваційного домобудування в Україні та за кордоном, об'єкти натурального обстеження під час експертизи стану типових житлових будинків масового будівництва 1950-1980-х років, об'єкти експериментального проєктування. Методи дослідження: вивчення літературних джерел, систематизація та класифікація об'єктів індустріального й інноваційного домобудування, методи натурального обстеження та порівняльного аналізу архітектурно-конструктивних систем за показниками міцності, стійкості

та гнучкості архітектурно-конструктивних рішень, а також методи експериментальних випробувань рамних жорстких вузлів.

**Виклад основного матеріалу.** Для розроблення нової конструктивної каркасної системи було проведено аналіз вже існуючих, що використовуються на ринку житла. Це конструкції із монолітного залізобетонного неповного каркасу, збірна залізобетонна система КУБ та збірно-монолітна конструкція МВБ-01 [11]). Останні дві конструктивні системи виконані із збірних залізобетонних конструкцій заводського виробництва. Системи каркасні з кроком збірних колон  $6 \times 6$  м, особливістю яких є передавання поздовжніх та поперечних вітрових навантажень на пластинчасті діафрагми, а також на сходово-ліфтові вузли.

Обидві конструктивні системи розраховані на експлуатацію у звичайних умовах. При роботі таких каркасів в складних умовах: деформованих ґрунтах, сейсмічних зонах та при неякісному замоноличуванні стиків можливе крихке руйнування бетону, що призводить до аварійних станів [12]. Аналіз зазначених конструктивних систем свідчить про те, що застосування їх в масовому житловому будівництві у складних умовах і під дією вибухових снарядів стає *неможливим*.

Для розробки перспективних конструктивних каркасних систем із збірних конструкцій необхідно встановити критерії їх відповідності архітектурно-планувальним та техніко-економічним вимогам. Таким як:

- 1) забезпечення нормальних побутових умов життєдіяльності;
- 2) забезпечення потрібними міцністю та стійкістю впродовж процесу нормативного терміну експлуатації;
- 3) забезпечення техніко-економічних показників відповідного рівня у виробництві;
- 4) забезпечення реконструктивної здатності з продовженням подальшої експлуатації.

1. Щодо забезпечення нормальних побутових умов життєдіяльності, котрі є головним критерієм надання комфортності проживання, слід відмітити, що якраз гнучкість архітектурно-конструктивних рішень надає можливості вільного і варіантного використання житлового простору відповідно до оновлених потреб мешканців і тим самим гальмує процеси морального старіння житла.

2. Найбільш безпечними в будівництві та експлуатації житла залишаються конструкції із залізобетону. Міцність та надійність конструкцій досягає високого рівня в умовах заводського виробництва із застосуванням пластифікаторів та укладанням бетону відразу після приготування. Для монолітних конструкцій ця проблема не вирішена в зв'язку з втратами якості пластифікаторів, котрі втрачають свої властивості після двох годин приготування та укладання бетону. Стійкість конструктивної системи залежить від якості матеріалів та вузлових з'єднань конструкцій між собою. Особливо слід звернути увагу на експлуатацію в складних умовах, де нерівномірні деформації та сейсмічні впливи найбільш уражають вузли з'єднань, тому що зварне з'єднання не гарантує безпеку системи через руйнування швів. Так, аналіз руйнування конструкцій діями вибухових снарядів показав, що найбільш безпечними системами є каркасні з площею ураження  $S_{ur} \leq 2,5 \text{ м}^2$ . В складних умовах експлуатації найбільш безпечною конструктивно-каркасною системою є системи рамного типу з в'язепетльовими вузлами між колонами та ригелями. Конструкція вузла є такою, що в разі надмірних напружень в петльовій частині може виникнути пластичний шарнір, що має демпферні властивості. Застосування попередньо напруженої арматури в рамках з анкеруванням на крайні колони набагато покращує роботу конструкцій, особливо в умовах дії в сейсмічних зонах та при вибухах снарядів.

Конструктивна система з колонами та ригелями заводського виробництва є найбільш стійкою і міцною для застосування в майбутньому в багатоповерховому житловому будівництві.

3. Найбільш економічними показниками будівництва житла є панельне домобудування за умови державного фінансування будівельних комбінатів. В умовах ринкових відносин ця система не здатна конкурувати з меншими в декілька разів енерговитратами та будівельними матеріалами. При каркасній конструктивній системі є можливість застосовувати найбільш економічні матеріали: надміцні бетони та попередньо напружену арматуру, а для монтажу використовувати крани невеликої потужності. Зменшення ваги зовнішніх стін, перегородок суттєво впливає на вартість будівництва, так, що конструктивно-каркасні системи стають конкурентоздатними в порівнянні з великопанельними конструкціями. Питома площа будинку

$S_{pt} \geq 0,02 \text{ м/кН}$  є ознакою необхідності впроваджувати конструктивно-каркасні системи для будівництва житла. Необхідно зазначити, що основні резерви збільшення питомої площі ( $S_{pt}$ ) багатопверхових будинків знаходяться у каркасних конструктивних системах: у зовнішніх стінах, капітальних перегородках та застосуванні надміцних бетонів і попередньо напруженої арматури.

