

Определение коэффициентов пульсаций давления при расчете сооружений на воздействие ветра

Б. В. ОСТРОУМОВ,

зав. отделом высотных сооружений, д-р техн. наук, лауреат Государственной премии, засл. строитель РФ

М. А. ГУСЕВ,

канд. физ.-мат. наук

Согласно нормативным документам [1, 2] пульсационная составляющая ветровой нагрузки W_p на высоте z определяется по формуле

$$W_p = W_m \zeta v; \quad (1)$$

где W_m — статическая составляющая ветровой нагрузки; ζ — коэффициент пульсаций давления ветра на высоте z ; v — коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра.

При этом коэффициент пульсаций давления ветра находят по формуле из [2]

$$\zeta = 2\alpha_c \gamma_t, \quad (2)$$

где α_c — коэффициент обеспеченности; γ_t — интенсивность турбулентности на уровне z .

Интенсивность турбулентности определяется выражением из [2]

$$\gamma_t(z) = \sigma_v \left(\frac{z}{10} \right)^{-\alpha}, \quad (3)$$

где σ_v — стандарт пульсаций скорости ветра; α — показатель степени в степенном законе изменения скорости ветра с высотой [2], зависящей от типа местности (А, В, С [1])

$$\sigma_v = \left[\int S_v(n) dn \right]^{1/2}, \quad (4)$$

где $S_v(n)$ — энергетический спектр продольной пульсации скорости ветра; n — частота.

В настоящее время в нормах России и других стран используется эмпирический спектр Девенпорта [1–3], полученный на основе анализа спектров продольной пульсации скорости при сильных ветрах. Этот спектр имеет вид:

$$S_v(n) = \frac{2k_0 \bar{V}_0^2 u^2}{n(1+u^2)^{4/3}}, \quad (5)$$

где \bar{V}_0 — средняя часовая скорость ветра на стандартной высоте анемометра (10 м); k_0 — коэффициент лобового сопротивления земной поверхности, принимаемый равным: 0,005 для открытой местности (тип А), 0,01 — для лесных массивов и окраин городов (тип В), 0,04 — для центров городов (тип С); $u = nL/\bar{V}$ — приведенная частота; $L = 1200$ м — масштаб длины.

Тогда коэффициент пульсаций давления ветра находят по формуле

$$\zeta = 2\alpha_c \left[\int_0^\infty \frac{2k_0 \bar{V}_0^2 (nL/\bar{V})^2 dn}{n[1+(nL/\bar{V})^2]^{4/3}} \right]^{1/2} \left(\frac{z}{10} \right)^{-\alpha}. \quad (6)$$

Выражение (6) дает суммарное значение ζ по всему спектру пульсаций скорости ветра. Соответственно оп-

ределяемая на основании $\zeta_{\text{сум}}$ реакция сооружений на ветровые воздействия (перемещения, усилия, напряжения и др.) также является суммарной, т. е. имеет место во всем частотном диапазоне спектра турбулентных пульсаций скорости ветра.

Однако фактически спектр реакции сооружений на воздействие ветра имеет два четко выраженных максимума: один, низкочастотный (или квазистатический), на частоте максимума спектра пульсаций ветра и второй, высокочастотный (или резонансный), на частотах собственных колебаний сооружений [4].

При этом во многих случаях представляет интерес определение динамической реакции сооружений на воздействие пульсаций скорости ветра отдельно в квазистатическом и резонансном диапазонах частот.

Такое разделение необходимо, например, при расчете сооружений на усталостную прочность и долговечность [5], а также сооружений, несущих остронаправленные антенны, по второму предельному состоянию, при расчете динамических гасителей колебаний, устанавливаемых на сооружениях, и т. д.

В указанных случаях необходимо использовать значения коэффициентов пульсаций давления ветра ζ , определенных отдельно для квазистатического и резонансного диапазонов спектра турбулентных пульсаций скорости ветра, т. е. $\zeta_{\text{квст}}$ и $\zeta_{\text{рез}}$.

С этой целью предлагается использовать следующие выражения:

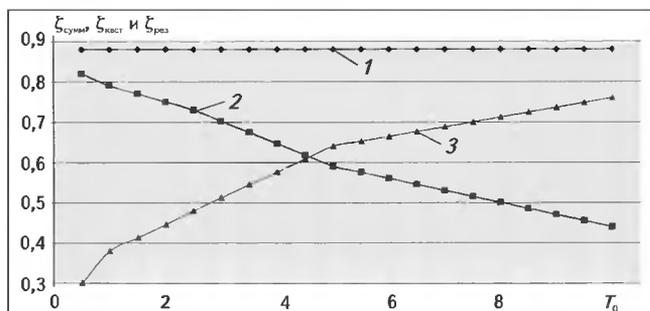
$$\zeta_{\text{квст}} = 2\alpha_c \left[\int_0^{0,5n} \frac{2k_0 \bar{V}_0^2 (nL/\bar{V})^2 dn}{n[1+(nL/\bar{V})^2]^{4/3}} \right]^{1/2} \left(\frac{z}{10} \right)^{-\alpha}; \quad (7)$$

$$\zeta_{\text{рез}} = 2\alpha_c \left[\int_{0,5n}^\infty \frac{2k_0 \bar{V}_0^2 (nL/\bar{V})^2 dn}{n[1+(nL/\bar{V})^2]^{4/3}} \right]^{1/2} \left(\frac{z}{10} \right)^{-\alpha}, \quad (8)$$

где n_0 — частота собственных колебаний сооружения.

