

УДК 725

канд. техн. наук Гетун Г.В., канд. техн. наук Кушніренко М.Г.,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ БАГАТОПОВЕРХОВИХ КАРКАСНО-МОНОЛІТНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ЗІ СТІНАМИ ПІДВИЩЕНОГО РІВНЯ ТЕПЛОЗБЕРЕЖЕННЯ

Розглядаються питання конструктивних рішень каркасно-монолітних багатоповерхових житлових будинків із стінами підвищеного теплозбереження. Зроблені висновки, що будівництво сучасного житла є складною багатофункціональною задачею, яка включає нестандартні методи проектування будівель, впровадження архітектурно-планувальних новацій і сучасних методів розрахунку несучих конструкцій із урахуванням діючих в Україні державних будівельних норм.

Будівельні системи каркасно-монолітних житлових будинків підвищеної поверховості складають: несучі безригельні каркаси з плитними перекриттями із монолітного залізобетону; монолітні або збірні залізобетонні стрічкові, плитні або пальові фундаменти; монолітні або частково цегляні внутрішні стіни сходово-ліфтових вузлів із збірними або монолітними залізобетонними сходовими маршами та площадками; ненесучі зовнішні цегляні багат шарові стіни фахверкового типу з ефективним утеплювачем, які спираються на міжповерхові перекриття.

Для сучасних житлових будинків підвищеної поверховості раціональною конструктивною системою є монолітний залізобетонний безригельний каркас з монолітними дисками перекриттів та покриття, у якого обмежена кількість вертикальних несучих опор (колон, пілонів, коротких і довгих стін) забезпечує вільне планування квартир покращеного планування.

Розрахункова схема каркасно-монолітної будівлі включає встановлення об'ємно-планувальних параметрів умовного багатоповерхового рамного каркаса та визначення розмірів його несучих елементів, які сприймають вертикальні та горизонтальні навантаження. При складанні розрахункових схем таких будівель приймають до уваги, що наявність безригельних залізобетонних перекриттів забезпечує розподіл горизонтальних навантажень між умовними рамами, розташованих у взаємно перпендикулярних напрямках.

Каркасно-монолітні багатоповерхові будівлі проектують за жорсткими конструктивними схемами. В монолітних дисках перекриттів безригельного каркаса виділяються міжколонні смуги з відповідно більшим їх армуванням робочою поздовжньою та поперечною розподільчою арматурою, що враховує

нерівномірний розподіл зусиль у товщі плити. При виготовленні плоскої залізобетонної монолітної плити перекриття створюються також жорсткі вузли з'єднання її з вертикальними несучими опорами. У цих місцях плита підсилюється додатковими поздовжніми та поперечними стрижнями, які сприймають значні зусилля, що передаються від плити на опори, та перешкоджають її місцевому продавлюванню.

Каркасно-монолітні житлові будинки висотою більше 73,5 м відносяться до висотних будівель [3, 10]. Важливим поняттям, яке характеризує вимоги до конкретних будівель при їх проектуванні, є клас будівлі за відповідальністю [8]. Багатопверхові каркасно-монолітні житлові будинки з невеликими розмірами планів, при відношенні висоти до ширини більше або дорівнює 5 відносяться до I класу будівель за відповідальністю. А тому при розрахунках ґрунтових основ, фундаментів і несучих конструкцій висотних каркасно-монолітних житлових будинків за першою та другою групами граничних станів необхідно вводити коефіцієнти надійності за відповідальністю $\gamma_n = 1,4 \dots 1,2$. Не рекомендується будувати такі будинки в районах проявів карстової безпеки, зсувних явищ, наявності пливунів, просідаючих ґрунтах груп складності 2-А, 2-Б, 2-В і 1-А та інших небезпечних процесів [3].

Зважаючи на те, що 68% території України знаходиться на просідаючих ґрунтах, а будівельні майданчики у Києві ускладнюються ще й пагорбкуватим і розчленованим рельєфом та необхідністю враховувати при проектуванні будівель I класу відповідальності сейсмічних навантажень, при проектуванні багатопверхових каркасно-монолітних будівель передбачають впровадження комплексу заходів для покращення умов роботи їх несучих остовів. Одним із них є проектування будівель із рівномірним розподілом жорсткостей, як у плані, так і за висотою, тобто – із симетричними об'ємно-планувальними рішеннями.

