УДК 72.012.27+728.27+725

Г.В.Кузьміна,
доцент каф. інформаційних технологій в архітектурі КНУБА

КОНСТРУКТИВНА ОРГАНІЗАЦІЯ ВИСОТНИХ СПОРУД

Анотація: розглядаються питання конструктивної організації висотних споруд. Аналізуються фактори, які впливають на розрахунок та вибір певної конструктивної схеми в залежності від висотності будівлі. Розглянуто різні конструктивні системи висотних об'єктів.

Ключові слова: конструктивна організація висотних споруд, міцність та стійкість несучих конструкцій та елементів висотного будинку, раціональні форми висотних об'єктів.

Одним з вагомих напрямків сучасної містобудівної діяльності є зведення висотних будівель. Їх проектування та будівництво здійснюється в рамках експерименту, під постійним державним наглядом, з залученням базових наукових установ будівельної галузі України.

Одним з головних аспектів проектування, будівництва та експлуатації висотних будівель є забезпечення їх міцності, надійності та безпеки. Кожен висотний об'єкт являє собою складну конструктивну систему з великою кількістю інженерних комунікацій високої технічної складності, при вирішенні та розрахунку якої враховуються такі особливості, як:

- високе навантаження на несучі конструкції;
- високе значення горизонтальних (у першу чергу, вітрових) навантажень;
- проблеми забезпечення спільної роботи в несучих конструкціях таких матеріалів, як сталь і бетон, а також неоднаково навантажених елементів конструкцій, наприклад, колон і стін;
- підвищена значущість впливу ряду природних (сейсмічних, атмосферних, аеродинамічних) і техногенних факторів (вібрації, шуми, аварії, пожежі, диверсійні акти, локальні руйнування) на безпеку експлуатації об'єкту;
- підвищені вимоги пожежного та інших видів безпеки [1].

Питаннями, які пов'язані з конструктивною будовою та її безпекою займаються науково-дослідні інститути країни, такі як НДІ будівельних конструкцій, НДІ будівельного виробництва, НДІ пожежної безпеки. Фахівцями проводяться дослідження щодо розрахункових моделей висоток, виготовлення та випробування макетів у аеродинамічній трубі з метою визначення вітрових навантажень та коливань, розробляється та впроваджується методика моніторингу конструкцій під час будівництва та

експлуатації, виготовляються зразки основних несучих конструктивних елементів і випробуються на вогнестійкість.

Конструктивна система висотного будинку повинна забезпечити міцність і стійкість несучих конструкцій та елементів висотного будинку під дією розрахункових навантажень та впливів, а також опір прогресуючому обваленню при виникненні надзвичайних ситуацій.

Конструктивні рішення повинні забезпечити термін служби висотного будинку не менше 150 років з урахуванням належного експлуатаційного обслуговування та можливого відновлення ресурсу будинку за допомогою капітальних ремонтів [2].

У сучасному висотному будівництві застосовують різні конструктивні системи і схеми з різноманітними варіантами компонувань. Конструктивні системи, які використовуються у висотному будівництві, можна розділити на каркасні, стінові, стовбурні та коробчасті (оболонкові). У свою чергу каркасні системи підрозділяються на рамно-каркасні, каркасні з діафрагмами жорсткості. Серед стінових систем використовуються схеми з поперечними або перехресними несучими стінами. Змішані системи мають окремі ознаки двох інших систем, до них відносять каркасно-стовбурні та коробчасто-стовбурні («труба в трубі» або «труба у фермі») (рис. 1). Кількість можливих варіантів комбінованих систем досить широка.

Вибір тієї або іншої конструктивної системи залежить від багатьох факторів, основними з яких є висота будинку, умови будівництва (сейсмічність, ґрунтові особливості, атмосферні, особливо вітрові впливи), архітектурно-планувальні вимоги.

Для забезпечення підвищення просторової жорсткості конструктивної системи висотного будинку застосовуються: розвинені в плані і симетрично розташовані ядра та діафрагми жорсткості; конструктивні системи із зовнішніми стінами по всьому контуру будинку (оболонкового типу); конструктивні системи із симетричним та рівномірним розташуванням несучих конструкцій в плані і по висоті будинку та відповідно з рівномірним розподілом вертикальних навантажень; горизонтальні балочні або розкісні пояси жорсткості на рівні технічних поверхів, що забезпечують спільну роботу на згинання всіх вертикальних конструкцій будинку.

