

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УЧЕТА ВОЗДЕЙСТВИЙ (СНЕГОВЫЕ НАГРУЗКИ) ПО НОРМАМ УКРАИНЫ И РОССИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОДНОЭТАЖНОГО ОДНОПРОЛЕТНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Д.Г. Радионов¹, А.М. Югов², д.т.н., профессор

¹ ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет»;

² ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. Рассмотрены нормы на проектирование, действующие в Украине и Российской Федерации. Представлены расчеты снеговых нагрузок по СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» [1], ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования» [2], ДСТУ-Н Б EN 1991-1-3:2010 «Воздействия на конструкции – Часть 1-3: Общие воздействия: Снеговые нагрузки» [3], СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [4]. Проведен сравнительный анализ результатов расчетов.

Ключевые слова: воздействия, снеговые нагрузки, проектирование, производственное здание, Eurocode



**Радионов
Дмитрий Геннадиевич**



**Югов
Анатолий Михайлович**

Формулировка проблемы. В настоящее время в связи с переходом стран СНГ на параллельное проектирование по строительным нормам Eurocode возник вопрос о сопоставлении методик расчета строительных конструкций: украинской, российской и европейской. Нормы Eurocode значительно отличаются от действующих норм Украины и России. Методика расчетов по Eurocode не позволяет применять ее напрямую, что требует их адаптации к местным условиям через разработку Национальных приложений, в которых указываются специфические для данных стран параметры.

Анализ последних исследований и публикаций. Переход к европейским нормам в области строительства является приоритетным для стран СНГ как в экономических, так и политических аспектах. Данный шаг позволяет беспрепятственно выполнять проектные работы для иностранных организаций, а также производить проектирование строительных конструкций на территории ЕС.

Кроме отмеченных выше положительных сторон ввода европейских норм на территории СНГ, существуют и отрицательные стороны. Одной из таких сторон является то, что, как считают многие специалисты, Eurocode не способен охватить все вопросы проектирования строительных конструкций. Вторая проблема заключается в экономичности продукции, получаемой на основании европейских норм. С.К. Яковлев отметил, что по опубликованным данным для металлических конструкций «при проектировании с использованием Еврокодов расход стали увеличивается на 13–30 % по сравнению с проектированием по российским стандартам» [5].

С другой стороны, главный научный сотрудник компании «Скад Софт» Анатолий Перельмутер отметил: «...если мы ... проект полностью реализуем по Еврокодам, в том числе и огнезащиту, то суммарные затраты на строительство снизятся. Поэтому сравнительное проектирование – очень важная деталь этой работы».

Целью настоящей работы является сравнение значения снеговых нагрузок, полученных по СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия», ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования», ДСТУ-Н Б EN 1991-1-3:2010, СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», что косвенно характеризует экономичность проектируемой строительной продукции.

Основной материал. Для возможности сравнения расчетов по вышеперечисленным документам зададимся исходными данными. В качестве рассчитываемого объекта принимаем одноэтажное однопролетное производственное здание с рамными металлическими конструкциями типа «Канск» по типовому проекту 400-0-27.85 [6]. Длина здания –

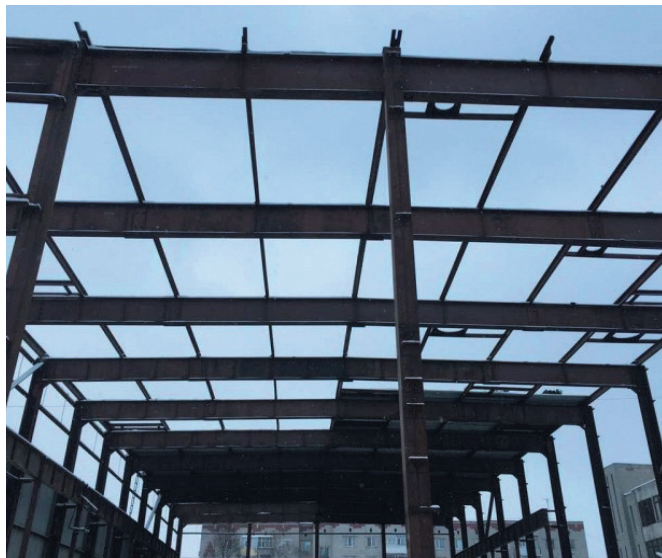


Рис. 1. Металлическая конструкция типа «Канск»

