

УДК 624.014.2

**Особенности определения ветровой нагрузки
на навесы по СНиП 2.01.07–85 и ТКП EN 1991-1-4–2009**

Шарикова М.А.

(Научный руководитель – Лагун Ю.И.)

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

Введение

Целью настоящей работы является сравнение методик определения ветровой нагрузки на навесы по СНиП 2.01.07–85 и ТКП EN 1991-1-4–2009. Для выполнения задачи приведем основные расчетные положения по обоим нормативным документам.

**1. Определение ветровой нагрузки по СНиП 2.01.07–85
«Нагрузки и воздействия»**

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки на высоте z над поверхностью земли определяется по формуле:

$$w = w_0 \cdot k \cdot c, \quad (1)$$

где w_0 – нормативное значение ветрового давления;

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности (различают 3 типа местности: А, В и С);

c – аэродинамический коэффициент, который определяется будет как коэффициент внешнего давления c_e .

Расчетная погонная нагрузка на поперечную раму будет составлять:

$$q_w = w \cdot \gamma_f \cdot B, \quad (2)$$

где γ_f – коэффициент надежности по нагрузке для ветровой нагрузки, принимаемый равным 1.4;

B – шаг поперечных рам здания.

**2. Определение ветровой нагрузки по ТКП EN 1991-1-4–2009
«Воздействия на конструкции»**

Базовое значение скорости ветра определяется по формуле:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}, \quad (3)$$

где $v_{b,0}$ – основное значение базовой скорости ветра, которое является характеристическим значением средней скорости ветра на уровне 10 м над поверхностью земли для II типа местности и определяется по карте ветровых районов национального приложения к ТКП EN;

c_{dir} – коэффициент, учитывающий направление ветра и определяемый по таблице национального приложения к ТКП EN;

c_{season} – сезонный коэффициент, равный 1.

Средняя скорость ветра на высоте z над уровнем земли определяется по формуле:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b, \quad (4)$$

где $c_0(z)$ – орографический коэффициент, равный 1;

$c_r(z)$ – коэффициент, учитывающий изменчивость средней скорости ветра $v_m(z)$ в месте расположения сооружения в зависимости от высоты над уровнем земли и шероховатости местности с наветренной стороны сооружения для рассматриваемого направления ветра.

Для определения коэффициента $c_r(z)$ рекомендуется метод, который базируется на логарифмическом законе изменения профиля скорости по высоте:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \text{ для } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}, \quad (5)$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \text{ для } z < z_{\min}, \quad (6)$$

где z_0 – параметр шероховатости, который определяется по таблице в зависимости от типа местности (различают 5 типов местности: 0, I, II, III и IV);

z_{\min} – минимальная высота, которая определяется по таблице в зависимости от типа местности;

z_{\max} – максимальная высота, равная 200м;

k_r – коэффициент местности, зависящий от параметра шероховатости по следующей формуле: $k_r = 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,ji}}\right)^{0.7}$;

$z_{0,ji}$ – 0,05 м (для типа местности II).

Интенсивность турбулентности на высоте z вычисляется по следующему выражению:

$$l_v(z) = \frac{k_i}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_o)} \text{ для } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}, \quad (7)$$

$$l_v(z) = l_v(z_{\min}) \text{ для } z < z_{\min}, \quad (8)$$

где k_i – коэффициент турбулентности, принимаемый равным 1.

Пиковое значение скоростного напора на высоте z определяется по формуле:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot l_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z), \quad (9)$$

где ρ – плотность воздуха, которая зависит от высоты над уровнем моря, температуры и барометрического давления и в расчетах принимается равной 1.25 кг/м³.

Ветровое давление на поверхности вычисляется по следующему выражению:

$$w = q_p(z_e) \cdot c_{p,net}, \quad (10)$$

где z_e – базовая высота;

$c_{p,net}$ – коэффициент давления нетто, который определяется по таблице в зависимости от угла наклона покрытия навеса, степени заграждения φ и зоны определения ветрового давления.

Расчетная погонная нагрузка на поперечную раму будет составлять:

$$q_w = w \cdot \gamma_Q \cdot B, \quad (11)$$

где γ_Q – частный коэффициент безопасности для ветровой нагрузки, принимаемый равным 1.5;

B – шаг поперечных рам здания.

