

СРАВНЕНИЕ ТКП EN 1991-1-4 И СНИП 2.01.07 ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ДЫМОВЫЕ ТРУБЫ

Ветер, возникающий в атмосфере, представляет собой турбулентное движение среды, которое характеризуется чрезвычайно нерегулярным и беспорядочным изменением скорости во времени в каждой точке пространства. Мгновенное значение скорости в турбулентном потоке можно представить как результат наложения пульсационной составляющей скорости на её среднее значение. Таким образом, ветровую нагрузку следует определять как сумму **средней и пульсационной** составляющих.

При расчёте многоэтажных зданий высотой до 40 м и одноэтажных производственных зданий высотой до 36 м при отношении высоты к пролету менее 1,5, размещаемых в местностях типов А и В, пульсационную составляющую ветровой нагрузки СНИП 2.01.07 допускает не учитывать.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m на высоте z над поверхностью земли следует определять по формуле:

$$w_m = w_0 \cdot k \cdot c \quad (1)$$

Здесь w_0 - нормативное значение ветрового давления, которое для Республики Беларусь равно 0,23 кПа, что соответствует базовой скорости ветра $v_b = 19,183$ м/с (в терминологии [2]).

Нормы [2] предполагают включение турбулентной (пульсационной) составляющей ветровой нагрузки для расчета любых зданий и сооружений.

Пиковое значение скоростного напора на высоте z , включающее в себя средние и пульсационные изменения скорости ветра, определяется следующим образом:

$$q_p(z) = 1 + 7I_v(z) \times \frac{1}{2} \rho \times v_m^2(z) = c_e(z) \times q(z), \quad (2)$$

где $c_e(z)$ — коэффициент экспозиции, учитывающий изменение скоростного напора по высоте;

ρ — плотность воздуха, которая зависит от высоты над уровнем моря, температуры и барометрического давления (рекомендуется $\rho = 1,25 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$),

q_b — значение среднего (базового) скоростного напора, определяется по формуле:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (3)$$

Динамика сооружений вдоль ветрового потока учитывается в [1] коэффициентом динамичности ξ в случае, когда основная частота собственных колебаний меньше предельной частоты f_l . В нормах [2] этот момент учитывается коэффициентом $c_s c_d$, который может быть разделен в национальном приложении на размерный коэффициент c_s и коэффициент динамичности c_d . Однако в национальном приложении РБ к [2] это не сделано, что, на наш взгляд, не позволяет наиболее адекватно оценить физику явления. Единый конструктивный коэффициент определяется выражением:

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot l_v \cdot (z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot l_v \cdot (z_s)}, \quad (4)$$

Линейная распределенная нагрузка на трубу определяется по формуле, сходной для обеих Норм. Приведем ее в записи [2]:

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad (5)$$

здесь c_f — аэродинамический коэффициент. В нормах [1] и [2] он определяется почти и одинаково.

Для определения коэффициента динамичности необходимо знать частотные характеристики сооружения, которые могут быть определены в результате модального анализа, выполненного в одной из программ, реализующей МКЭ.

Для сопоставления ветровых воздействий, определенных по СНиП и ТКП EN нами были проведены расчеты стальной дымовой трубы высотой 40 м в г. Минске (рисунок 1).

