

Грыщевыч А. Обоснование выбора расчетной схемы сталежелезобетонной балочной конструкции при действии периодических тепловых воздействий

Обоснован выбор расчетной схемы описания процесса теплопроводности в поликомпонентной системе с целью изучения негативного влияния переменной во времени с периодическим законом температуры на несущую способность и эксплуатационную надежность сталежелезобетонных конструктивных элементов инженерных систем.

Ключевые слова: теплопроводность, гетерогенная среда, сталежелезобетонная строительная конструкция, периодичное изменение во времени, температура наружного средовища, гомогенизация, эксплуатационная надежность конструктивных элементов.

Стаття надійшла 30.08.2017.

УДК 691.328

ОЦІНКА РІЗНОПЛАНОВОСТІ ПІДХОДІВ ДО РОЗРАХУНКУ ВИСОТНОЇ КОНСТРУКЦІЇ З УРАХУВАННЯМ РЕАЛЬНОГО ПРОФІЛЮ ВІТРОВОГО ТИСКУ ВІДПОВІДНО ДО НОРМ РІЗНИХ КРАЇН

С. Лопатка, к. т. н.

Львівський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Дослідження присвячене одному питанню з-поміж широкого спектра проблем, що стоять перед сучасною будівельною наукою всього світу – встановленню обґрунтованих показників для вітрового навантаження на будівельні конструкції великої висоти, без чого розрахунки таких конструкцій можуть вестися хіба що на інтуїтивному рівні зі значними необґрунтованими запасами. Із введенням у дію ДБН В. 1. 2-2: 2006 «Навантаження і впливи» виникає багато питань про відповідність закордонним нормам розрахунку вітрових навантажень для висотних будівель. Підставою для проведення досліджень стали три основні чинники – поява практичних задач, пов'язаних із встановленням обладнання на не розрахованих для нього наявних висотних конструкцій з великим ступенем зношення; необхідність перегляду положень чинних будівельних норм через появу нової інформації; наявність доступу до стратегічного обладнання для вивчення атмосфери, яке раніше використовували лише для забезпечення потреб авіації та міжнародних оперативних обмінів даними з метою глобального прогнозу погоди на різні терміни, і не пристосоване для проблем будівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема дослідження впливу вітру на висотні будівельні конструкції стала предметом дослідження багатьох вчених (праці Кінаша Р.І., Коваленко В.А., Перельмутера А.В., Прусова В.А., Пістуна Є.П., Бурнаєва О., Пічугіна С.Ф.), проте питання про вертикальні профілі параметрів атмосфери для вивчення швидкісного напору вітру на висотні будівлі та

споруди вивчене недостатньо, оскільки ґрунтовні дослідження проводилися лише для впливу снігових навантажень.

Постановка завдання. Усі висотні споруди характеризуються високим рівнем відповідальності через їх велику висоту, розташування поблизу інших об'єктів та споруд, часто поблизу промислових об'єктів з небезпечними процесами. Як правило, вони є високих вартості та технологічної складності. Тому важливе завдання – забезпечення їх високого рівня міцності до зовнішніх силових впливів. Безпека конструкцій на стадії проектування забезпечується створенням резервів несучої здатності. Найпростішим способом створення резерву міцності є збільшення товщин елементів. Такий підхід широко застосовують на практиці за кордоном, наприклад, у Німеччині (норми СІСІND), проте чинними в Україні нормами він заборонений. Інші способи передбачають ускладнення розрахункових схем з метою створення адекватніших моделей конструкцій, деталювання з урахуванням особливостей поведінки конструкційних елементів. Для висотної вільностоячої споруди модель приймають у вигляді вертикального жорстко заземленого за нижній кінець консольного стрижня. Для норм інших країн, наприклад, Eurocode 1: Actions on structures – General actions – Part 1-4: Wind actions беруть вітер з 1-годинним усередненням та коефіцієнт надійності 1.5. В усіх варіантах норм базовою є статична складова вітрового тиску, а реального характеру зміни швидкості вітру з висотою споруди окремо не враховують, вважаючи, що він перебивається коефіцієнтом запасу за надійністю. Ці норми поширюються на проектування будівельних конструкцій, основ новозведених і реконструйованих будівель і споруд, встановлюють основні положення та правила щодо визначення навантажень і впливів, а також їх поєднань. Єврокод призначений для прогнозування характерної дії вітру на наземні споруди, він передбачає загальні структурні правила для створення дизайну та проектування конструкцій і комплектуючих виробів, EN 1991-1-4 дає рекомендації щодо визначення дії вітру для будівельних конструкцій та інженерних споруд. Його можна бути застосовувати до будівель з висотою до 200 м, мостів, з прольотом не більше ніж 200 м.

Характерною особливістю європейських норм порівняно з українськими є чітке врахування інтенсивності турбулентності, що дає змогу отримати точніші результати.