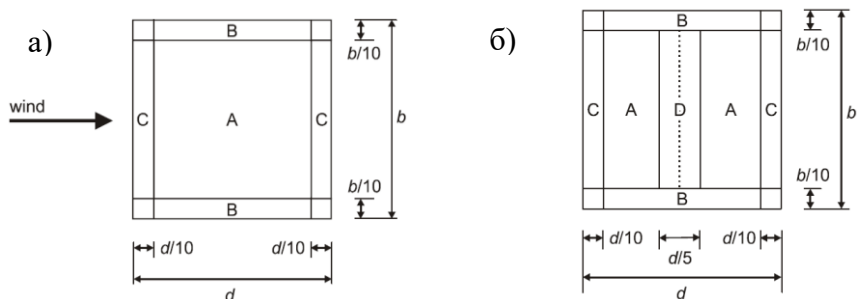


Рисунок 1 – Зоны определения ветрового давления для навеса:
 а – односкатного, б – двускатного и корытного сечения

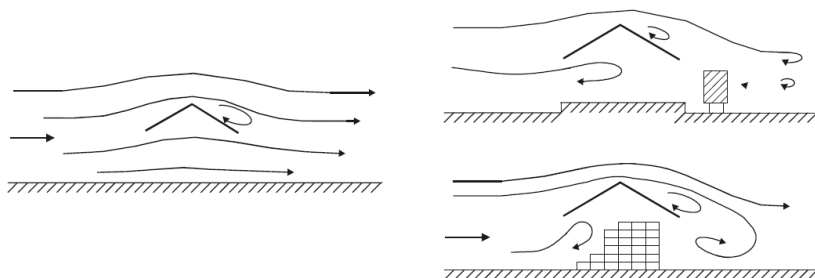


Рисунок 2 – Обтекание отдельно стоящих навесов:

- а – пустой отдельно стоящий навес $\varphi = 0$;
- б – навес, загражденный с подветренной стороны $\varphi = 1$

3. Сравнение методик определения ветровой нагрузки

Для сравнения методик определим ветровую нагрузку для двухскатного навеса пролетом 46 м с углом наклона кровли 5° и отметкой низа покрытия навеса +6.300. Шаг поперечных рам $B = 6$ м. Другие дополнительные исходные данные будут указываться ниже.

3.1. Расчет по СНиП 2.01.07–85 «Нагрузки и воздействия»

Нормативное значение ветрового давления w_0 для I ветрового района составляет 0.23 кПа. Коэффициент k при типе местности А на высоте $z = 6.3$ м будет равен 0.82.

Значения коэффициентов внешнего давления c_e представлены на рисунке 3.

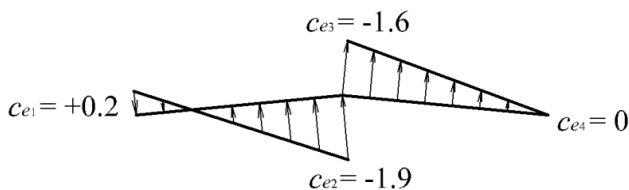


Рисунок 3 – Значения коэффициентов внешнего давления c_e

Таким образом, погонная расчетная ветровая нагрузка на ригель рамы навеса:

$$q_{w1} = 0.23 \cdot 0.82 \cdot 0.2 \cdot 1.4 \cdot 6 = 0.32 \text{ кН/м,}$$

$$q_{w2} = 0.23 \cdot 0.82 \cdot 1.9 \cdot 1.4 \cdot 6 = 3.01 \text{ кН/м,}$$

$$q_{w3} = 0.23 \cdot 0.82 \cdot 1.6 \cdot 1.4 \cdot 6 = 2.53 \text{ кН/м,}$$

$$q_{w4} = 0 \text{ кН/м.}$$

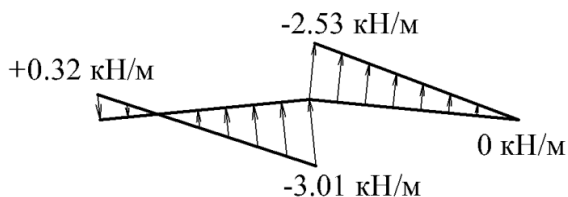


Рисунок 4 – Схема загрузки ветровой нагрузкой по СНиП II-23-81*

3.2. Расчет по ТКП EN 1991-1-4–2009 «Воздействия на конструкции»

Определим базовое значение скорости ветра по формуле:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,o} = 0.8 \cdot 1 \cdot 24 = 19.2 \text{ м/с,}$$

где $v_{b,o} = 24 \text{ м/с}$ – для места строительства навеса – г. Гродно;

$c_{dir} = 0.8$ – для 1 сектора.

Коэффициент местности k_r вычислим следующим образом:

$$k_r = 0.19 \cdot \left(\frac{z_o}{z_{o,j}} \right)^{0.7} = 0.19 \cdot \left(\frac{0.05}{0.05} \right)^{0.7} = 0.19,$$

где $z_o = 0.05 \text{ м}$ – для II типа местности 0.05 м .

