

ТИСК ВІТРОВОГО ПОТОКУ НА БІЧНУ ПОВЕРХНЮ ВИСОТНОЇ СПОРУДИ КРУГЛОЇ ТА ЕЛІПТИЧНОЇ ФОРМ В ПЛАНІ

В Україні перший хмарочос (для свого часу) був побудований в 1910—1912 у Києві на вулиці Інститутська, 16-18, по проекту одеських архітекторів А.Мінкуса і Ф. Троупянського. Будинок називався Дім Гінзбурга, він мав 11 поверхів. Завдяки природній височині рельєфу, він здавався набагато вище. В 1941 будинок був висаджений а в 1954 на його місці почалось будівництво готелю Москва. У листопаді 1928 році відкрився Госпром, унікальний на ті часи будинок, у Харкові. Головні архітектори проекту були С. Серафимов, М. Фельгер, С. Кравець. Висота харківського «хмарочосу» складала 45 метрів, нараховуючи 13 поверхів. Загальна площа внутрішніх приміщень складає 60 тис. м². Госпром будувався практично без застосування засобів механізації. Весь обсяг виконувався вручну, основними знаряддями праці були лопати, тачки, носилки. Під час відкриття, Госпром вважався одним з найсучасніших хмарочосів Європи. На реконструкцію й реставрацію в 2002—2004 рр. було виділено й освоєно 22,6 млн. грн. Наступна значна подія у столичному житті висоток відбулась у 1978 коли розпочалось будівництво будинку обчислювального центру, висота якого складала 121 м. маючи 24 поверхів. Будівництво найвищого будинку столиці припинилось і він був добудований в якості Апеляційного Суду, лише у 2006, на цей час вже маючи 25 поверхів з висотою 127 метрів. У грудні 1999 розпочалось будівництво першого із двох висотних будинків, кожен на 28 поверхів, проекту «Вежі» у Дніпропетровську. Будівництво першої черги закінчилось у 2003, другої у 2005. Загальна висота обох будівель складає 123 метрів, але лише 106 м, до кінця кровлі. На сьогодні в Україні найвищим хмарочосом вважається побудований у 2006 році Парус, офісна споруда класу-А, в Києві. Він височіє на 136 м, 33 поверхи. Незважаючи на відсутність безлічі хмарочосів, в Україні існують проекти хмарочосів світового рівня. У Харкові найвищою будівлею зараз є житловий комплекс «Олімп», 28 поверхів (25 житлових), висота 110 метрів.

Перші хмарочоси не були вразливі до горизонтальних вітрових навантажень. Оскільки досить велика вага несучих стін з кладки не дозволяла вітровим навантаженням перевершити врівноважуючі сили тяжіння. Навіть коли наприкінці 1800-х років система несучих стін була замінена жорсткою каркасною конструкцією, сили тяжіння залишалися основним визначальним фактором проектування. Важкі фасади з каменю з невеликими прорізами, близько розташованими колонами, масивними конструкціями каркаса і важкими стінами-перегородками володіли такою вагою, що вітрові навантаження не представляли великої проблеми. При цьому покрівля повинна була бути міцною. Хмарочос зі скла і сталі 1950-х років, з його оптимальним внутрішнім відкритим простором і відносно невеликою вагою, першим зіткнувся з усією складністю вітрових навантажень. Із застосуванням легкого сталевого каркасу вага перестала бути чинником, що обмежує можливу висоту будівель. Ера висотного будівництва пов'язана з новими проблемами. Для зниження постійних навантажень і створення великих, більш гнучких просторових рішень були введені балки великого прольоту, пересувні ненесучі внутрішні перегородки і ненесучі огорожувальні конструкції. Всі ці заходи суттєво зменшили жорсткість будівель. Тепер горизонтальна жорсткість споруди стала більш важливим фактором проектування, ніж міцність. Вітрові навантаження для проектувальника висотних будівель перетворилися в більш важливу проблему. Вплив вітру на будівлю є динамічним і визначається такими факторами навколишнього середовища, як рельєф і форма території, гнучкість і особливості фасаду самої будівлі, розташування сусідніх будівель. Записи швидкостей вітру реєструються на певній висоті, характеризуючи два явища: досить постійну середню швидкість вітру і змінювану швидкість поривів вітру. Отже, вітрове навантаження містить дві складові – статичну і динамічну. Середня швидкість вітру, як правило, зростає з висотою. Ступінь її збільшення залежить від особливостей земної поверхні, так як поблизу землі через тертя вітер затухає.