Виклад основного матеріалу. Основними критеріями граничних станів висотних споруд є розтягувальні напруження у верхній частині та (якщо це оболонка) стійкість пружної рівноваги поверхні у нижній частині споруди. Очевидним рішенням для підвищення міцності та мінімізації затрат матеріалу є виконання вільностоячої висотної споруди змінної геометрії з висотою, прикладом чого є вежа Ейфеля у Парижі. Якщо технологічно неможливо виконати конструкцію з плавною зміною геометрії (наприклад, димові труби тощо), використовують кілька циліндрів різного діаметра, що зменшується з висотою, які з'єднані між собою урізаними конічними вставками.

Нехай висотна споруда висотою H перебуває під дією змінного з висотою вітрового тиску $q(z)$ (1). Вважаємо, що основну частину вітрового навантаження

створює поверхня споруди, тому нехтуємо додатковими елементами – драбинами, поручнями, балконами, антенами, що створюють невеликі зосереджені сили у горизонтальному напрямі (рис.1).

$$q(z) = \frac{(A \cdot v(z))^2}{16}, \quad (1)$$

де A – коефіцієнт, що характеризує аеродинамічні властивості споруди;
 v – швидкість вітру на висоті z .

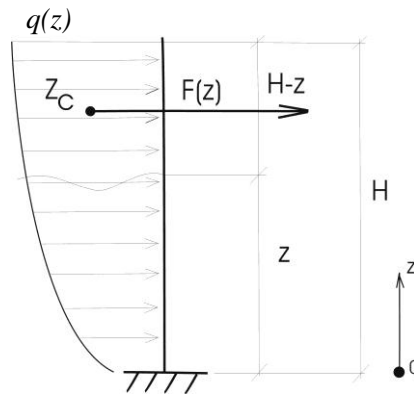


Рис. 1. Розрахункова схема вільностоячої висотної споруди

Швидкість вітру відповідно до чинних рекомендацій із розрахунку будівель і споруд на дію вітру задається формулою (2):

$$v(z) = v_{10} \cdot \left(\frac{z}{z_{10}} \right)^\alpha, \quad (2)$$

де z – висота від поверхні ґрунту; z_{10} – висота встановлення анемометра під час спостережень для визначення швидкості приземного вітру; v_{10} – швидкість на висоті встановлення анемометра з десятихвилинним усередненням, що повторюється один раз на 40 років; α – показник форми профілю швидкості вітру для конкретного будівельного майданчика.

Враховуючи попередні формули, можна записати значення змінного z висотою вітрового тиску у вигляді (3):

$$q(z) = \frac{A^2}{16^2} \left[v_{10} \cdot \frac{z^{2\alpha}}{z_{10}^{2\alpha}} \right] = \frac{A^2 \cdot v_{10}^2}{16 \cdot z_{10}^2} \cdot z^{2\alpha} \quad (3)$$

Виносячи параметри, що не залежать від висоти споруди, введемо окрему змінну для спрощення обчислень, яка є константою для цієї задачі (4):

$$g = \frac{A^2 \cdot v_{10}^2}{16 \cdot z_{10}^2}, \quad (4)$$

Тут вважається, що форма споруди, а отже, її аеродинамічний коефіцієнт « A », з висотою не змінюється. З урахуванням цього вітровий тиск на одиницю площі споруди на висоті « z » від поверхні землі задається виразом (5):

$$q(z) = \vartheta \cdot z^{2\alpha}, \quad (5)$$

Визначимо значення згинального моменту M залежно від висоти поперечного перерізу від землі « z » (6):

$$M(z) = F(z) \cdot h(z), \quad (6)$$

де $F(z)$ – значення рівнодійної сили від розподіленого навантаження $q(z)$ на відрізьку від верхнього кінця консолі до позначки висоти « z »; $h(z)$ – плече рівнодійної сили $F(z)$ до позначки висоти « z »;

Враховуючи вираз для плеча рівнодійної сили на відрізьку, отримаємо (7):

$$M(z) = F(z) \cdot (z_c(z) - z), \quad (7)$$

де $z_c(z)$ – центр ваги графіка, розподіленого за висотою вітрового навантаження $q(z)$ на відрізьку від верхнього кінця консолі до позначки висоти « z ». Інтегруючи розподілене навантаження за довжиною досліджуваного відрізька, знайдемо рівнодійну $F(z)$ (8):

$$F(z) = \int_z^H q(\zeta) d\zeta, \quad (8)$$

Координата положення центру прикладання рівнодійної сили визначається зі залежності (9):

$$z_c(z) = \frac{\int_z^H q(\zeta) \cdot \zeta \cdot d\zeta}{\int_z^H q(\zeta) d\zeta} + z, \quad (9)$$

Враховуючи співвідношення між згинальним моментом та моментом опору поперечного перерізу, отримаємо вираз для визначення геометричних характеристик поперечного перерізу з висотою з урахуванням досягнення в кожній точці перерізу граничного напруження $[\sigma]$ (10).

$$W(z) = \frac{M(z)}{[\sigma]} = \frac{A^2 \cdot v_{10}^2}{16 \cdot z_{10}^2 \cdot H^{2\alpha+2} \cdot (2\alpha+2) \cdot [\sigma]} \cdot \left[1 - \left(\frac{z}{H} \right)^{2\alpha+2} \right], \quad (10)$$

де H – висота споруди.