Тогда коэффициент $c_r(z)$ при $z_e = 6.3$ м будет составлять:

$$c_r(z_e) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_o}\right) = 0.19 \cdot \ln\left(\frac{6.3}{0.05}\right) = 0.92.$$

Найдем среднюю скорость ветра на базовой высоте $z_e = 6.3$ м по формуле:

$$v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0.92 \cdot 1 \cdot 19.2 = 17.64 \text{ м/с}.$$

Интенсивность турбулентности на высоте $z_e = 6.3$ м вычисляем по следующему выражению:

$$l_v(z_e) = \frac{k_i}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_o)} = \frac{1}{1 \cdot \ln(6.3/0.05)} = 0.21.$$

Тогда пиковое значение скоростного напора при $z_e = 6.3$ м:

$$\begin{aligned} q_p(z_e) &= [1 + 7 \cdot l_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = \\ &= [1 + 7 \cdot 0.21] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1.25 \cdot 17.64^2 = 476.12 \text{ Æ} \end{aligned}$$

Значения коэффициентов давления нетто $c_{p,net}$ представлены на рисунке 5.

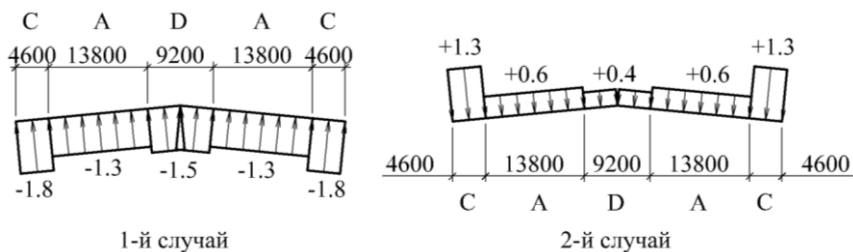


Рисунок 5 – Значения коэффициентов давления нетто $c_{p,net}$

Погонная расчетная ветровая нагрузка на ригель рамы навеса:

1-й случай

$$q_{wC} = 476.12 \cdot 1.8 \cdot 6 \cdot 1.5 = 7.71 \text{ кН/м},$$

$$q_{wA} = 476.12 \cdot 1.3 \cdot 6 \cdot 1.5 = 5.57 \text{ кН/м},$$

$$q_{wD} = 476.12 \cdot 1.5 \cdot 6 \cdot 1.5 = 6.44 \text{ кН/м}.$$

2-й случай

$$q_{wC} = 476.12 \cdot 1.3 \cdot 6 \cdot 1.5 = 5.57 \text{ кН/м,}$$

$$q_{wA} = 476.12 \cdot 0.6 \cdot 6 \cdot 1.5 = 2.57 \text{ кН/м,}$$

$$q_{wD} = 476.12 \cdot 0.4 \cdot 6 \cdot 1.5 = 1.71 \text{ кН/м.}$$

Таким образом, получаем две схемы загрузки рамы ветровой нагрузкой (рисунок 6).

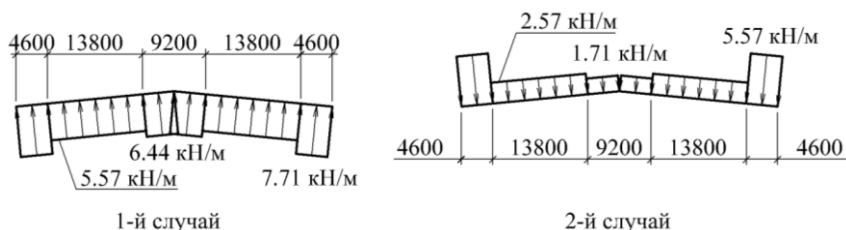


Рисунок 6 – Схемы загрузки ветровой нагрузкой по ТКП EN 1991-1-4–2009

Выводы

Результаты определения ветровой нагрузки по СНиП 2.01.07–85 и ТКП EN 1991-1-4–2009 различаются. Причинами столь значительной разницы в значениях могут являться следующие отличия в расчетных положениях двух нормативных документов:

1) ТКП EN регламентирует разбиение местности по типу на пять категорий в отличие от трех в СНиП.

2) СНиП для перехода от нормативной нагрузки к расчетной приводит коэффициент надежности γ_f , равный 1.4, в то время как ТКП EN предлагает вводить частный коэффициент безопасности γ_Q , равный 1.5.

3) СНиП дает 1 вариант численных значений коэффициентов внешнего давления нетто c_e в отличие от ТКП EN, который предлагает 2 варианта численных значений коэффициентов давления нетто $c_{p,net}$.

Литература

1. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия.
2. ТКП EN 1991-1-4. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия.