

УДК 721.011.27 (624.046)

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОДИНИЧНОЇ ЖИВУЧОСТІ СТАЛЕВОГО КАРКАСУ 19-ТИ ПОВЕРХОВОЇ ОФІСНОЇ БУДІВЛІ КОМПЛЕКСУ «КИЇВ-СІТЬ»

к.т.н, доц. Білик А.С., інж. Коваленко А.І.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Постановка проблеми. Як показує світова практика, будівництво висотних будівель - природний етап розвитку великих міст, що обумовлено дефіцитом і, відповідно, великою вартістю земельних ділянок, особливо в центральних ділових районах, інтенсивним зростанням населення і іншими об'єктивними причинами. З кожним роком у великих містах нашої країни потреба у висотних будівлях стає дедалі актуальнішою, але на заваді стає проблема недостатнього досвіду і нормативного забезпечення.

Аналіз останніх досліджень. На даний час в Україні існує декілька нормативних документів, які регламентують окремі аспекти проектування сталевих каркасів висотних будівель. Проте кожен з них, в тій чи іншій мірі, має неповноту викладених положень. Згідно [1], конструктивна система висотного будинку повинна забезпечити опір прогресуючому обваленню при виникненні надзвичайних ситуацій. У [1] приведена методика розрахунку на прогресуюче руйнування тільки для залізобетонних каркасів, в той час як для сталевих лише визначено: *«Руйнування будинків, несучі конструкції яких проектується з металевим каркасом, необхідно розглядати за спеціальними сценаріями, в яких руйнування (видалення) окремих елементів слід призначити в найбільш небезпечних місцях залежно від прийнятої конструктивної схеми відповідно до оцінок можливих ризиків»*. На даний час для сталевих каркасів не існує загальних рекомендацій щодо визначення сценаріїв руйнування та найбільш небезпечних місць можливого виключення елементів. Згідно [2], будівля має бути забезпечувати т.зв. «одиничну живучість», тобто відсутність прогресуючого руйнування при виключенні з роботи будь-якого одного елемента. В цьому ж документі декларується реалізація цих вимог за рахунок попередження аварійних ситуацій, підсилення елементів, їх дублювання, резервування несучої здатності та створення суцільності та безперервності конструкцій, проте не деталізуються конкретні конструктивні заходи.

Тому, **метою** даної роботи було поставлено визначення характерних місць виключення елементів з роботи та дослідження перерозподілу зусиль в сталевому каркасі багатоповерхової офісної будівлі.

Викладення основного матеріалу. Комплекс «Київ-Сіті» планується до забудови у м.Київ на ділянці 104,4 га, з яких 79 га будуть відведені під комерційну офісну нерухомість загальною площею біля 560 тис. м², що дозволить створити понад 30000 робочих місць. Для прикладу було взято розрахункову модель типової для «Київ-Сіті» 19-ти поверхової будівлі зі сталевим каркасом і монолітним залізобетонним ядром жорсткості, загальною висотою 81,875м (рис.1). Була виконана серія досліджень перерозподілу зусиль і переміщень в елементах та вузлах після виключення з роботи одного елемента каркасу (колони). Навантаження на конструкції будівель прийняті у

відповідності із ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» та ДБН В.2.2-24:2009 «Проектування висотних житлових і громадських будинків». При цьому враховані усі коефіцієнти надійності, які стосуються як навантажувальних ефектів, так і призначення будівлі та окремих конструкцій. Коефіцієнти надійності за призначенням через можливі економічні збитки при руйнуванні прийнято як для найвищого класу наслідків СС3, усі основні конструкції прийняті найвищої категорії відповідальності А.

При виключенні колони з роботи, навантаження повинні перерозподілятися на балки, що примикають до вузла (рис.2). Таким чином не допускається обвалення перекриття на нижче розташований поверх. Тому було прийнято рамний каркас, просторова розрахункова модель для аналізу якого була створена у програмному комплексі «Лира 9.6». Балки було прийнято з прокатних двотаврів, а колони коробчастого перерізу, зварені з листів. Сталь елементів взята С375, усі характеристики та вимоги прийнято згідно ДБН В.2.6-163:2010.