Відомо, що псевдосиметрія або асиметрична компоновка несучих елементів у будівлях приводить до концентрації напруг біля елементів із більшою жорсткістю та закручуванню будівлі навколо них. Концентрація напруг – це різке збільшення напруг, яке виникає в місцях різкої зміни форми будівлі або споруди: біля країв прорізів, у вхідних кутах, при неоднорідній структурі матеріалу тощо. Зони концентрації напруг найбільше перевантажені, а тому саме в них починаються пластичні деформації та руйнування.

Виходячи з цього проектування будівель за жорсткою конструктивною схемою передбачає об'єднання її несучих елементів у єдину просторову систему з виключенням можливостей взаємного переміщення окремих елементів несучих конструкцій при деформаціях основи. Для цього необхідно: надавати будівлям компактної у плані конфігурації, симетрично та рівномірно

розташовувати внутрішні вертикальні несучі конструкції із нормуванням відстаней між ними; розчленовувати будівлі з великою площею забудови за допомогою деформаційних швів на окремі відсіки, що працюють незалежно; підвищувати загальну просторову жорсткість будівель за допомогою встановлення вертикальних діафрагм та блоків жорсткості; підсилювати окремі елементи несучих конструкцій та зв'язків між ними (додатково армувати); підсилювати фундаментно-підвальну частину будівель шляхом влаштування фундаментів у вигляді монолітних суцільних плит, перехресних балок, балок-стінок, пальових фундаментів тощо.

Конструкції каркасно-монолітних багатоповерхових будівель проектують як елементи єдиної просторової системи для сприйняття зусиль від навантажень, що діють на них, та нерівномірних деформацій ґрунтових основ. Вертикальна стійкість багатоповерхових каркасно-монолітних будівель у поперечному та поздовжньому напрямках забезпечується: надійним з'єднанням вертикальних несучих конструкцій (колон, пілонів, коротких та довгих стін) з фундаментами; жорстким з'єднанням міжповерхових перекриттів та покриття з вертикальними несучими конструкціями; влаштуванням при необхідності між колонами вертикальних зв'язків у вигляді довгих монолітних стін (діафрагм жорсткості). Вертикальні зв'язки, що забезпечують просторову стійкість багатоповерхової будівлі або його деформаційного відсіку, групують у середній частині будівлі або відсіку у вигляді просторових блоків жорсткості, в яких розміщують сходові клітки та ліфтові шахти. Для забезпечення спільної роботи каркаса та просторових блоків жорсткості підсилюють вузли з'єднання їх з перекриттями, що забезпечує більшу жорсткість всієї конструктивної системи в горизонтальній площині.

Граничні розміри довжини і ширини відсіків каркасної багатоповерхової будівлі визначають у залежності від розрахункових величин деформацій ґрунтових основ. Конструктивно максимальні відстані між температурними швами, які допускаються при зовнішній температурі не нижче -40°C не повинні перевищувати 50...60 м.

Осадочні шви передбачають у тих випадках, коли очікують нерівномірні осідання суміжних частин будівлі: при різних за величиною та характером навантажень на ґрунтові основи; при значній різниці висот суміжних частин будівлі; на межі різнорідних ґрунтів основ під фундаментами тощо.

Осадочні шви між відсіками проектують у виді спарених рам із колон, пілонів, коротких або довгих стін, на які жорстко спираються безригельні конструкції міжповерхових плит перекриттів та плити покриття. Утворені зазори швів перекривають металевими компенсаторами із закладанням у шви еластичних заповнювачів (пороізол, поролон, макропориста гума тощо).

Осадочні шви ділять по вертикалі всі конструкції будівель, включаючи фундаменти, і допускають самостійне осідання окремих її об'ємів. Впливи від нерівномірних деформацій просідаючих ґрунтових основ сприймаються жорсткою фундаментно-підвальною частиною, яку в місцях розташування осадочних швів розділяють на самостійно працюючі об'єми з використанням елементів із оцинкованого сталевих листа Pentaflex KB німецьких виробників.

У наземних конструкціях каркасно-монолітних багатоповерхових будівель сприйняття та перерозподіл вертикальних та горизонтальних навантажень здійснюється монолітними залізобетонними безригельними плитами перекриття та покриття, які жорстко з'єднані з вертикальними несучими конструкціями будівлі рамної конструктивної системи. Відстані між серединами поперечних умовних ригелів в одному напрямі та між осями жорстко з'єднаних з ними вертикальних опор у другому напрямі є розрахунковими взаємно перпендикулярними прогонами.

