

УДК 691.328

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОФІЛІВ ЗМІННОГО З ВИСОТОЮ ВІТРОВОГО ТИСКУ НА БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

С. Лопатка, к.т.н.

Львівський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Для більшості висотних споруд та конструкцій вітрове навантаження є визначальним під час розрахунків та експлуатації. Оскільки протягом тривалого часу визначення розподілу швидкісних напорів з висотою було пов'язане з величезними труднощами, були зроблені кроки до встановлення проектного швидкісного напору на заданій висоті через швидкість приземного вітру, яка заздалегідь відома.

Відповідно до чинних нормативних документів для опису вертикальних профілів середніх швидкостей вітру (без урахування турбулізації потоку) використовують ступеневий закон

$$v(z) = v_{\text{анем}} \left(\frac{z}{z_{\text{анем}}} \right)^{\alpha}, \quad (1)$$

де $v(z)$ – швидкість вітру на висоті z над землею (м/с);

$v_{\text{анем}}$ – швидкість вітру на стандартному рівні розташування анемометра (м/с);

z – висота над землею (м);

$z_{\text{анем}}$ – висота розташування анемометра (м, як правило, 10 м);

α – показник, що вважається залежним від температурної стратифікації, шорсткості підстилаючої поверхні та швидкості вітру.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У працях багатьох авторів трапляється також логарифмічний закон зміни вітрового тиску з висотою (2):

$$v(z) = v_{\text{анем}} \left(\frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{\text{анем}}}{z_0}\right)} \right), \quad (2)$$

де z_0 – параметр шорсткості.

Параметр шорсткості у формулі (2) вважається зручним, оскільки має розмірність висоти перешкод.

Точність апроксимації профілів вітру у приземному шарі атмосфери ступеневим (1) та логарифмічним законами (2) розглядали чимало авторів, зокрема в Україні у ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження та впливи». Дещо більше інформації зібрано за кордоном. За таких досліджень профілі вітру усереднювалися з численних спостережень як біля поверхні землі, так і на висотах, враховувалася стратифікація атмосфери. Було встановлено, що середні швидкості вітру до висоти 300 м апроксимуються ступеневим законом дещо точніше, ніж логарифмічним. За

умови сильних вітрів на висоті 200–300 м та стійкої стратифікації атмосфери профілі швидкостей значно точніше описуються ступеневим законом, ніж логарифмічним.

Враховуючи це, у будівельних Нормах прийнятий ступеневий закон зміни швидкісних напорів (1) з висотою.

Постановка завдання. На основі гідродинамічної аналогії вважається, що з підвищенням швидкості приземного вітру збільшуються його вертикальні градієнти біля самої підстилаючої поверхні й виникає посилення вертикального перемішування між суміжними шарами повітря. Це має призвести до збільшення градієнтів не тільки вниз, але й у всьому приземному шарі. Тому вплив стратифікації має проявлятися в посиленні або послабленні вертикального обміну між шарами повітря, оскільки стійкість повітряних мас (стійка стратифікація) ускладнює вертикальний обмін, тобто перешкоджає вирівнюванню швидкостей за висотою. Тому вертикальні градієнти швидкості вітру за стійкої стратифікації є більші, ніж за нестійкої. Оскільки стратифікація суттєво впливає на профіль вітрового тиску, важливим стає знання розподілу температури повітря у профілі вітру. За зростання швидкості вітру вважається, що роль стратифікації зменшується і зовсім зникає, імовірно, за деякого значного за величиною приземного вітру.

Зазначений показник вважається одним із основних чинників, що впливають на формування профілів вітрового тиску у приграничному шарі атмосфери. Його вплив на профілі найлегше оцінити за умови байдужої стратифікації атмосфери, коли ці профілі найточніше апроксимуються ступеневими та логарифмічними законами. Порівнюючи між собою значення α за байдужої стратифікації у пунктах із фізично різними ступенями шорсткості підстилаючої поверхні, можна отримати кількісні оцінки впливу цієї шорсткості на вертикальні профілі вітрового тиску.

Виклад основного матеріалу. Вплив шорсткості поверхні на профіль вітрового тиску за великих швидкостей біля поверхні землі досліджували також у Києві, Новосибірську, Ленінграді, Обнінську. Висота нижнього рівня вимірювань становила від 24-х до 32-х м, верхнього – до 200 м. Як показав порівняльний аналіз, значення α навіть за однакових приземних швидкостей у різних пунктах відрізняються між собою. Зокрема, за швидкості приземного вітру 10 м/с величина α для Києва, де щогля захищена 8-10-поверховими будинками, становить близько 0,3. Для таких самих умов в Обнінську значення α становить лише 0,1. Для Санкт-Петербурга та Новосибірська, де пераметр шорсткості (висота перешкод) становив 1-2 м, параметр α отримав значення 0,2.