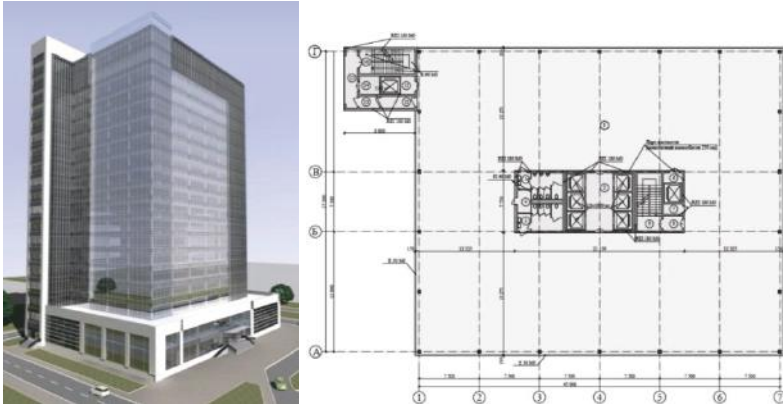


Рис. 1. Візуалізація будівлі і план типового офісного поверху

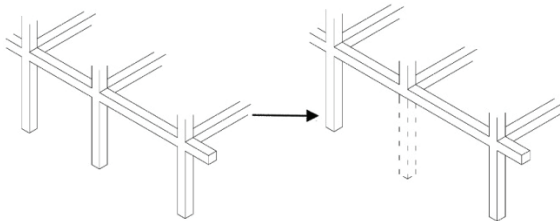


Рис. 2. Прийнята схема виключення колон

Після загального статичного розрахунку будівлі першим кроком було виключено з роботи найбільш навантаженої колону першого поверху. Це місце можливого найнебезпечнішого руйнування було визначено не тільки за

найбільшими значеннями розрахункових сполучень зусиль, а і за найменшою кількістю елементів примикання, на які можливий перерозподіл зусиль. Після повторного розрахунку було проаналізовано приріст переміщень в вище розташованих вузлах та зусиль в суміжних елементах, які сприйняли навантаження (рис. 3,4). Виключення колони також викликає значний приріст зусиль у сусідніх колонах каркасу (рис. 5,6). Виключення колони восьмого поверху по тому ж стояку будівлі не призвело до зміни сценарію перерозподілу зусиль та переміщень, тому такий варіант не є розрахунковим. В наступному розрахунку було виключено кутову колону третього поверху. З графіка на рис. 7 бачимо, що в такому разі значно зростає не тільки переміщення по напрямку глобальної вісі Z, а й по напрямку вісі Y (рис.3).