Математичні моделі руху повітря поблизу висотної споруди є досить складними, оскільки повітряні потоки після зустрічі з бічною поверхнею прямує вниз і здійснює тиск на фасади, крім того, мають місце завихрення по краях бічної поверхні. Тому для дослідження вітрового режиму вдаються до модельних випробувань, виготовляючи макети висотних будівель зменшеному масштабі і піддають їх вітровому впливу в аеродинамічних трубах. Отримані результати, використовуючи масштабний фактор, переносять на реальні висотні споруди. Але для попередньої оцінки впливу вітрового потоку на бічну поверхню висотної споруди, особливо якщо це поверхня змінної кривизни, достатньо, на наш погляд застосувати геометричні підходи, розглянувши в якості ефективної складової ту частину вітрового потоку, яка безпосередньо є причиною виникнення напружень згину.

Розглянемо спрощену картину розподілення швидкостей та тиску на бічну поверхню висотної споруди. Вважають, що швидкість вітрового потоку i , відповідно, тиск буде однаковим у будь-якій точці бічної поверхні висотної споруди для визначеної висоти. При такому ж рівномірному розподілі швидкості тиск на неплоску в плані бічну поверхню висотної споруди буде мати суттєво відмінний характер. Максимум цього тиску буде, очевидно спостерігатись там, де кут між вектором швидкості вітрового потоку i дотичною до бічної поверхні складає 90° .

Розглянемо наближене визначення тиску повітряного потоку на бічну поверхню висотної споруди, розглянувши геометричну сторону задачі. Швидкість вітрового потоку \vec{V}_1 обумовлює деякий тиск \vec{P}_1 , який направлений довільно по відношенню до бічної поверхні. При падінні на бічну поверхню потік розкладається на суму:

$$\vec{P}_1 = \vec{P}_1^n + \vec{P}_1^t \quad (1)$$

де \vec{P}_1^t – яка направлена по дотичній до бічної поверхні; \vec{P}_1^n , яка направлена нормально до бічної поверхні:

$$P_1^n = P_1 \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

Очевидно, саме складова \vec{P}_1^n буде обумовлювати напруження згину. Далі, силу \vec{P}_1^n можна розкласти на складові $\vec{P}_1^{n/}$ та $\vec{P}_1^{n//}$:

$$\vec{P}_1^n = \vec{P}_1^{n/} + \vec{P}_1^{n//}, \quad (3)$$

де $\vec{P}_1^{n/}$ – складова, що направлена під кутом β до площини згину; $\vec{P}_1^{n//}$ – складова, що направлена під кутом β до площини згину:

$$P_1^{n//} = P_1^n \cdot \cos \beta = P_1 \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta. \quad (4)$$

Тоді напруження згину у несучих конструкціях висотної споруди будуть обумовлюватись сумарною силою:

$$P_\Sigma = \sum P_i^{n//}. \quad (5)$$

Використовуючи наведені міркування, було розраховано зміну тиску нормального тиску вітрового потоку при заміні квадратної форми висотної споруди в плані круглою, рівною квадратній за площею в плані. Розрахунки проводили чисельним методом, розбиваючи бічну поверхню, на яку здійснювався тиск вітровим потоком на 10 рівних частин. З'ясувалося, що відношення вітрового навантаження, яке спричиняє деформацію згину, буде становити для круглої та квадратної форм в плані 0,886. Те ж відношення для еліптичної і квадратної форм, якщо напрямки вітрового потоку i мінімального опору стержня еліптичної форми (мінімальне значення моменту опору) співпадають, становить 1,497. Для тиску повітря в напрямку максимального опору висотної споруди еліптичної форми теж співвідношення буде складати 0,504. Таким чином можна оцінювати ефективний вплив вітрового потоку на бічну поверхню довільної форми. При цьому геометричні представлення суттєво ускладнюються, оскільки може не існувати геометричного центру форми бічної поверхні в плані. В даному випадку необхідно будувати нормаль до поверхні в кожній досліджуваній точці, причому ця нормаль не направлена до геометричного центру. Додаткові складнощі з'являються при визначенні моменту опору даної геометричної фігури та, особливо, площини, в якій буде спостерігатись деформація згину.