Отже, спеціальних закономірностей для знаходження параметра α не існує, і його необхідно шукати дослідним шляхом для кожної конкретної місцевості.

На основі досліджень профілів вітру в шести телевізійних та одній висотній метеорологічній вежі колишнього СРСР можна дійти висновку, що показник α , як правило, зменшується з підсиленням приземного вітру. Цей процес, наявний при всіх проаналізованих швидкостях вітру, сповільнюється за великих швидкостей. За даними вимірювань, проведених на 150-метровій щоглі в Сале (Австралія), встановлено, що показник ступеня α зменшується від 0,19 за швидкості вітру 10-

11 м/с на висоті 12 м до 0,10 за швидкості 22 м/с. У Обнінську α зменшується від 0,5 до 0,10-0,12 за зміни швидкості на висоті 8 м від 1 до 10 м/с. За дуже сильного приземного вітру значення α близьке до нуля, тобто швидкість вітру вирівнюється за висотою у всьому шарі.

Для побудови вертикальних профілів швидкостей профілів вводять три типи підстилаючої поверхні:

- тип А – місцевість зі слабкою захищеністю;
- тип Б – місцевість зі помірною захищеністю;
- тип В – місцевість із сильною захищеністю.

Зазначені типи деталізуються в чинних будівельних нормах, проте лише словесними означеннями. А. Давенпорт пропонує встановлювати для кожного з типів поверхні коефіцієнти шорсткості α , що дорівнюють, відповідно, $\alpha_A = 0,16$; $\alpha_B = 0,28$; $\alpha_V = 0,40$.

Практика проектування і зведення будинків підвищеної поверховості (20–30 поверхів) у великих містах України дала змогу прояснити питання зміни профілю вітрового тиску з висотою. Як правило, такі будівлі споруджують на околицях міст в умовах слабкої захищеності, тоді як із розбудовою нових багатоповерхових мікрорайонів захищеність зростає. Зниження швидкості вітру при цьому становить 40–50%.

Практика світового будівництва висотних конструкцій може оперувати обмеженою кількістю міст, для яких встановлені коефіцієнти профілів швидкостей вітру: Санкт-Петербург (0,41), Нью-Йорк (0,39), Копенгаген (0,38), Москва (0,37), Київ (0,35), Токіо (0,34, 0,28, 0,18, 0,29 – у різних районах).

Забігаючи наперед, долучимо до цього списку місто Львів, Україна (0,35, 0,40).

Різниця у встановленні коефіцієнта α полягає в тому, що для всіх перелічених міст, крім Львова, профілі вітрового тиску вимірювали на вже існуючих висотних спорудах. Обмеженнями при цьому була їх висота. Зокрема Ейфелева вежа (Париж) – 300 м, показник ступеня 0,45; Санкт-Петербург – 147 м; Нью-Йорк – 375, Копенгаген – 72; Лондон (Велика Британія) – 180; Лондон (Канада) – 41; Київ – 177; Токіо – 60 та 246; Монреаль – 295; Сент-Луїс – 136 м. Про частоту встановлення анемометрів чи інших давачів вітрового тиску за висотою споруди в літературі не зазначено. Не вказано також, що необхідно робити для встановлення проектного профілю вітрового тиску для споруди, яка тільки проектується, і безпосереднього доступу на висоту немає.

На відміну від попереднього переліку, у Львові здійснено вимірювання до висот від 15 до 29 км з роздільною здатністю 6 метрів вертикально з використання дистанційного методу, що не потребує наявності поблизу жодних висотних споруд чи конструкцій.

Існує принаймні два способи контролю вітрових потоків за висотою споруди – встановлення численних давачів через певні проміжки та в різних місцях будівлі й вивчення параметрів повітря в атмосфері, не збудованій наявністю

будівельної конструкції методом куль-пілотів чи радіозондів (лідарне, тобто лазерне інфрачервоного діапазону, сканування, що дає змогу визначати швидкість вітру у прозорому повітрі, через недоступність не розглядається). Очевидні обмеження методу встановлення анемометрів за висотою споруди: насамперед потрібно мати в регіоні висотну конструкцію та доступ до неї, а також не завжди легко позбутися впливу такої конструкції на вітровий потік. Замість цього виникла унікальна можливість скористатися регулярними аерологічними запусками радіозондів в атмосферу, що виконуються Укрдержкомгідрометом.

Із восьми аерологічних станцій, які випускають кулі з радіозондами в атмосферу України, одна знаходиться у Львові, хоча і здійснює спостереження лише для стандартних висот, що поблизу поверхні землі віддалені між собою на сотні метрів.