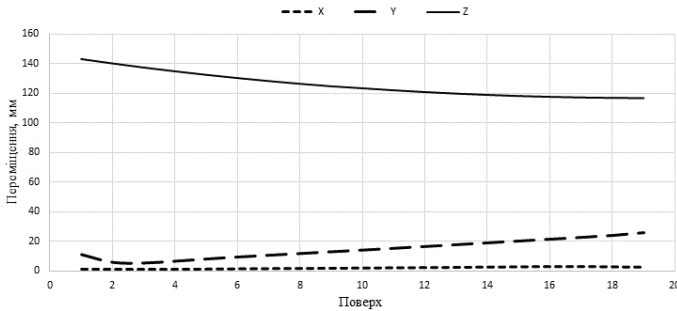


Рис. 3. Приріст переміщень поверхів по глобальним осям

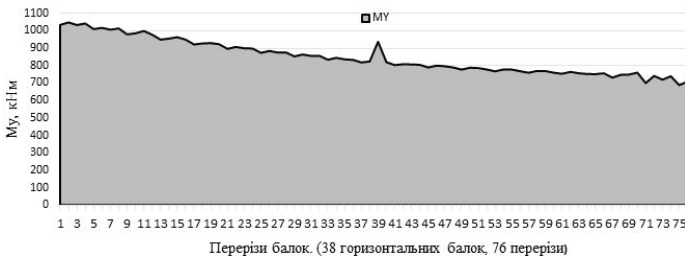


Рис. 4. Приріст згинального моменту в перерізах балок примикання



Рис. 5. Приріст поздовжніх сил у сусідніх колонах



Рис. 6. Приріст згинальних моментів у сусідніх колонах

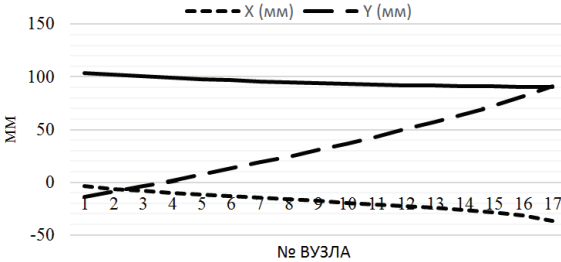


Рис. 7. Приріст вузлових переміщень

В той же час розрахункові значення згинальних моментів в балках зменшилися в середньому на 400 кНм. За таких умов у підсиленні балок кутових прольотів немає необхідності, проте аналізуючи переміщення початкової розрахункової схеми та схеми після виключення слід відмітити, що змінився характер нахилу будівлі. Значення переміщень по напрямку глобальної вісі Y наближаються до граничних значень, тому є доцільним виконати зміну перерізу балок за уніфікованим рішенням після розрахунку першого кроку. У сусідніх колонах зростає поздовжня сила без приросту згинального моменту, тому також треба виконувати зміну перерізів в більшу сторону.

Висновки. Для виконання вимог із захисту від прогресуючого руйнування було виконано зміну перерізів елементів згідно можливим аварійним перерозподілом зусиль. В результаті додаткове зростання маси каркасу склало 394,32 т, що складає біля 25% від початкового значення.

Для ефективного захисту від прогресуючого руйнування рекомендується використовувати жорсткі рамні каркаси з монолітними ядрами жорсткості. Це дає можливість в аварійній ситуації перерозподіляти навантаження на інші, не пошкоджені елементи.

Визначено, що найнебезпечнішим елементом для виключення з роботи виявилась найбільш завантажена колона першого поверху. Очевидно, що зі зростанням поверховості та навантаженням в нижніх колонах буде значно зростати металомісткість. Можливо, у таких випадках, є раціональним застосування комбінованих каркасів, в котрих підземна та стилобатна частини

виконуються зі сталезалізобетону. Окремою темою досліджень має стати конструювання вузлів сполучення балок з колонами, адже після виключення одного елемента, що примикає до вузла, він повинен бути готовим до сприйняття додаткових навантажень та забезпечувати жорсткість конструкції.

Характер приросту переміщень відносно горизонтальних до площини будівлі вісїей залежить від місця виключення несучого елемента, що в будівлях із більшою поверховістю може привести до значного перевищення граничних значень та великого кута перекосу будівлі. Тому характерними місцями до розрахунку багатопверхових металевих будівель на прогресуюче руйнування можна вважати:

а) найбільш завантажені колони перших поверхів. Якщо таких варіантів декілька, то використовувати до розрахунку колони, по стояку яких найменша кількість елементів примикання. При суттєвій різниці в навантаженнях та кількості елементів брати до розрахунку потрібну кількість варіантів.

б) кутові колони нижніх поверхів для оцінки зміни характеру горизонтальних переміщень будівлі. Рекомендовано виконувати розрахунок з прикладенням експлуатаційних значень вітрових навантажень.

В процесі пошуку необхідних елементів для підсилення було визначено, що балки по кутовим прольотам підсилення не потребують. Проте, для забезпечення більшої просторової жорсткості в аварійних ситуаціях, рекомендовано використовувати уніфіковані перерізи, отримані внаслідок розрахунку за пунктом а). При комплексному розрахунку також треба враховувати можливість обвалення перекриття на нижче розташованій поверх, що зумовлює зростання висоти балок та кількості арматури в перекритті. Розрахунок на прогресуюче руйнування повинен вноситись до техніко-економічного обґрунтування доцільності будівництва та при порівнянні варіантів конструктивних схем. Також мають бути деталізовані і уточнені норми із проектування сталевих каркасів багатопверхових будівель.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-24:2009 «Проектування висотних житлових і громадських будинків»
2. ДБН В.1.2-14:2009 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд.»
3. ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи»
4. GSA «Progressive Collapse Analysis and Design Guidelines for New Federal Office Buildings and Major Modernization Projects», (2003)
5. United Facilities Criteria (UFC). 2009. «Design of Buildings to Resist Progressive Collapse», UFC 4-023-03, Department of Defense, USA.
6. Joonhong Lim «Progressive Collapse Analyses of Steel Framed Moment Resisting Structures»// The Pennsylvania State University (2004)
7. Назаров Ю., Симбиркин В., Городецкий А. Компьютерное моделирование жизненного цикла конструкций//Актуальные проблемы исследований по теории сооружений: сб.науч.тр./Ч2.-М.: ЦПП, 2009.-С.204-216.