В качестве примера на *рисунке* представлены

Зависимость коэффициентов пульсаций давления ветра $\zeta_{\text{сум}}$ (1), $\zeta_{\text{квст}}$ (2) и $\zeta_{\text{рез}}$ (3) от периода собственных колебаний сооружений T_0



значения $\zeta_{\text{сум}}$, $\zeta_{\text{квст}}$ и $\zeta_{\text{рез}}$, вычисленные по формулам (6)–(8) для сооружений с собственными периодами колебаний 0,5–10 с (частота от 2 до 0,1 Гц), расположенных в IV–VII ветровых районах [1] для местности типа В, где $\alpha = 0,22$. Из рисунка следует, что $\zeta_{\text{сум}}$ с изменением частот (периодов) собственных колебаний сооружений не изменяется. $\zeta_{\text{квст}}$ уменьшается, а $\zeta_{\text{рез}}$ возрастает с увеличением периода собственных колебаний сооружения. Равенство значений $\zeta_{\text{квст}}$ и $\zeta_{\text{рез}}$ имеет место при $T_0 = 4,5$ с ($n_0 = 0,22$ Гц).

Эти данные могут быть использованы при расчете сооружений на воздействие порывов ветра с отдельным определением реакции сооружений в квазистатической и резонансной областях спектра порывов ветра [3–5].

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия.
2. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра. М.: Стройиздат, 1978.
3. Остроумов Б. В. Исследования, разработка и внедрение высотных сооружений с гасителями колебаний: Дис... д-ра техн. наук. М., 2003.
4. Остроумов Б. В., Гусев М. А. О квазистатической составляющей реакции сооружений на порывы ветра // Пром. и гражд. стр-во. 2005. № 2.
5. Остроумов Б. В., Гусев М. А. Расчет сооружений на усталостную долговечность с учетом разделения их реакций на порывы ветра на квазистатическую и резонансную составляющие // Пром. и гражд. стр-во. 2005. № 5. ■

ЦНИИПСК им. МЕЛЬНИКОВА распространяет нормативно-техническую документацию

- СТО 22-01-02. Руководство по эксплуатации несущих стальных конструкций покрытий зданий, выполненных из кипящих сталей.
- СТО 22-02-02. Руководство по обследованию и определению остаточного ресурса несущих стальных конструкций покрытий зданий, выполненных из кипящих сталей.
- СТО 22-03-03. Руководство по расследованию технических причин аварии при обрушении покрытия производственного здания.
- СТО 22-04-02. Руководство по отбору микропроб, проб и определению механических свойств сталей в металлических конструкциях неразрушающим методом.
- СТО 22-05-04. Руководство по определению индивидуального ресурса стальных подкрановых балок с усталостными трещинами в стенках и временной эксплуатации балок. Ч. 1. Основные положения (Предназначено для экспертов).
- СТО 22-06-04. Эксплуатация стальных конструкций промышленных зданий. Термины. Технические понятия + СТО 02494680-0040-2004.
- СТО 0030-2004. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Правила технического диагностирования, ремонта и реконструкции.
- СТО-0031-2004. Конструкции стальные строительные. Болтовые соединения. Сортамент и область применения.
- СТО 02494680-0033.1-2004. Расчет и назначение точности в чертежах КМ.
- СТО 02494680-0033.2-2004. Метрологическое обеспечение чертежей КМ.
- СТО 02494680-0033.3-2004. Метрологическое обеспечение. Правила контроля параметров при авторском надзоре, обследовании и реконструкции.
- СТО 02494680-0034-2004. Покрытия защитные термодиффузионные цинковые на элементах металлических конструкций и крепежных изделиях. Общие технические условия.
- СТО 02494680-0035-2004. Конструкции металлические. Состав и оформление рабочих чертежей марки КМ.
- СТО 02494680-0049-2005. Конструкции стальные строительные. Основные принципы расчета на прочность, устойчивость, усталостную долговечность и сопротивление хрупкому разрушению.
- СТО 02494680-0050-2005. Система защиты металлических конструкций от коррозии. Изделия крепежные из стали обычной и высокой прочности, оцинкованные термодиффузионным методом. Общие технические условия.
- СТО 0041-2004. Конструкции стальные строительные. Болтовые соединения. Проектирование и расчет.
- СТО 0043-2005. Настилы стальные профилированные для покрытия зданий и сооружений. Проектирование, изготовление, монтаж.
- СТО 02494680-0045-2005. Прокат для строительных стальных конструкций. Марки стали.
- СТО 02494680-0046-2005. Соединения сварные стальных металлических конструкций. Общие требования при проектировании, изготовлении и монтаже.
- СТО 0047-2005. Перекрытия сталежелезобетонные с монолитной плитой по стальному профилированному настилу. Расчет и проектирование.
- СТО 0048-2005. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для хранения жидких продуктов. Правила проектирования.
- СТО 0051-2006. Конструкции стальные строительные. Болтовые соединения. Изготовление и монтаж.
- СТО 02494680-0052-2005. Система проектной документации для строительства. Конструкции металлические. Состав и правила оформления чертежей марки КМ. Стадия «Проект».

Тел. (495) 128-57-73 (Т. И. Простякова), факс (495) 960-22-77