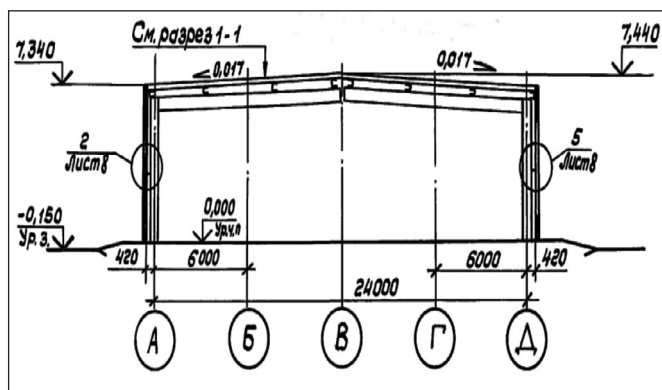


Рис. 2. Рамная металлическая конструкция типа «Канск»

60 м, ширина – 24 м, высота – 7,44 м. Несущая стропильная конструкция – двускатная балка таврового сечения с углом ската 1,7 % (0,017) (рис. 2). Место строительства – г. Луганск.

Сбор снеговой нагрузки по СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия»*

1 января 1987 года на территории СССР начал действие СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия». В данной работе будем использовать указанный нормативный документ с изменениями № 1 и № 2, утвержденными постановлениями Госстроя России от 5 июля 1993 г. № 18-27 и от 29 мая 2003 г. № 45 соответственно.

Полное расчетное значение снеговой нагрузки S (1) на горизонтальную проекцию покрытия:

$$S = S_g \times \mu, \quad (1)$$

где:

$S_g = 1,2$ кПа – расчетное значение снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли, принимаемое в соответствии с п.5.2 [1], для г. Луганска (II снеговой район);

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с п.п. 5.3-5.6 [1]. При угле кровли $\alpha \leq 25^\circ$ $\mu = 1$. Коэффициент μ , установленный в соответствии со схемой 1 (прил. 3 [1]) для полного покрытия однопролетного здания без фонарей, проектируемого в районе со средней скоростью ветра за три наиболее холодных месяца $v = 6 \text{ м/с} > 2 \text{ м/с}$, снижаем умножением на коэффициент (2):

$$c_e = (1,2 - 0,1 \times v \sqrt{k}) \times (0,8 + 0,002 \times b), \quad (2)$$

где:

$k = 0,573$ коэффициент, принимаемый по табл. 6 [1];

$b = 24 \text{ м}$ – ширина покрытия.

$$c_e = (1,2 - 0,1 \times 6 \sqrt{0,573}) \times (0,8 + 0,002 \times 24) = 0,632.$$

Окончательно принимаем коэффициент $\mu = 0,632$. Тогда

$$S = 1,2 \times 0,632 = 0,758 \text{ (кПа)}$$

Нормативное значение снеговой нагрузки:

$$S_0 = 0,7 \times 0,758 = 0,531 \text{ (кПа)}$$

Сбор снеговой нагрузки по ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования»

Граничное расчетное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия (конструкции):

$$S_m = \gamma_{fm} \times S_0 \times C, \quad (3)$$

где:

γ_{fm} – коэффициент надежности по предельному расчетному значению снеговой нагрузки. Определяется в зависимости от заданного среднего периода повторяемости T по табл. 8.1 [2]. Для производственных зданий $T = 60$ лет. Следовательно, $\gamma_{fm} = 1,04$.

S_0 – характеристическое значение снеговой нагрузки, определяемое в зависимости от снегового района по карте (рис. 8.1[2]), равное весу снегового покрова на 1 м² поверхности грунта. Для г. Луганска (4 снеговой район) $S_0 = 1,4$ кПа.

C – коэффициент, определяемый формуле (4):

$$C = \mu \times C_e \times C_{alt}, \quad (4)$$

где:

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова на поверхности земли к снеговой нагрузке на покрытие, определяемый по п.8.7, 8.8 и Приложению Ж [2].

C_e – коэффициент, учитывающий режим эксплуатации кровли, определяемый по п. 8.9 [2].

$C_e = 1$, т. к. покрытие здания утеплено.

C_{alt} – коэффициент географической высоты, определяемый по п. 8.10 [2]. При высоте над уровнем Балтийского моря для г. Луганска

$$H = 0,103 < 0,5 \text{ км} - C_{alt} = 1 \\ S_m = 1,04 \times 1,4 \times 1 = 1,456 \text{ (кПа)}$$

где: $C = 1 \times 1 \times 1 = 1$

Сбор снеговой нагрузки по ДСТУ-Н Б EN 1991-3:2010 «Еврокод 1: Воздействия на конструкции – Часть 1-3: Общие воздействия: Снеговые нагрузки».