Підключенням до наявного обладнання стандартного реєстратора (самописця з подальшим оцифруванням отриманих графіків або цифрового приладу зі записом даних безпосередньо в ЕОМ), можна без перешкод штатним аерологічним вимірюванням проводити паралельну реєстрацію даних з високою роздільною здатністю. Перевага такого методу перед розміщенням десятка давачів за висотою споруди очевидна як із погляду затрат праці та фінансів, так і з методичних міркувань синхронізації вимірювань.

Для вимірювання вертикальних профілів вітрового тиску розроблено апаратно-програмний комплекс для підключення до аерологічної радіолокаційної станції. Він складається з апаратної частини для передачі даних радіолокатора на реєструвальне обладнання та пакетів програмного забезпечення для проведення автоматичних розрахунків усіх параметрів. Комплекс має паралельне підключення до обладнання радіолокатора завдяки гальванічній розв'язці, що дало змогу проводити його випробування і доробку одночасно під час декількох десятків планових випусків аерологічних зондів протягом двох останніх років, на основі яких зроблено висновки про вітровий тиск над різними типами забудови м. Львова.

Висновки

Для кожного населеного пункту і навіть для різних його районів зазначені характеристики різні і вимагають наявності спеціального обладнання, особливо для обстеження навантажень перед будівництвом висотної споруди, її реконструкції.

Уперше в будівельній практиці України та світу дослідження вітрового впливу на висотні споруди та атмосферне перенесення забруднень, зокрема будівельною промисловістю, пропонується виконати дистанційним методом з комплексним використанням висококласної аналогової та цифрової техніки на базі непристосованого для цієї мети обладнання для аерологічних спостережень служб Держкомгідромету.

Отримані результати можна використати для перевірки положень ДБН щодо профілів вітрового тиску для висотних споруд в умовах міської забудови, створення рекомендацій для нових будівельних Норм України, оцінки транскордонних перенесень забруднень у вільній атмосфері та для оптимізації експлуатації і будівництва висотних будівельних конструкцій у регіоні.

Бібліографічний список

1. Барштейн М. Ф. Ветровая нагрузка на здания и сооружения / Барштейн М. Ф. // Строительная механика и расчет сооружений. – М., 1974. – № 4. – С. 421.
2. Барштейн М. Ф. Воздействие ветра на здания и сооружения / Барштейн М. Ф. // Нагрузки и надежность строительных конструкций : Труды ЦНИИСК. –1973. – Вып. 21. – С. 65-84.
3. Белинский В. А. Аэрология / Белинский В. А., Побяхо В. А. – Л. : Гидрометеиздат, 1964. – 464 с.
4. Заварина М. В. Строительная климатология / Заварина М. В. – Л. : Гидрометеиздат, 1976. – 312 с.
5. Заварина М. В. Расчетные скорости ветра на высотах нижнего слоя атмосферы / Заварина М. В. – Л. : Стройиздат, 1971. – 262 с.

Лопатка С. Актуальні проблеми дослідження профілів змінного з висотою вітрового тиску на будівлі та споруди

Дослідження вітрового впливу на висотні споруди були використані для перевірки положень ДБН щодо профілів вітрового тиску для висотних споруд в умовах міської забудови, створення рекомендацій для нових будівельних Норм України, оцінки трансграничних перенесень забруднень у вільній атмосфері та для оптимізації експлуатації і будівництва висотних будівельних конструкцій у регіоні.

Ключові слова: будівельні конструкції, вітрове навантаження, автоматизація експерименту, нормування впливів та дій на споруди.

Lopatka S. Actual problems of research of variable profiles with height of wind pressure on buildings and structures

A study of wind effects on high-rise buildings to be used for the verification of provisions in DBC relative to the wind pressure profiles for high-rise buildings in urban areas, the creation of recommendations for new construction Norms of Ukraine, the assessment of transboundary perenesen pollutants in the free atmosphere and to optimize operation and construction of high-rise building construction in the region.

Key words: building structures, wind load, experiment automation, standardization impacts and impacts on structures.

Лопатка С. Актуальные проблемы исследования профилей переменного с высотой ветрового давления на здания и сооружения

Исследование ветрового воздействия на высотные сооружения были использованы для проверки положений ДБН относительно профилей ветрового давления для высотных сооружений в условиях городской застройки, создания рекомендаций для новых строительных Норм Украины, оценки трансграничных перенесений загрязнений в свободной атмосфере и для оптимизации эксплуатации и строительства высотных строительных конструкций в регионе.

Ключевые слова: строительные конструкции, ветровая нагрузка, автоматизация эксперимента, нормирования воздействий и воздействий на сооружения.