Висотні будинки можна розділити на діапазони за висотою, для кожного з яких характерні свої конструктивні рішення.

Система з поперечними або з перехресно-несучими стінами завдяки високій жорсткості найбільш ефективна в будинках висотою до 150 м. Ця система забезпечує найбільшу жорсткість будинку, але вона не придатна для будівель, в яких необхідне гнучке планування приміщень (офісних,

громадських та інших). Її застосовують при будівництві житлових будинків і готелів. Несучі конструкції цих будинків виконують як у збірному, так і монолітному варіантах.

Будинки з несучим каркасом (рамний каркас, каркас із діафрагмами жорсткості) зводять переважно висотою до 200 м. Каркасні конструктивні системи мають компоновочні схеми, що найкраще задовольняють об'ємно-планувальним рішенням і функціональному призначенню об'єктів будівництва. Однак з ростом поверховості ускладнюються конструкції рамних вузлів для сприйняття горизонтальних навантажень, що диктує перехід до рамно-зв'язкової системи каркасу з розкісними стальними вертикальними діафрагмами жорсткості або із суцільними залізобетонними стінами – діафрагмами жорсткості.

Незалежно від висоти будинку при розробці його об'ємно-планувального рішення максимально намагаються дотримуватися пропорцій, що забезпечують необхідну жорсткість будівлі і обмежують коливання верхньої частини при горизонтальних навантаженнях. Звичайне відношення меншого розміру в плані до висоти будинку становить 1:7. При співвідношеннях більше зазначених є загроза прискорення коливань перекриттів верхніх поверхів, помітно зростає деформативність несучого остова, що негативно позначається як на експлуатаційних характеристиках, так і на перебуванні людей на верхніх поверхах.

Для підвищення опору зовнішнім впливам несучої системи будинків висотою більше 150-200 м застосовують стовбурні (з ядром жорсткості), коробчасті (оболонкові) та стовбурно-коробчасті конструктивні системи.

У стовбурній системі жорсткість висотного будинку забезпечується сходово-ліфтовим вузлом, що розташовується, як правило, у центральній частині будинку і виконується з монолітного залізобетону, сталевих конструкцій або їхньої комбінації. Жорсткість стовбурної системи, її стійкість і здатність до гасіння горизонтальних коливань забезпечуються закладенням центрального стовбура у фундамент. У свою чергу, стовбурні системи мають різновиди: консольне обпирання перекриттів на стовбур, підвішування зовнішньої частини перекриття до верхньої несучої консолі (аутригера), обпирання перекриттів за допомогою стін на нижче розташовану несучу консоль, проміжне розташування несучих консолей висотою в поверх із передачею на них навантаження від частини поверхів (рис. 2) [3].

Підвищення жорсткості несучого остову висотних будинків зі стовбурними конструктивними системами і їх опору дії динамічних горизонтальних впливів досягають використанням аутригерних структур, які виконують функцію елементів, що несуть на собі частину навантаження від

перекриттів. Як правило, це досить тверді плоскі або просторові конструкції, розташовані по висоті будинку з певним кроком (зазвичай у рівнях технічних поверхів) і з'єднані між собою вертикальними стрижневими елементами (розкісними або безрозкісними фермами), що забезпечують у випадку деформації стовбура повернення його у вертикальне положення (демпфірують навантаження).

Компоновочна схема каркасно-стовбурної системи включає центральний стовбур, що сприймає основну частку всіх навантажень, і розташовані по периметру будинку несучі елементи у вигляді окремих стійок (колон), решітчастих систем (ферм, стрижнів та ін.), пілонів. Забезпечення спільної роботи стовбура та каркасу здійснюється також за допомогою аутригерних структур.

Коробчаста (оболонкова) конструктивна система є максимально жорсткою серед всіх систем завдяки зовнішній несучій оболонці, яка може виконуватись у вигляді безрозкісної та розкісної решітки зі сталі або залізобетону. Ця система використовується для будівель вище 200 м.

У випадках, коли жорсткості стінової, каркасної або стовбурної системи недостатньо, використовують комбіновані рішення конструктивних систем. Так, для споруд вище 100 поверхів використовують сполучення коробчастої та стовбурної систем («труба в трубі»), що ще більше підвищує жорсткість конструкції. В цій конструктивній системі всі горизонтальні та вертикальні навантаження сприймаються внутрішньою та зовнішньою трубними системами. Їх сумісна робота при горизонтальних навантаженнях забезпечується ростверками, що розташовуються зазвичай в рівнях технічних поверхів.

