

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

Д.Г. Радионов<sup>1</sup>, А.М. Югов<sup>2</sup>, д.т.н., профессор

<sup>1</sup> ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет»;

<sup>2</sup> 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»

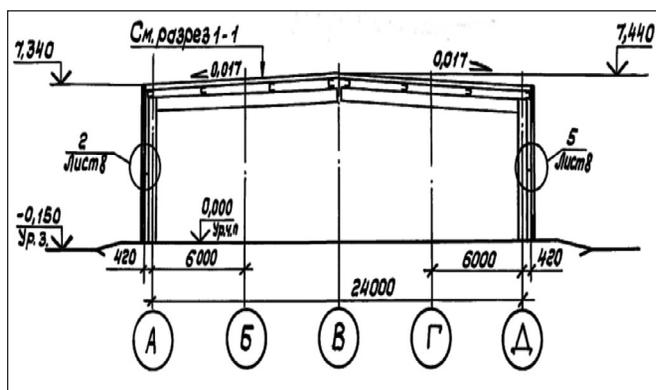


Рис. 2. Рамная металлическая конструкция типа «Канск»

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 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли, принимаемое в соответствии с п.5.2 [1], для г. Луганска (II снеговой район);

$\mu$  – 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  $\mu$ , 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:

$\gamma_{fm}$  – 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 м<sup>2</sup> 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:

$\mu$  – 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:

$\mu_i$  – 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:

$\gamma_{fm}$  – 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;

$\mu$  – 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  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли, принимаемое в соответствии с 10.2 [4].

Нормативное значение снегового покрова на  $1 \text{ м}^2$  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).

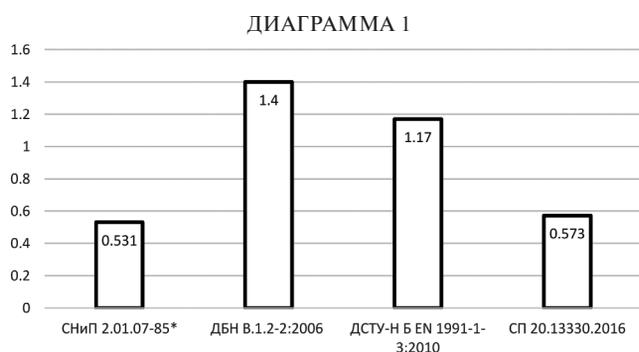


Рис. 3. Нормативное значение снеговой нагрузки

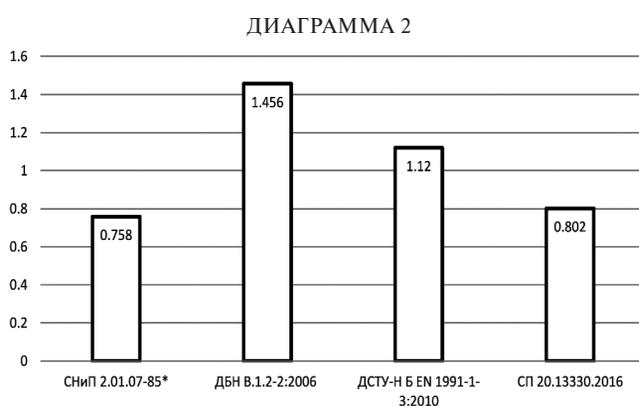


Рис. 4. Расчетное значение снеговой нагрузки

## 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)* – Офици. изд. – 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.*