4. Для збереження міських територій під забудову доцільно впроваджувати реконструкцію будинків, що вже вичерпали термін нормативної експлуатації у 100-120 років. За цей період житлова площа будинку піддається декільком термінам морального старіння. Основні несучі конструкції за час нормальної експлуатації повинні зберігати резерв несучої здатності після проведення реконструкції і очікування наступного терміну експлуатації. Такі властивості мають конструкції із залізобетону, виготовлені у заводських умовах, що є найбільш доцільними для застосування в перспективному житловому будівництві.

На підставі аналізу роботи конструктивних систем та оцінці вимог критеріїв архітектурно-конструктивних рішень було розроблено нову каркасну рамно-пластинчасту систему[2]. Основою її стали збірні залізобетонні багатопрогонові рами з жорсткими вузлами в'язепетлевого типу. Крок рам та колон був прийнятий у 6,6×6,6 м. В ході розроблення проектною документацією на житлові будинки було передбачене ймовірне внесення змін у величину конструктивного кроку без додаткових витрат під час заводського виробництва. В такому разі конструктивна система стає гнучкою, що задовольняє вимоги П.1. критеріїв.

Найважливішою частиною конструкції рамних каркасів є в'язепетлеві вузли [13], які не потребують зварювальних робіт. Такі вузли суттєво відрізняються від існуючих особливістю роботи в складних умовах без втрати несучої здатності рам та систем в цілому. Конструкція вузла являє собою поєднання роботи верхньої розтягнутої арматури-в'язі, нижньої стиснутої арматури у вигляді петлевого анкерування та монолітного бетону, що створює жорсткий вузол з'єднання колони і ригеля [13]. Верхня розтягнута арматура-в'язь із різних видів арматури - звичайної, канатів, довгомірних напружених стрижнів - проходить через канали в колоні та поверху ригеля і анкерується на крайні колони [2]. Така конструкція армування дає можливість застосовувати попередньо напружену арматуру, але з меншим зусиллям напруження в межах 500-600 МПа. Нижня частина вузла складається із петлевих випусків колони і ригеля з розташуванням внапуск впритул між собою. Бетон для замонолічування середини петель має форму колоподібного циліндра. Бетонний циліндр з додаванням поперечної арматури при розтягуванні та дії поперечної сили  $V$  чинить опір, як чистий зсув. Міцність циліндра повинна бути однаковою з міцністю арматури петель, що його утворюють. Тобто:

$$(A_c \cdot f_{sk} + 0,6 A_s^n \cdot f_{tk}) \geq A_s \cdot f_{tk}, \quad (1)$$

де  $A_c$  - площа перерізу бетонного циліндра;  $f_{sk}$  - міцність бетону при чистому зсуві;  $A_s^n$  - площа перерізу поперечних стрижнів циліндра;  $f_{tk}$  - характеристичне значення міцності арматури на розтяг;  $A_s$  - площа перерізу арматури петлі.

Опір бетону на чистий зсув визначаємо згідно емпіричної формули[5]:

$$f_{sk} = k \sqrt{f_{ck} \cdot f_{ctk}}. \quad (2)$$

Для зменшення кількості випробувань на стиск і розтяг бетону пропонується відкоригувати формулу до спрощеного вигляду. У формулі міцність на розтяг міняємо на стиск. Згідно чинних норм ДБН В.2.6-98:2019[8] та EN1992-1-1:2004 [15] середньоарифметичне відношення між міцністю на стиск і розтягування для бетонів класу С 20/25 – С 40/50 становить: 13,34. Тобто відношення  $f_{ck} \div f_{ctk} = 13,34$ .

У формулі (2)

$$f_{sk} = k \sqrt{f_{ck} \frac{f_{ck}}{13,34}} = \frac{K \cdot f_{ck}}{13,34}. \quad (3)$$

Коефіцієнт  $K$  в залежності від класу бетону дорівнює:  $K=0,5-1$ . Приймаємо  $K=0,75$ .

$$f_{sk} = \frac{0,75 f_{ck}}{13,34} = 0,21 f_{ck}, \quad (4)$$

де  $f_{sk}$  – міцність бетону на чистий зсув;  $f_{ck}$  – характеристична міцність бетону.