Більша жорсткість створюється у разі використання стовбурно-коробчастих систем з діагональними зв’язками («труба у фермі»). Разом з тим ці системи не дозволяють застосовувати пластичні рішення фасадів і вимагають частого розташування несучих стійок по периметру будинку.

Підвищення опору будинку вітровим навантаженням можна досягти не тільки за рахунок застосування відповідних конструктивних систем, але й шляхом вибору раціональної форми в плані. Численні закордонні дослідження, виконані продуванням моделей в аеродинамічних трубах і комп'ютерній симуляції за допомогою програмного забезпечення, показали, що оптимальною формою плану висотного будинку є коло або фігура, близька за формою до кола. Еліптична і квадратна форми хоча й уступають круглій, але також забезпечують достатню опірність будинку горизонтальним навантаженням [3].

Опір висотного будинку вертикальним і горизонтальним навантаженням залежить не тільки від форми плану, але й від форми вертикального перерізу та

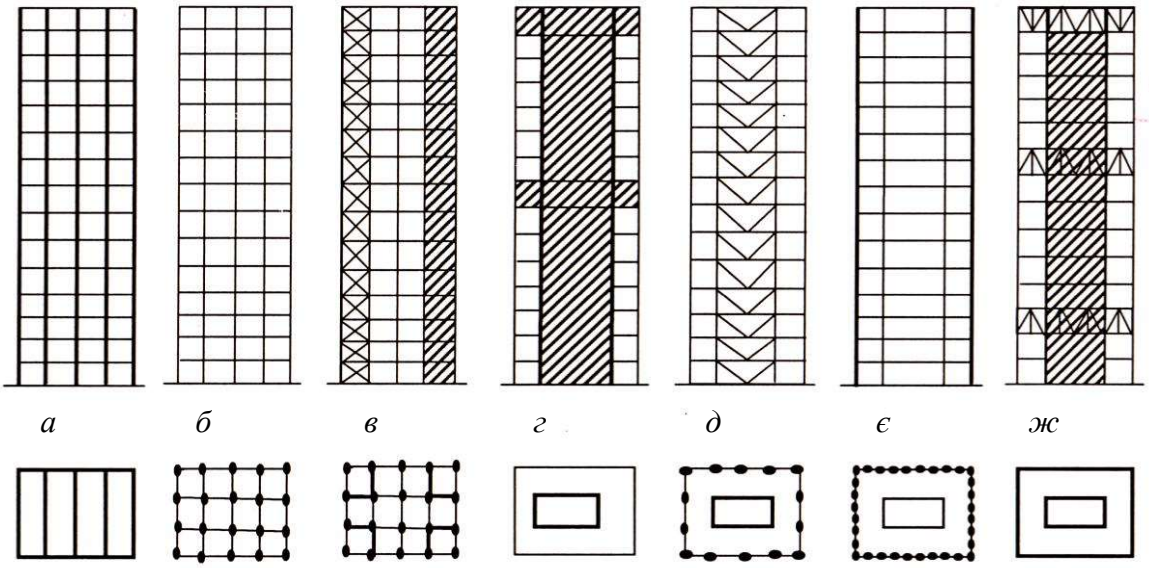

Рис. 1. Конструктивні системи висотних споруд: *а* – з поперечними несучими стінами; *б* – рамно-каркасна; *в* – каркасна з діафрагмами жорсткості; *г* – стовбурна; *д* – каркасно-стовбурна; *є* – коробчаста; *ж* – коробчасто-стовбурна