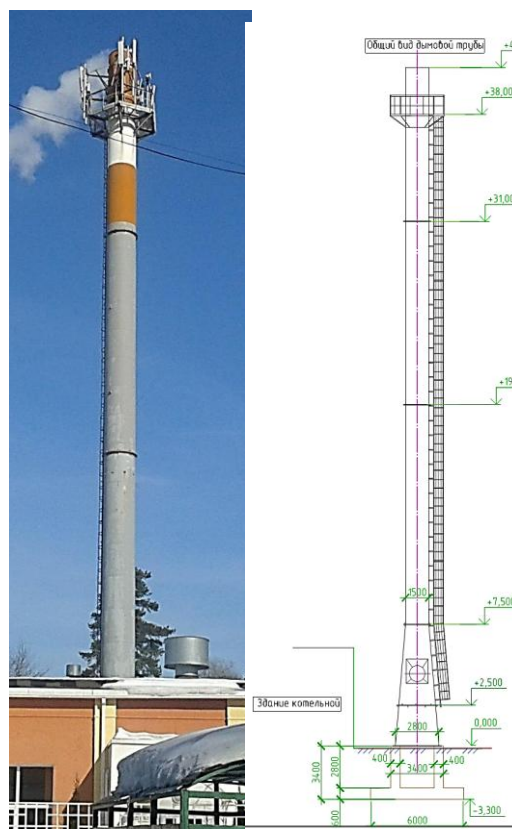


Рисунок 1 – Общий вид и схема дымовой трубы

Формы и частоты собственных колебаний, определенные при помощи вычислительного комплекса «Ли́ра-САПР», приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Частоты и периоды первых пяти форм собственных колебаний

Форма колебаний	Частоты ν , Гц	Периоды T , сек
1	0.49	2.05
2	2.94	0.34
3	7.76	0.13
4	13.41	0.08
5	17.99	0.06

Сопоставление основных результатов расчета приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение результатов расчета

Параметр	СНиП 2.01.07	ТКП EN 1991-1-4	Примечание
Нормативный скоростной напор, кПа	0.23	0.28	
Базовая скорость ветра, м/с	19.8	21	
Тип местности	A	2	
К-т местности k на отм. 10 м	1	1	
К-т местности k на отм. 40 м	1.5	1.27	
Пульсационная составляющая без учета динамики на отм. 10 м, кПа	0.18	0.37	
Пульсационная составляющая без учета динамики на отм. 40 м, кПа	0.22	0.47	
Пиковое значение скоростного напора на отм. 10 м, кПа	0.41	0.65	
Пиковое значение скоростного напора на отм. 40 м, кПа	0.57	0.91	
К-т пространственной корреляции c_s	0.81	0.87	
Динамический коэффициент при основной частоте собственных колебаний — 0.49 Гц. c_d	1.98	2.63	
К-т, учитывающий концевой эффект	0.9	0.85	
Аэродинамический к-т бесконечного цилиндра	1.2	1.2	
Аэродинамический к-т c_f	1.08	1.02	
Распред. нормативная ветровая нагрузка на трубу на отм. 10 м, кН/м	1.07	2.28	2.13
Распред. нормативная ветровая нагрузка на трубу на отм. 40 м, кН/м	1.48	3.19	2.15
Распред. расчетная ветровая нагрузка на трубу на отм. 10 м, кН/м	1.49	3.41	2.31
Распред. расчетная ветровая нагрузка на трубу на отм. 40 м, кН/м	2.07	4.78	

Из таблицы 2 видно, что нормативное значение ветровой нагрузки, определенное по ТКП EN 1991-1-4 превышает нормативное значение, определенное по СНиП примерно в 2,1 раза, а расчетное значение — более чем в 2,3 раза. Это может привести к серьёзным трудностям при оценке технического состояния уже построенных конструкций.

Список цитированных источников

1. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85. – Введ. 01.01.87. – М.: ИП Госстроя СССР, 1986. – 36 с.
2. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. – Часть 1–4: Общие воздействия. Ветровые воздействия: ТКП EN 1991-1-4-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 132 с.
3. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Строиздат, 1978. – 224 с.
4. Руководство к Еврокоду 1 - Воздействия на сооружения. Разделы EN 1991-1-1-1 и с 1991-1-1-3 по 1991-1-1-7. / Х. Гульванесян, П. Формичи, Ж.-А. Калгаро при участии Джеоффа Хардинга.
5. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 3-2. Башни, мачты и дымовые трубы. Дымовые трубы: ТКП EN 1993-3-2-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010.