Снеговые нагрузки на покрытие для постоянных/переходных расчетных ситуаций определяем по формуле (5):

$$S = \mu_i \times C_e \times C_t \times s_k, \quad (5)$$

где:

μ_i – коэффициент формы снеговой нагрузки (5.3 и приложение В [3]). При $\alpha \leq 30^\circ$ $\mu = 0,8$ (табл. 5.2 [3]).

C_e – коэффициент окружающей среды, определяемый по п. 5.2 [3]; $C_e = 1$.

C_t – температурный коэффициент, определяемый по п. 5.2 [3]; $C_t = 1$

s_k – характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт.

Характеристическое значение снеговой нагрузки s_k по ДСТУ-Н Б EN 1991-3:2010 [3] не может быть определено, т. к. его приложения содержат карты районирования для стран Евросоюза. Поэтому для данного случая значение снеговой нагрузки на грунт было взято из ДБН В.1.2-2:2006 [2]. Принимаем $s_k = 1,4 \text{ кПа}$.

$$S = 0,8 \times 1 \times 1 \times 1,4 = 1,12 \text{ (кПа)}$$

Коэффициент надежности по граничному расчетному значению снеговой нагрузки отсутствует в данном нормативном документе, поэтому примем его по ДБН В.1.2-2:2006 [2].

Граничное расчетное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия (конструкции) (6):

$$S_m = \gamma_{fm} \times S, \quad (6)$$

где:

γ_{fm} – коэффициент надежности по граничному расчетному значению снеговой нагрузки. Определяется в зависимости от заданного среднего периода повторяемости T по табл. 8.1 [2]. Для производственных зданий $T = 60$ лет. Следовательно, $\gamma_{fm} = 1,04$.

$$S_m = 1,04 \times 1,12 = 1,17 \text{ (кПа)}.$$

Сбор снеговой нагрузки по СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»

Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия определяем по формуле (7):

$$S_0 = c_e \times c_t \times \mu \times S_g, \quad (7)$$

где:

c_e – коэффициент (8), учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, принимаемый в соответствии с 10.5-10.9 [4] в зависимости от типа местности, формы покрытия и степени его защищенности от прямого воздействия ветра согласно п. 10.6-10.9 [4].

Согласно п. 10.7 для пологих (с уклонами до 12%) покрытий однопролетного здания, проектируемого на местности типа В, коэффициент сноса снега:

$$c_e = (1,2 - 0,4\sqrt{k}) \times (0,8 + 0,002 \times l_c), \quad (8)$$

где:

$k = 0,573$ – коэффициент, принимаемый по табл. 11.2 [4];

l_c – характерный размер покрытия (9):

$$l_c = 2 \times b - \frac{b^2}{l} = 2 \times 24 - \frac{24^2}{60} = 38,4 \text{ (м)}, \quad (9)$$

где:

$b = 24 \text{ м}$ – наименьший размер покрытия в плане;

$l = 60 \text{ м}$ – наибольший размер покрытия в плане;

$$c_e = (1,2 - 0,4\sqrt{0,573}) \times (0,8 + 0,002 \times 38,4) = 0,787.$$

c_t – термический коэффициент, принимаемый в соответствии с 10.10 [4];

$c_t = 1$, т. к. покрытие здания утеплено;

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с п. 10.4 [4].

В нашем случае (схема 1) при $\alpha \leq 30^\circ$ $\mu = 1$.

S_g – нормативное значение снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли, принимаемое в соответствии с 10.2 [4].

Нормативное значение снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли S_g не может быть определено по СП 20.13330.2016, т. к. его приложения содержат карты районирования для Российской Федерации. Поэтому для данного случая определим данное значение по карте районирования СП 20.13330.2016 по сопредельной к Луганской Народной Республике Ростовской области. Для II снегового района $S_g = 1 \text{ кПа}$

Следовательно, нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия:

$$S_0 = 0,573 \times 1 \times 1 \times 1,4 = 0,573 \text{ (кПа)}$$

Расчетное значение снеговой нагрузки (10):

$$S = S_0 \times \gamma_f = 0,573 \times 1,14 = 0,802 \text{ (кПа)}, \quad (10)$$

где $\gamma_f = 1.14$ – коэффициент надежности по нагрузке.

Результаты расчета сведем в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчета

	СНиП 2.01.07-85**	ДБН В.1.2-2:2006	ДСТУ-Н Б EN 1991-3:2010	СП 20.13330.2016
Нормативное значение снеговой нагрузки	0,531	1,4	1,17	0,573
Расчетное значение снеговой нагрузки	0,758	1,456	1,12	0,802

Отобразим графически полученные данные на диаграммах 1 и 2 (рис.3, 4).