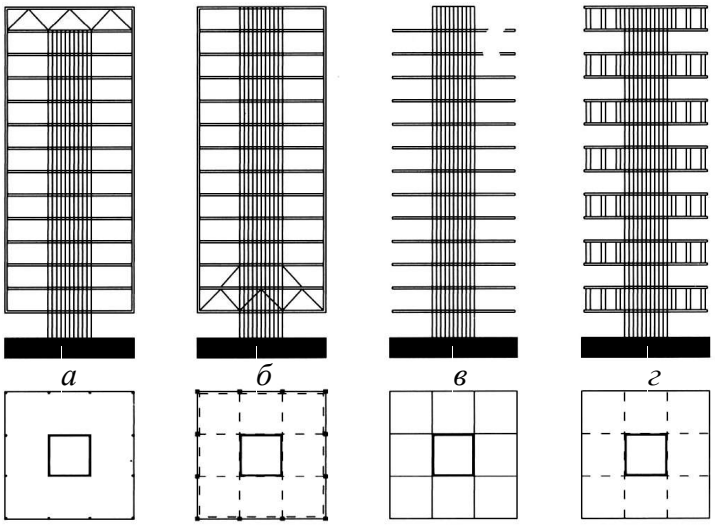

Рис. 2. Варіанти стовбурних систем: *а* – підвішування на верхню консоль; *б* - обпирання на нижню консоль; *в* – консольне обпирання перекриттів на стовбур; г – проміжне розташування несучих консолей

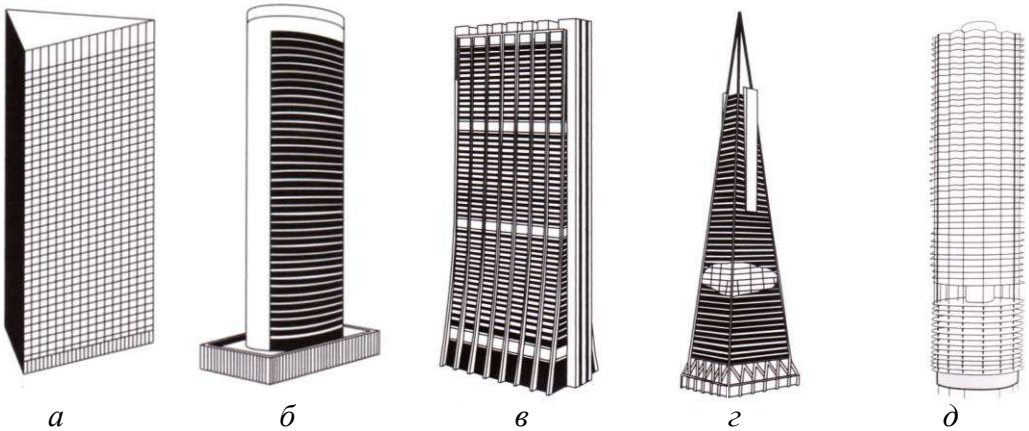

Рис. 3. Раціональні форми висотних споруд: *а* – трикутна призма; *б* – еліптична; *в* – форма, що звужується догори; *г* – конусна; *д* – циліндрична

регулярності структури несучої системи. Щодо цього, то до оптимальних форм наближаються конус, трапеція з більшою нижньою основою та прямокутник. Такі профілі мають достатню поперечну жорсткість, особливо у сполученні з регулярною структурою несучої системи (рис. 3).

Вивчення та аналіз містобудівних та геологічних умов будівництва висотної будівлі, її функціонального призначення дає змогу архітекторам та інженерам обирати оптимальне рішення конструктивної будови споруди, що забезпечить їх просторову жорсткість, міцність та безпечність експлуатації.

Література

1. Висотне будівництво – комплекс технічно складних проектно-будівельних проблем / Ю. Й. Казмірук О. П. Авдієнко, А. А. Нечепорчук [та ін.] // Нові технології в будівництві. – К. : НДІБВ, 2006. – № 1 (11). – С. 2–4.
2. Державні будівельні норми. Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків: ДБН В.2.2-24:2009. – [Чинні від 2009-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 133 с. – (Державні будівельні норми).
3. Современное высотное строительство. Монография. – М: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2007. – 464 с.
4. Маклакова Т.Г. Проблемы становления высотного строительства в России. Режим доступу: http://library.stroit.ru/articles/verhstroy/index.html.

Аннотация

Рассматриваются вопросы конструктивной организации высотных сооружений. Анализируются факторы, которые влияют на расчет и выбор определённой конструктивной схемы в зависимости от высоты здания. Рассмотрены различные конструктивные системы высотных объектов.

Ключевые слова: конструктивная организация высотных сооружений, прочность и стойкость несущих конструкций и элементов высотного здания, рациональные формы высотных объектов.

Annotation

The questions of structural organization of height buildings are examined. Factors which influence on a calculation and choice of certain structural chart depending on the height of building are analyzed. The different structural systems of height objects are considered.

Keywords: structural organization of height buildings, durability and firmness of bearings constructions and elements of height building, rational forms of height objects.