Точність встановлення коефіцієнта для профілю вітрового тиску на конкретному будівельному майданчику дуже важливо. Подальші розрахунки необхідно проводити з урахуванням геометрії споруди. Якщо розраховувати димар, для якого збільшення товщини металевих або цегляних стінок донизу незначно впливає на ширину у профіль, тоді можна знехтувати спаданням $q(z)$ з висотою внаслідок звуження труби.

Висновки. Показано, що жорсткість вільностоячої висотної конструкції під дією статичного вітрового навантаження, змінного з висотою, описується

параболою ступеня від 2.6 до 3.1 з параметрами, що враховують шорсткість підстиляльної поверхні та аеродинамічні властивості споруди. Показано великий вплив профілю зміни вітрового навантаження з висотою на значення максимального згинального моменту, який за зміни параметра α на 25% зростає удвічі. Порівняння вітрового навантаження, визначеного за ДБН В. 1. 2-2: 2006 «Навантаження і впливи» з закордонними аналогами, показало розбіжність результатів у 12-37%. Це свідчить про недосконалість методики, викладеної у ДБН В. 1. 2-2: 2006, оскільки у вітчизняних нормах недостатньо враховуються такі динамічні навантаження, як інтенсивність турбулентності. Отже, рекомендується і надалі досліджувати це питання, покращуючи наявну нормативну базу.

Бібліографічний список

1. Пічугін С. Ф. Порівняльний аналіз розрахункових схем снігового навантаження біля перепадів висот будівель за нормами різних країн / С. Ф. Пічугін, Ю. В. Дрижирук // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – 2009. – Вип. 18. – Рівне : НУВГП, 2009. – С. 406-413.
2. Пичугин С. Ф. Ветровая нагрузка на строительные конструкции (монография) / С. Ф. Пичугин, А. В. Махінько. – Полтава : Изд-во «АСМИ», 2005. – 342 с.
3. CEN, European Committee for Standardization, «Eurocode 1: Basis of Design and Action on Structures, Part 1-4: Wind Action», ENV 1991-1-4 Brussel, 1994.
4. Structural Design Actions. Part 2: Wind Actions: AS/NZS 1170. 2: 2002. – [2002-06-04]. – Sydney, Australia: Standards Australia. – 92 p.
5. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В. 1. 2-2: 2006. – [Чинний від 2007-01-01]. – К. : Сталь, 2006. – 120 с.

Лопатка С. Оцінка різноплановості підходів до розрахунку висотної конструкції з урахуванням реального профілю вітрового тиску відповідно до норм різних країн

Усі висотні споруди характеризуються високим рівнем відповідальності через їх велику висоту, розміщення поблизу інших об'єктів та споруд, часто поблизу промислових об'єктів з небезпечними процесами. Як правило, вони є високих вартості та технологічної складності. Тому важливо забезпечити їх високий рівень міцності до зовнішніх силових впливів. Безпека конструкцій на стадії проектування забезпечується створенням резервів несучої здатності. Найпростішим способом створення резерву міцності є збільшення товщин елементів. Характерною особливістю європейських норм порівняно з українськими є чітке врахування інтенсивності турбулентності, що дає змогу отримати точніші результати. Показано, що жорсткість вільностоячої висотної конструкції під дією статичного вітрового навантаження, змінного з висотою, описується параболою ступеня від 2.6 до 3.1 з параметрами, що враховують шорсткість підстиляльної поверхні та аеродинамічні властивості споруди. Порівняння вітрового навантаження, визначеного за ДБН В. 1. 2-2: 2006 «Навантаження і впливи» зі закордонними аналогами, забезпечило розбіжність результатів у 12-37%. Це свідчить про недосконалість методики, викладеної у ДБН В. 1. 2-2: 2006, оскільки у вітчизняних нормах недостатньо враховані такі динамічні навантаження, як інтенсивність турбулентності.