Розрахунок безригельних каркасів з монолітними плоскими перекриттями здійснюють методом замінних рам, утворених у поздовжньому та поперечному напрямках рядами вертикальних опор і умовними ригелями плит. Визначення зусиль в елементах замінної рами здійснюють із умов розрахунку рами в пружній стадії роботи. При цьому враховують нерівномірний розподіл згинаючих моментів за шириною умовного ригеля, який працює як нерозрізна багатопрогонова конструкція з моментами на опорах значно більшими ніж у прогонах. Розрахунок вузлового з'єднання умовного ригеля плоскої плити з вертикальними опорами здійснюють на згин та зріз (за контуром критичного перерізу) від дії моменту та поздовжньої сили, які передаються від вертикальної опори на плиту.

Залізобетонний каркас багатоповерхової будівлі розраховують за критеріями I та II груп граничних станів. Такий каркас є багатократно статично невизначеною системою, тому точний розрахунок його виконують з допомогою персональних обчислювальних машин із використанням стандартних програм. Це дозволяє відмовитись від спрощених передумов та в повній мірі враховувати в розрахунках ефект просторової роботи каркаса будівлі. В Києві в науково-дослідному інституті НДІАБ розроблений комплекс програм "Ліра", в основу якого покладений метод скінчених елементів, який використовують для виконання таких розрахунків.

При розрахунках та конструюванні будівель висотою більше 72,5м необхідно виконувати вимоги забезпечення необхідної жорсткості будівель від вітрових горизонтальних навантажень, а саме: горизонтальні переміщення верху будівлі не повинні бути більше $1/500$ її висоти, а прискорення коливань перекриттів його верхніх поверхів не більше $0,08 \text{ м/с}^2$. При проектуванні таких

багатоповерхових будівель виконується розрахунок будівлі на безпеку від прогресуючого обвалення в умовах надзвичайних ситуацій не тільки в сталому, але й в аварійному режимах, коли, наприклад, одна із колон та прилегла до неї ділянка перекриття або стіни зруйновані.

Проектування несучих конструкцій багатоповерхових каркасно-монолітних будівель виконують за наступною схемою:

- на основі аналізу проектів-аналогів будівель, які за своїми параметрами відповідають технічному завданню на проектування, вибирають конструктивну схему будівлі, призначають матеріали несучих та огорожувальних конструкцій;

- виконують компоновку конструктивної схеми, призначають типи перерізів основних несучих елементів каркаса, визначаються з вузлами і монтажними з'єднаннями;

- призначають розрахункову схему, визначають навантаження та впливи, задаються в першому наближенні перерізами елементів каркаса та їх жорсткостями. Розміри перерізів та їх жорсткості призначають на основі орієнтовних розрахунків;

- виконують статичні розрахунки на всі навантаження, знаходять розрахункові сполучення зусиль і визначають внутрішні зусилля в елементах каркаса, а також знаходять переміщення від нормативних навантажень та оцінюють роботу будівлі за другою групою граничних станів;

- розрахунком на сприйняття зусиль від зовнішніх навантажень знаходять площу перерізу робочої поздовжньої розтягнутої та стиснутої арматури. У відповідності з конструктивними та технологічними міркуваннями призначають поперечну, розподільчу, монтажну та непряму арматуру;

- підбирають розміри перерізів елементів несучих конструкцій, перевіряють їх міцність та стійкість, перевіряють відповідність жорсткостей елементів заданим у першому наближенні. Якщо вони відрізняються від розрахункових більше ніж на 30%, всі розрахунки повторюють, прийнявши у другому наближенні знайдені значення жорсткостей;

- виконують конструювання та розрахунки вузлів, з'єднань та приступають до розробки робочих креслень.

Монолітні залізобетонні рами багатоповерхових будівель складаються із вертикальних несучих елементів (колон, коротких та довгих стін), які працюють на стиск, і елементів перекриття, які працюють на згин. Ці елементи конструюють у відповідності з правилами конструювання колон, балок та плит. Відмінна особливість рам у конструктивному відношенні – це наявність жорстких вузлів, які є відповідальною частиною багатоповерхових монолітних рам. Їх конструкція повинна створювати передбачену розрахунком жорсткість,

безпечне сприйняття діючих зусиль і, крім того, вона повинна бути технологічною та зручною для зведення будівлі.

Розміри поперечних перерізів вертикальних та горизонтальних несучих елементів каркасно-монолітних будівель визначають за їх розрахунковою здатністю. Вони залежать від висоти будівлі, розмірів прогонів, класу бетону тощо. У певній мірі на остаточне призначення цих розмірів впливають модульні розміри інвентарних опалубок, які використовуються для виготовлення цих монолітних конструкцій.