В формулу (1) вносимо значення формули (4).

$$(0,21A_c \cdot f_{ck} + 0,6A_s^n \cdot f_{tk}) \geq A_s \cdot f_{tk}. \quad (5)$$

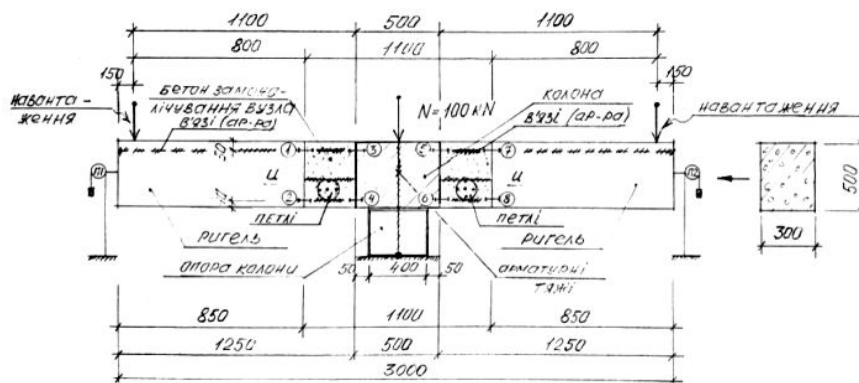
Міняючи міцнісні характеристики бетону із застосуванням керамзитобетону чи фібробетону можна досягти необхідних властивостей вузла, утворення пластичного шарніру з демпферними діями, особливо в сейсмічних районах та з нерівномірними деформаціями основ фундаментів [9]. Перед розробленням конструкцій системи було виконане натурне випробування чотирьох моделей в'язепетлевих вузлів. Три моделі випробували при розтягуванні в'язей,  $3\emptyset 22A500C$  з плечем моменту – 1100 мм. В арматурі виникали зусилля від дії плечевого моменту, поділеного на 0,3 м  $M_{11}:0,3$  м. Навантаження виконували з поступовим збільшенням від 60 кН до 270 кН кроками по 30 кН. Результати випробувань фіксували 10 приладами (див. схему на рис. 2 (а)). Після досягнення арматурою деформації за межею тимчасового опору  $G_e=600$  МПа не відбулось руйнування вузлів, чому сприяло петлеве з'єднання в стиснутій зоні, де виникає додатковий петлевий момент у вузлах. Четверту модель випробували на дію розтягування петлевого з'єднання. Після виникнення в арматурі петлі характеристичного напруження  $G_k=500$  Мпа дія домкратів зупинилася. Але при цьому не відбулось руйнування вузлів (рис. 2 (б) та 2 (в)).

Аналіз результатів випробування свідчить про те, що дана конструкція вузлів має резерв міцності на 20% більшої в порівнянні з розрахунковими.

В підсумку маємо: в'язепетлеві вузли [13], як новий тип з'єднань, забезпечує надійну роботу рам з жорсткими вузлами, можливим регулюванням міцності бетону та надає можливість впровадження їх у каркасну рамно-пластинчасту систему для будівництва житлових будинків нового покоління. Таким чином, завдяки здійсненню випробуванням міцності вузлів нової конструктивної системи було доведено, що розроблена пропозиція в'язепетлевих вузлів дозволяє отримати надійну і водночас економічну каркасну систему, яка забезпечує гнучкість архітектурно-конструктивної структури. Для запропонованої рамно-пластинчастої системи була прийнята умовна назва «РАПЛ» (від слів «рамно» та «пластинчаста»).

Архітектурно-конструктивна система «РАПЛ» була апробована при розробленні номенклатури 9-12-поверхових секцій широтної і меридіональної орієнтації. Структура останніх сформована з одно- і двокімнатних квартир, що відповідає сучасним потребам населення (див. рис. 3 (а)). Структуру секцій можна створювати на основі двох або трьох рядів рамних каркасів, що впливатиме на ширину корпусу і відповідно на площу квартир. Секції з двома рядами рам призначені для соціального житла, з трьома рядами – для комфортного (див. рис. 3 (а) і 3 (б)). На рис. 3 (в) також наведений один з прикладів структури широтної секції, побудованої на основі комбінації квартир в одному і двох рівнях. За цим принципом проектування можна значно збільшити площу широтних секцій, підвищити показники економічності планування та урізноманітнити фасадну композицію [3]. При застосуванні квартир з внутрішніми сходами структура секції відрізняється планами сусідніх поверхів, тому поверх з коридором спільного використання умовно позначений як поверх 0, вище коридорного поверху - як +1, а нижче коридорного -1. Існуючі на сьогодні обсяги 1-2-кімнатних квартир сприяють поширенню меридіональних секцій, що обмежує прийоми містобудівної композиції (рис. 4 (а)), але за допомогою каркасної системи «РАПЛ» можна також отримати секції складної конфігурації - поворотні, Т-подібні, трипроменеві, парноблочні та інші (рис. 4 (б)).

Переваги архітектурно-конструктивної структури на основі каркасу «РАПЛ» дозволяють застосовувати гнучке планування квартир з будь-якої кількості кімнат і особливо придатні для проживання інвалідів на візках, завдяки тому, що конструкція колон займає надзвичайно малу площу в перерізі (до  $50 \times 50$  см), а відстань між ними визначається необхідним рівнем комфорту. Отже, площа чарунки одно- або двокімнатної квартири є повністю вільною для зручного функціонального застосування (див. рис. 4 (в)). Взагалі чарунки по розмірах в осях можуть бути різними, їхній розмір не впливає на сутність рішення.