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

Lopatka S. Evaluation multilevel approach to calculate altitude designs with real wind pressure profile in accordance with different countries

All high-rise buildings are characterized by a high level of responsibility due to their high altitude, proximity to other facilities and buildings, often near industrial facilities with hazardous processes. Typically, they are high cost and technological complexity. For this important task of ensuring a high level of durability to external force impacts. Security structures at the design stage ensured provisioning bearing capacity. The easiest way to create a reserve of strength is to increase the thickness of the elements. A characteristic feature of European standards in comparison with the Ukrainian a clear account of turbulence intensity, allowing more accurate results. It is shown that the stiffness of free standing high-rise structures under static wind load, alternating with height, describes a parabola degree of 2.6 to 3.1 with parameters that take into account the underlying surface roughness and aerodynamic properties of the structure. Comparing wind load specified by DBN V. 1. 2-2: 2006 «Loads and effects» with foreign counterparts made the difference results in 12-37%. This shows the inadequacy of the method described in DBN V. 1. 2-2: 2006 since domestic standards are not taken into account the dynamic loads as the intensity of turbulence.

Key words: structures, wind load, valuation effects and actions on structures.

Лопатка С. Оценка разноплановости подходов к расчету высотной конструкции с учетом реального профиля ветрового давления в соответствии с нормами разных стран

Все высотные сооружения характеризуются высоким уровнем ответственности за их большую высоту, нахождение вблизи других объектов и сооружений, часто вблизи промышленных объектов с опасными процессами. Как правило, они являются высокостоящими и технологически сложными. Поэтому важной является задача обеспечения их высокого уровня прочности к внешним силовым воздействиям. Безопасность конструкций на стадии проектирования обеспечивается созданием резервов несущей способности. Самым простым способом создания резерва прочности является увеличение толщины элементов. Характерной особенностью европейских норм по сравнению с украинскими есть четкий учет интенсивности турбулентности, что позволяет получить более точные результаты. Показано, что жесткость свободстоящей высотной конструкции под действием статической ветровой нагрузки, переменного с высотой, описывается параболой степени от 2.6 до 3.1 с параметрами, учитывающими шероховатость подстилающей поверхности и аэродинамические свойства сооружения. Сравнение ветровой нагрузки, определенное по ГСН 1. 2-2: 2006 «Нагрузки и воздействия», с зарубежными аналогами, дало расхождение результатов в 12-37%. Это свидетельствует о несовершенстве методики, изложенной в ГСН 1. 2-2: 2006, поскольку в отечественных нормах недостаточно учитываются такие динамические нагрузки, как интенсивность турбулентности.

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

Стаття надійшла 01.06.2017.

УДК 624.07

ВИПРОБУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЗРАЗКІВ ПОЛОГОЇ СТРУКТУРНО-ВАНТОВОЇ ОБОЛОНКИ ЗІ СУЦІЛЬНИМ НИЖНІМ ПОЯСОМ

Л. Стороженко, д. т. н., Г. Гасій, к. т. н.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Постановка проблеми. Структурно-вантова оболонка – сучасна конструкція, яка має оригінальне рішення [1]. Оболонка складається з модульних просторових елементів й нижнього пояса. Запропонована конструкція характеризується добрими техніко-економічними показниками [2] та є альтернативою класичним рішенням у будівництві покриттів великопролітних промислових і громадських будівель [3]. Однак недостатня вивченість роботи конструкції під дією навантаження стримує їх розвиток. З огляду на зазначене, експериментальне дослідження роботи структурно-вантової оболонки дасть поштовх до подальшого вивчення та впровадження цих конструкцій у практику будівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що структурно-вантові покриття ґрунтовно досліджені: обґрунтовано ефективність розроблених конструкцій; здійснено пошук й удосконалення конструктивних рішень; розроблено способи забезпечення сумісної роботи елементів; розроблені вузлові з'єднання, модульні елементи [4–5]. Експериментально та чисельно досліджено напружено-деформований стан окремих несучих елементів покриття [6–7]. Однак дослідження особливостей просторової роботи конструкції загалом не виконували.

Постановка завдання. Наше завдання – експериментально дослідити просторову роботу структурно-вантової полової оболонки та виявити особливості її деформування, а також встановити сумісність роботи складових елементів.

Виклад основного матеріалу. Для отримання експериментальних даних, які дадуть можливість об'єктивно оцінити особливості роботи структурно-вантових покриттів, запроектовано та виготовлено дослідні зразки циліндричної полової структурно-вантової оболонки (рис. 1). Кожен зразок структурно-вантової оболонки складався зі семи аркових структурно-вантових плит, кожна з яких була зібрана зі семи просторових модулів.

Для виготовлення зразків було застосовано матеріали з фізико-механічними властивостями, що звичайно використовують для будівельних конструкцій. Зокрема було використано латуні трубки та сталевий оцинкований дріт. Після збирання всіх елементів у єдину конструкцію, її було встановлено на опорну частину. З'єднання елементів між собою по верхньому поясі здійснювалося на болтах, а по нижньому – сталевим суцільним дротом.