У каркасно-монолітних житлових будинках товщина монолітної залізобетонної плоскої плити перекриття при прогонах між опорами 6...8 м складає 160...200 мм (приблизно 1/35 прогону). До речі стандартні збірні плити перекриттів суцільного перерізу, що спираються по контуру, мають теж товщину 160 мм. У житлових будинках доцільно використовувати такі важкі міжповерхові перекриття, тому що вони покращують звукоізоляцію, перешкоджають розповсюдженню повітряного шуму.

Фундаменти каркасно-монолітних будівель залежно від їх поверховості (висоти), наявності в них підземних поверхів та від гідро-геологічних характеристик будівельного майданчику проектують із просторової структури монолітних залізобетонних перехресних балок, влаштованих на монолітних стрічкових фундаментах або на суцільній залізобетонній фундаментній плиті. Найчастіше, в умовах будівництва м. Києва фундаментами каркасно-монолітних будівель є монолітні залізобетонні фундаментні плити суцільного перерізу висотою 1500...1800 мм та вертикальні монолітні залізобетонні зовнішні стіни підземних поверхів, які виконують функції підпірних "стін в ґрунті". В разі необхідності проектують пальові фундаменти із передачею навантаження від конструкцій будинків через фундаментні ростверки та систему паль-стояків на міцні ґрунтові основи.

Таким чином, будівельні системи багатоповерхових каркасно-монолітних житлових будинків складають: несучі безригельні каркаси з перекриттями із монолітного залізобетону; монолітні стрічкові, пальові або плитні фундаменти; зовнішні цегляні ефективно утеплені стіни фахверкового типу, несучі або самонесучі стіни тієї ж конструкції.

Просторова жорсткість сучасних багатоповерхових житлових будинків з повним безригельним каркасом забезпечується монолітним з'єднанням залізобетонних перекриттів, що виконують роль горизонтальних діафрагм, з вертикальними несучими опорами залізобетонного каркаса (колонами і короткими стінами) та з жорсткими стіновими просторовими структурами сходово-ліфтових вузлів. Кам'яні зовнішні стіни, ослаблені віконними та балконними прорізами, які спираються на перекриття, несуттєво впливають на

просторову жорсткість таких будинків, а тому в розрахункових схемах рам враховується лише вертикальна складова від їх власної ваги.

Сучасні каркасно-монолітні житлові будинки порівняно з будинками традиційних конструктивних та будівельних систем мають суттєві переваги:

- підвищена міцність та просторова жорсткість несучих остовів каркасно-монолітних будинків дозволяє зводити їх висотою до 30-ти і більше поверхів не тільки в звичайних, а і в сейсмічних районах та на просідаючих ґрунтах;

- підвищена поверховість та компактність планів каркасно-монолітних будинків баштового типу дозволяє раціонально використовувати для забудови невеликі за площею та високі за собівартістю ділянки в привабливих районах міста, створюючи містобудівельні акценти в міській забудові;

- осоловості конструктивно-просторового рішення безригельного каркаса з рідким розташуванням вертикальних несучих опор дозволяє реалізувати в каркасно-монолітних житлових будинках принцип вільного планування квартир з метою поліпшення їх якості;

- ефективні теплозахисні рішення зовнішніх стін в каркасно-монолітних будинках відповідають сучасним підвищеним вимогам теплозбереження;

- підвищена поверховість каркасно-монолітних будинків та різноманітність пластичного та фактурно-кольорового рішення їх фасадів сприяє покращенню естетичних якостей міської забудови.

Література

1. Гетун Г.В. Основи проектування промислових будівель. – К.: КОНДОР, 2003, 208 с.
2. ДБН В.1.1-5-2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. – К., 2000.
3. ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К., 2003.
4. ДБН В.2.2-15-2005. Житлові будинки. Основні положення. – К.: Держбуд України, 2005. – 36 с.
5. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. – К.: Мінбуд України, 2006. – 60 с.
6. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінбуд України, 2006. – 65 с.
7. ДБН В.1.1-12:2006. Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінбуд України, 2006. – 82 с.
8. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

9. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с.

10. ДБН В.2.2-24:2009. Проектування висотних житлових і громадських будинків. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 103 с.

АНОТАЦІЯ

Рассматриваются вопросы конструктивных решений каркасно-монолитных многоэтажных жилых зданий со стенами повышенного теплосбережения. Сделаны выводы, что строительство современного жилья является сложной многофункциональной задачей, которая включает нестандартные методы проектирования зданий, внедрения архитектурно-планировочных новаций и современных методов расчета несущих конструкций с учетом действующих в Украине строительных норм и правил.

Annotation

Peculiarities of the design scheme research of the framework-monolithic many-storeyed dwelling houses.