(a)



(б)



(в)

Рис. 2. Схема моделі каркасу, процес та наслідки випробування: (а) - схема моделі для випробування в'язепетлевих безконсольних вузлів ригелів та колон (варіант 1); (б) - випробування моделі каркасу з в'язепетлевими вузлами для визначення напружено-деформованого стану; (в) - стан моделі каркасу з в'язепетлевими вузлами після випробування

Треба мати на увазі, що структура житлового будинку, заснована на великопрогінних і великокрокових конструкціях з великими проміжками між опорами і малим розміром площі опор, також сприяє спрощенню конфігурації плану і фасадної пластики. Фасад стає одноманітним, невиразним, формується лише плоскими панелями з прорізами вікон без виступів. Це, з одного боку, підвищує економічність та теплоємність конструкції зовнішньої стіни, її стійкість в умовах сейсмічності, але водночас гірше за естетично-художньою якістю. Через це пропонується використовувати накладні деталі з легких матеріалів різної товщини і кольору, аби підкреслити структурність фасадів.

### Висновки і перспективи

1. Таким чином, в Україні була опрацьована школа швидкісного типового проектування й індустріального будівництва житла, яка дозволяла перетворити сферу домобудування на «монтаж з коліс», але вже у 1970-ті роки був обраний помилковий напрямок в конструктивній

системі, за яким було обрано вузький крок поперечних несучих стін, що обмежував гнучкість використання житлової площі та унеможлилював подальшу реконструкцію будинків відповідно зі зміненням вимог до планування та морального старіння.

2. Поширення монолітного каркасу в будівництві Незалежної України як альтернативи великопанельному домобудуванню виявило наступні недоліки: велика вартість, трудомісткість, тривалість спорудження, великі витрати матеріалів, застосування архітектурно-конструктивних рішень, схожих з масовим типовим будівництвом з його обмеженнями.