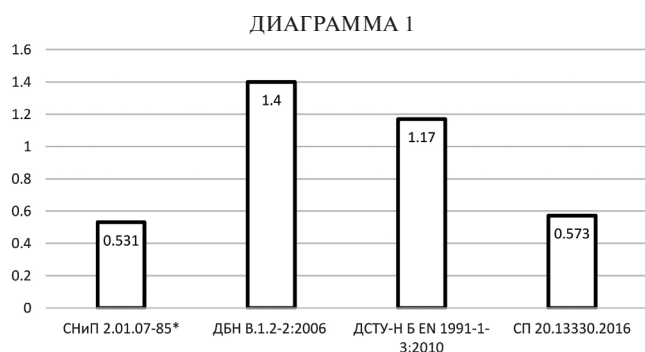


Рис. 3. Нормативное значение снеговой нагрузки

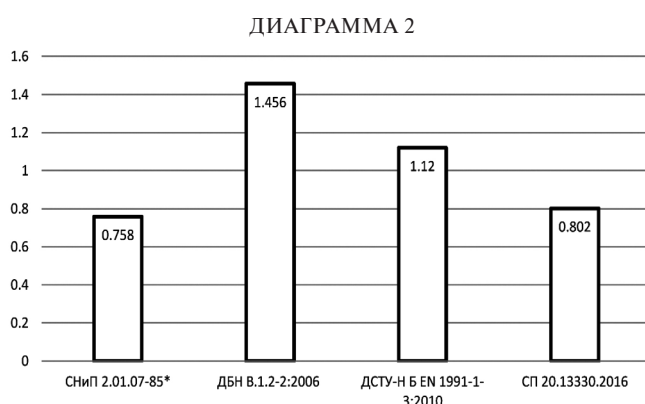


Рис. 4. Расчетное значение снеговой нагрузки

ВЫВОДЫ

Проводя оценку экономичности получаемых конструкций косвенным путем, можно сделать вывод, что сбор снеговых нагрузок по методике, изложенной в СНиП, приведет к появлению меньших усилий в элементах конструкций, и тем самым рассчитанная конструкция будет более экономичной.

Вместе с тем необходимо принять во внимание, что характеристические (нормативные) значения снеговых нагрузок в ДБН и СП определены на основании более полных и обширных значений репрезентативных выборок за более широкий период наблюдений. Хотя при этом принятие значения по ДБН не только повышает значение индекса надежности конструкции, но и влечет за собой увеличение затрат материала. Таким образом, принятие решения о значении снеговой нагрузки становится достаточно непростой задачей.

Вероятно, при формировании технического задания на проектирование решение должны принимать совместно заказчик и проектировщик с учетом данных метеорологических наблюдений в данном регионе.

Список литературы:

1. СНиП 2.01.07-85* *Нагрузки и воздействия*. – М.: ОАО «ЦПП», 2009. – 44 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006. *Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования/ Минрегион Украины*. – К.: Укрархстройинформ, 2006. – 78 с.
3. *Еврокод 1: Воздействия на конструкции – Часть 1-3: Общие воздействия: Снеговые нагрузки: ДСТУ-Н Б EN 1991-3:2010 (EN 1991-1-3:2003, IDT)* – Официальное издание. – К.: Минрегион Украины, 2012. – (Национальный стандарт Украины). – 63 с.
4. СП 20.13330.2016. *Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*/ Минрегион России*. – М.:ОАО ЦПП, 2016. – 105 с.
5. С.К. Яковлев. *Еврокоды? Давайте обсудим!* / С.К. Яковлев // *Вестник Национального объединения изыскателей и проектировщиков*. – 2017. – № 6-7 (52-53). – с. 7.
6. *Типовой проект 400-0-27.85 Унифицированные здания (модули) из легких металлических конструкций. Здание с рамными конструкциями типа «Канск»*. – М. Гипроспец-легкоконструкция Госстроя СССР, 1986. – Ал. 1. – 54 с.
7. *Рекомендации по определению снеговой загрузки для некоторых типов крыш*. – М.: ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 1983. – 22 с.
8. *Bases for design of structures – Determination of snow loads on roofs: ISO 4355*. – International Organization for Standardization, 1998. – 31 p. – (European Standard).
9. Пчельников С.Б., Пилипчик Л.П. *Сравнительный анализ Eurocode и украинских норм на примере расчетов стального вертикального цилиндрического резервуара [Текст] /Пчельников С.Б., Пилипчик Л.П // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського*. – 2013. – № 12. – С. 26-42.
10. Ледовской И.В. *Проблемы теории снеговых нагрузок на сооружения [Текст] : автореф. дис... д-ра техн. наук : 05.23.17 / СПб: СПбГАСУ, 2008. – 325 с.*