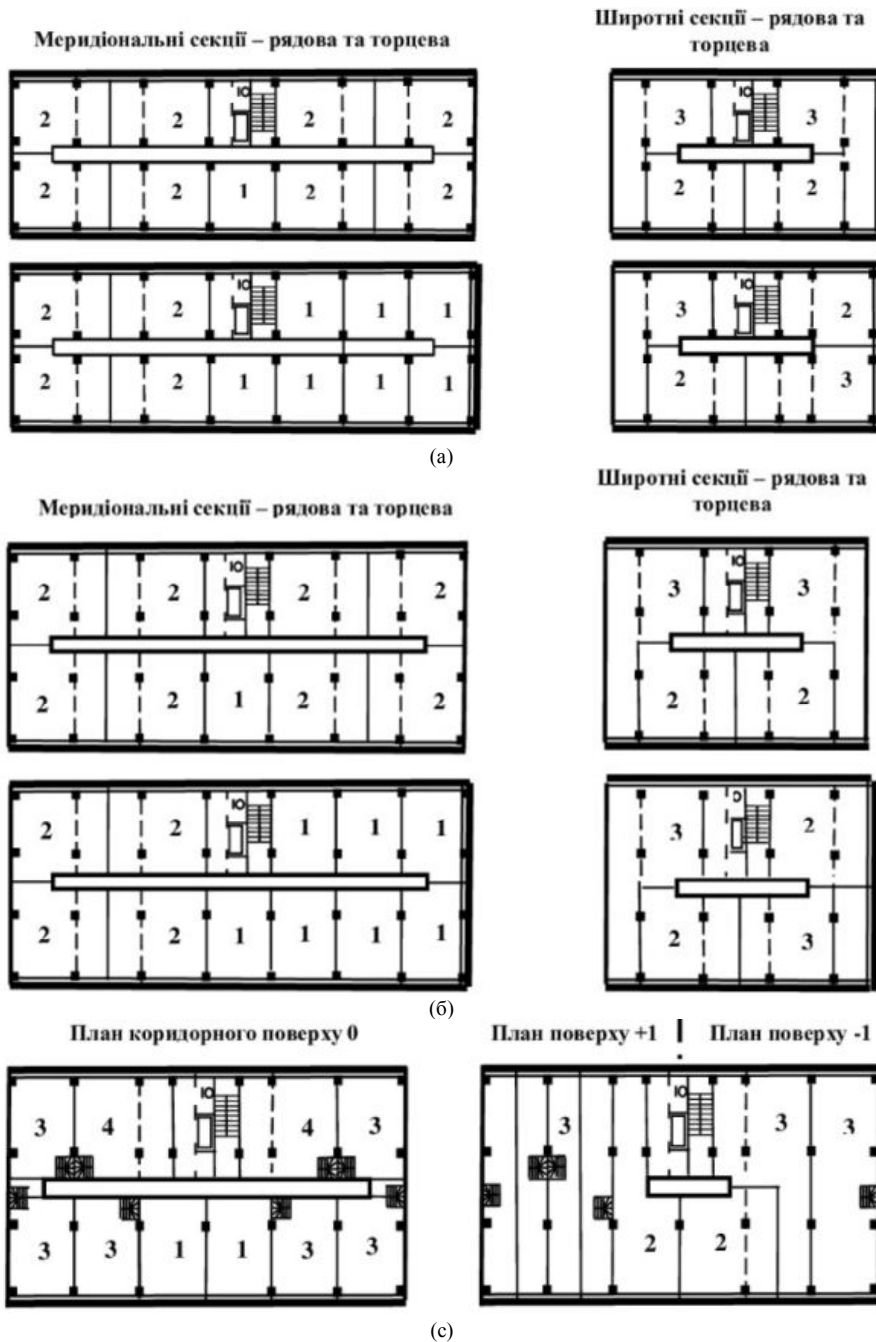


Рис. 3. Пропозиції номенклатури секцій з архітектурно-конструктивним каркасом «РАПЛ»: (а) - схеми планів секцій соціального житла; (б) - схеми планів секцій комфортного житла; (в) - схеми планів секцій комфортного житла широтної орієнтації з квартирами в одному і двох рівнях, автор Бачинська Л.Г.

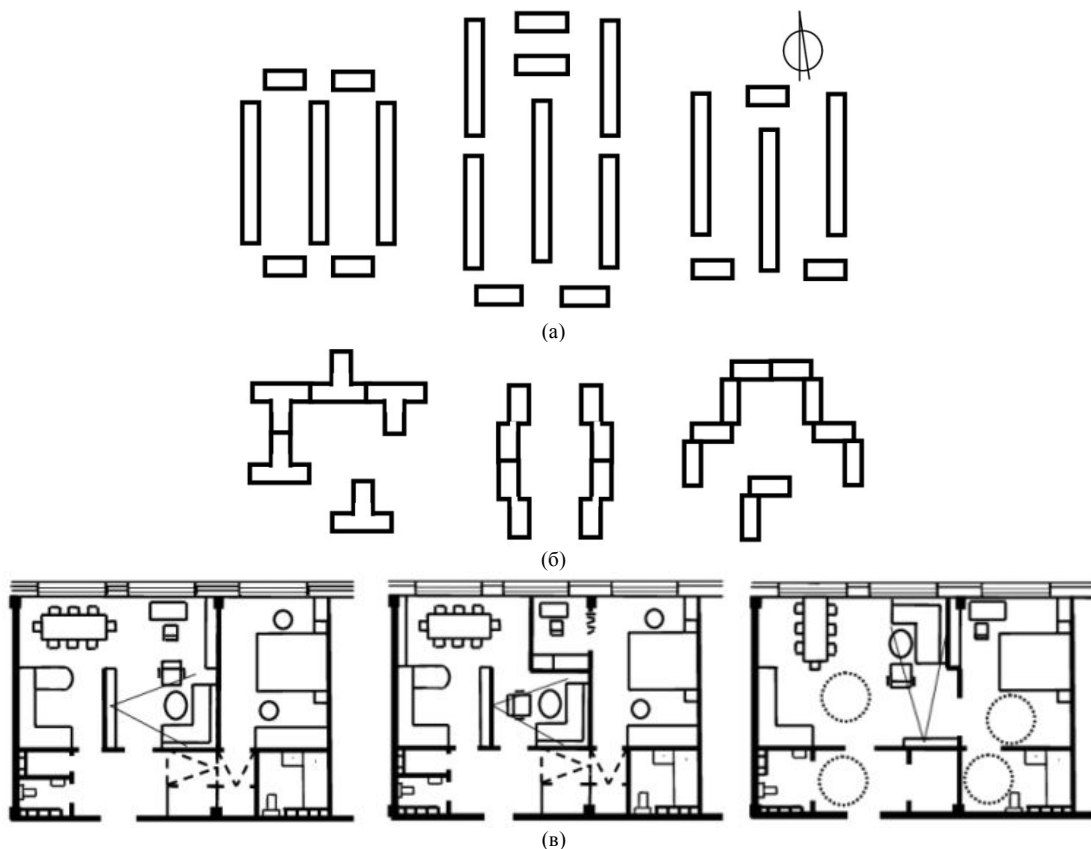


Рис. 4. Варіантність архітектурно-містобудівних рішень житлових будинків на основі каркасу «Рапл»: (а) - приклади містобудівної композиції забудови з секцій меридіональної та широтної орієнтації; (б) - приклади містобудівної композиції з секцій складної конфігурації - Т-подібних, парноблочних та з приєднанням «в кут»; (в) - приклади гнучкого планування двокімнатних квартир типу студіо, з дитячим альковом та для тих, хто пересувається на візках

3. В умовах військової агресії із застосуванням вибухових снарядів, в складних інженерно-геологічних умовах та сейсмічних зонах, котрі займають більшу частину території України, обидва напрямки будівництва житла не забезпечили надійну стійкість під час таких негативних проявів.

4. В зв'язку з вище зазначеним виникла необхідність пошуку інших шляхів з розроблення конструктивних рішень. А тому Бачинським В.В. була запропонована розробка нової збірно-каркасної рамно-пластинчастої системи з назвою «РАПЛ», котра суттєво відрізняється від існуючих – панельних, монолітних та збірно-каркасних – меншою в декілька разів вразливістю від дії вибухових снарядів та стійкістю при нерівномірних деформаціях основ фундаментів і сейсмічних впливів. Ця система є гнучкою та універсальною, що дозволяє без додаткових виробничих витрат змінювати крок колон і рам відповідно до архітектурно-планувальних умов, і завдяки чому такі конструктивні системи придатні для застосування в цивільних, промислових та захисних спорудах. В системі «РАПЛ» запропоноване застосування навісних стінових панелей з легких бетонів, тришарових типу «сендвіч», а також комбінованих з бетону та утеплювачів – пінополістиролу, мінеральної вати. Застосоване вузлове з'єднання колон з ригелями «в'язепетлевим способом» з відсутністю зварювання та армуванням попередньо напруженою арматурою робить рамну систему більш жорсткою та податливою властивістю аж до утворення пластичних шарнірів в петлевих бетонних циліндрах.

5. Система «РАПЛ» забезпечує гнучкість архітектурно-конструктивних рішень, вона є економічною, широкий крок опор та їх невеличка площа (може бути до 1% від вільного простору) надають можливості варіантного проектування відповідно до індивідуальних вимог мешканців. Тому така система є надійною і перспективною для подальших етапів використання в будівництві житла.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Бамбура А.М. та ін.* Проектування залізобетонних конструкцій. Посібник. – К.: НДІБК, 2018. – 239 с.
2. *Барашков А.А., Мурашко Л.А., Реминец Г.М.* Исследование деформативности железобетонных рам. – К.: Издательство «Будівельник», 1974. – 83 с.
3. *Бачинська Л.Г.* Архітектура житла (проблеми теорії та практики структуроутворення). – К.: «Грамота». - 2004. - 408 с. ISBN 966-8066-37-5.
4. *Бачинська Л.Г.* Архітектура житла України середини ХХ – початку ХХІ століть (історико-аналітичний нарис): навчальний посібник. / Л.Г.Бачинська. – К.: КНУБА, 2016. – 292 с. - Розділ 2 і Розділ 3.
5. *Гольшєв А.Б., Бачинский В.А., Полищук В.П.* Железобетонные конструкции. Том 1. Сопrotивление железобетона. К.: Издательство «Логос», 2001. – 418 с. – С. 34-36.
6. ДБН В.2.6-98: 2019. Бетонні та залізобетонні конструкції. К.: Мінрегіонбуд, 2019.
7. ДБН В.1.2.-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: Мінрегіонбуд, 2018.
8. ДБН В.2.1.-10-2009. Основи та фундаменти споруд. – К.: Мінрегіонбуд, 2009.
9. *Кривенко П.В. та ін.* Будівельне матеріалознавство (рос. мовою). – К.: ТОВ «Основа», 2007. – 698 с. - С. 368, 394-395.
10. *Кривошеєв П.І.* Розвиток залізобетонних будівельних конструкцій в Україні/Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник, Вип. 50. Друга всеукраїнська науково-технічна конференція «Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону». Збірник наукових праць. Київ. 31 травня-4 червня 1999. – Київ: НДІБК, 1999. – 593 с. - С. 10-11.
11. *Мордич А.І., Бєлєвич В.Н.* Работа многорототных плит в составе сборно-монолитного диска перекрытия каркаса МВБ-01 / Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник, Вип. 50. Друга всеукраїнська науково-технічна конференція «Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону». Збірник наукових праць. Київ. 31 травня-4 червня 1999. – Київ: НДІБК, 1999. – 593 с. - С. 177-183.
12. *Немчинов Ю.И.* Сейсмостойкость зданий и сооружений. Монография. – К.: ФОП Гудименко С.В., - 478 с. – С. 279-281.
13. Патент на корисну модель №155158 «Стикове в'язопетлеве з'єднання елементів залізобетонного каркаса будівлі». Зареєстроване в Державному реєстрі України корисних моделей 24.01.2024. Автор Бачинський В.В.
14. *Репин Ю.Г.* Архитектура жилища. – К.: КП НИИСЭП – ИПЦ «Тираж», 2023. – 280 с.
15. *Konrad Zilch, Gerhard Zehetmaier.* Bemessung im konstruktiven Betonbau. Nach DIN 1045-1 (Fassung 2008) und EN 1992-1-1 (Eurocode 2). - Springer, 2010. - 627 st. – St. 69.

## REFERENCES

1. *Bambura A.M. et al.* Projektuvannya zalizobetonnykh konstruktсий. Posibnyk. (Design of reinforced concrete structures. Manual), K.: NDIBK, 2018, 239 p.
2. *Barashkov A.A., Murashko L.A., Remynets H.M.* Yssledovanye deformatyvnosti zhelezobetonnykh ram. (Investigating the deformability of reinforced concrete frames), K.: Yzdatelstvo «Budivelnik», 1974, 83 p.
3. *Bachynska L.H.* Arkhitektura zhytla (problemy teorii ta praktyky strukturoutvorenya). (Housing Architecture (Problems of Theory and Practice of Structural Formation). K.: «Hramota», 2004, 408 p., ISBN 966-8066-37-5.
4. *Bachynska L.H.* Arkhitektura zhytla Ukrayiny sereyny XX –pochatku XI stolit (istoryko-analytichnyy narys): navchalnyy posibnyk. (Residential architecture of Ukraine in the mid-20th – early 21st centuries (historical and analytical essay): textbook). L.H.Bachynska. K.: KNUBA, 2016, 292 p., Rozdil 2 i Rozdil 3.
5. *Holishev A.B., Bachynskiy V.A., Polyshchuk V.P.* Zhelezobetonnye konstruktсий. Tom 1. Soprotyvlyenye zhelezobetona. (Reinforced concrete structures. Volume 1. Resistance of reinforced concrete). K.: Yzdatelstvo «Lohos», 2001, 418 p., P. 34-36.
6. *DBN V.2.6-98: 2019.* Betonni ta zalizobetonni konstruktсий. (Concrete and reinforced concrete structures). K.: Minrehionbud, 2019.
7. *DBN V.1.2.-14-2018.* Zahalni pryntsyipy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktuyvnoi bezpeky budivel, sporud, budivelnykh konstruktсий ta osnov. (General principles for ensuring the reliability and structural safety of buildings, structures, building structures and foundations). K.: Minrehionbud, 2018.
8. *DBN V.2.1.-10-2009.* Osnovy ta fundamenti sporud (Fundamentals of buildings). K.: Minrehionbud, 2009.
9. *Kryvenko P.V. et al.* Budivelnne materialoznavstvo (Construction Materials Science) (rus. mov.). K.: TOV «Osnova», 2007, 698 p., P. 368, 394-395.
10. *Kryvosheiev P.I.* Rozvytok zalizobetonnykh budivelnykh konstruktсий v Ukraini (Development of reinforced concrete building structures in Ukraine). Budivelni konstruktсий. Mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyi zbirnyk (zasnovanyi u 1963 rotsi), Vyp. 50. Druha vseukrainska naukovo-tekhnichna konferentsiia «Naukovo-tekhnichni problemy suchasnoho zalizobetonu». Zbirnyk naukovykh prats. Kyiv. 31 travnia-4 chervnia 1999. Kyiv: NDIBK, 1999, 593 p., P. 10-11.
11. *Mordych A.Y., Belevich V.N.* Rabota mnogorototnykh plyt v sostave sborno-monolytnoho dyska perekrytiya karkasa MVB-01 (The work of multi-hollow plates as a part of a prefabricated monolithic disk of the framework of the MVB-01 ceiling) / Budivelni konstruktсий. Mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyi zbirnyk, Vyp. 50. Druha vseukrainska naukovo-tekhnichna konferentsiia «Naukovo-tekhnichni problemy suchasnoho zalizobetonu». Zbirnyk naukovykh prats. Kyiv. 31 travnia-4 chervnia 1999. Kyiv: NDIBK, 1999, 593 p., P. 177-183.
12. *Nemchnov Yu.Y.* Seismostoikost zdaniy u soorzheniy. Monohrafyia. (Seismic resistance built and constructed. Monograph). K.: FOP Hudymenko S.V., 478 p., P. 279-281.
13. Patent na korysnu model №155158 «Stykove viazopetlove ziednannya elementiv zalizobetonnoho karkasa budivli». (Utility model patent No. 155158 “Butt joint of reinforced concrete frame elements of a building”) Zareiestrovane v Derzhavnomu reiestri Ukrainy korysnykh modelei 24.01.2024. Avtor Bachynskiy V.V.
14. *Repin Yu.H.* Arkhitektura zhylyshcha. (Architecture of housing). K.: KP NYYSЭP – YPTs «Tyrazh», 2023, 280 p.
15. *Konrad Zilch, Gerhard Zehetmaier.* Bemessung im konstruktiven Betonbau. Nach DIN 1045-1 (Fassung 2008) und EN 1992-1-1 (Eurocode 2). Springer, 2010, 627 p., P. 69.

*Бачинський В.В., Бачинська Л.Г.*

### **ГНУЧКА АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНА ЗБІРНА КАРКАСНА СИСТЕМА ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ТИПУ «РАПЛ»**

Стаття присвячена розробці збірних, каркасних рамно-пластинчастих систем для будівництва житла в Україні. В наслідок попереднього аналізу каркасних систем було виявлено недоліки як в індустріальному збірному домобудуванні, так і в монолітному та каркасному – це вузький крок несучих стін або пілонів, що не дозволяє здійснювати реконструкцію, проєктувати з планувальними варіантами. В умовах війни при дії вибухових снарядів, а також у складних інженерно-геологічних умовах та сейсмічних районах виявляється недостатня стійкість конструкцій, відбувається крихке руйнування вузлових з'єднань плит перекриття з колонами. Тому було розроблено систему «РАПЛ» для будівництва житла для звичайних і складних умов, яка забезпечує міцність та стійкість несучих конструкцій, є економічною, дозволяє вільно і з різноманітними варіантами використовувати площу квартир та є придатною для перспективного розвитку житлового будівництва, враховуючи можливості реконструкції забудови. Система «РАПЛ» придатна для використання в складних умовах експлуатації, є найбільш безпечною конструктивно-каркасною системою рамного типу з в'язепетливими вузлами між колонами та ригелями. В'язепетливі вузли є найважливішою частиною конструкції рамних каркасів, які не потребують зварювальних робіт. В системі «РАПЛ» застосовано попередньо напружену арматуру в рамках з анкеруванням на крайні колони, що набагато покращує роботу конструкцій, особливо в умовах дії в сейсмічних зонах та при вибухах снарядів. Така архітектурно-конструктивна система забезпечує гнучкість архітектурно-планувальних рішень.

**Ключові слова:** архітектурно-конструктивна система, рамно-пластинчаста система, в'язепетливі вузли, гнучкість архітектурно-конструктивного рішення, номенклатура секцій.

*Bachynskiy V.V., Bachynska L.G.*

### **FLEXIBLE ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTIVE PREFABRICATED FRAME SYSTEM OF RESIDENTIAL HOUSES OF THE "RAPL" TYPE**

The article is devoted to the development of prefabricated, frame frame-plate systems for housing construction in Ukraine. As a result of the preliminary analysis of frame systems, shortcomings were identified in both industrial prefabricated housing construction and monolithic and frame - this is a narrow gap between transverse load-bearing walls or pylons, which does not allow for reconstruction, design with planning options. In wartime, under the influence of explosive shells, as well as in difficult engineering and geological conditions and seismic areas, insufficient stability of structures is revealed, brittle destruction of nodal connections of floor slabs with columns occurs. Therefore, the "RAPL" system was developed for housing construction for ordinary and difficult conditions, which ensures the strength and stability of load-bearing structures, is economical, allows free and diverse use of the area of apartments and is suitable for the prospective development of housing construction, taking into account the possibilities of reconstruction of the building. The "RAPL" system is suitable for use in difficult operating conditions, it is the safest structural and frame system of the frame type with loop joints between columns and crossbars. Loop joints are the most important part of the frame frame design, which do not require welding. The "RAPL" system uses pre-stressed reinforcement in the frames with anchoring to the outer columns, which greatly improves the operation of structures, especially in seismic zones and during shell explosions. Such an architectural and structural system provides flexibility in architectural and planning solutions.

**Keywords:** architectural and structural system, frame-plate system, looped joints, flexibility of architectural and structural solution, nomenclature of residential buildings.

УДК 69.07; 728

*Бачинський В.В., Бачинська Л.Г.* Гнучка архітектурно-конструктивна збірна каркасна система житлових будинків типу «РАПЛ» // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірн. – К.: КНУБА, 2026. – Вип. 116. – С. 383-392.

*Розглядається нова конструктивна каркасна збірна в'язепетлева рамна система для перспективного будівництва багатопверхового житла в Україні.*

Іл. 4. Бібліогр. 15 назв.

UDC 69.07; 728

*Bachynskiy V.V., Bachynska L.G.* Flexible architectural and structural prefabricated frame system of residential buildings of the "RAPL" type // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-&-Technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2026. – Issue 116. - P. 383-392.

*Is considered the new structural framework system for perspective building of multistory accommodation in Ukraine.*

Figs. 4. Refs. 15.

**Автор:** Заслужений Будівельник України, голова атестаційної екзаменаційної комісії по освітній програмі: «Промислове і цивільне будівництво» БАЧИНСЬКИЙ Василь Васильович

**Адреса:** 03037 Україна, м. Київ, Повітряних Сил проспект 31, Київський національний університет будівництва і архітектури, БАЧИНСЬКОМУ Василю Васильовичу

**E-mail:** v.v.bachynskiy@ukr.net

**ORCIDID:** <http://orcid.org/0009-0004-7426-4049>

**Автор:** кандидат архітектури, доцент, професор кафедри основ архітектури та архітектурного проєктування БАЧИНСЬКА Людмила Георгіївна

**Адреса:** 03037 Україна, м. Київ, Повітряних Сил проспект 31, Київський національний університет будівництва і архітектури, БАЧИНСЬКІЙ Людмилі Георгіївні

**Роб. тел.:** +38(044) 245-48-41

**E-mail:** bachynska.lg@knuba.edu.ua

**ORCIDID:** <http://orcid.org/0000-0002-6942-5627>