

УДК 69.036.4

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК СБОРА И РАСЧЕТА СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ ПО СП 20.13330.2016 И ТКП EN 1991-1-3-2009



COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR COLLECTING AND CALCULATING SNOW LOAD ACCORDING TO SP 20.13330.2016 AND TKP EN 1991-1-3-2009

Зыбин Илья Константинович

Кубанский Государственный Технологический Университет
Ilya-Zubin001@yandex.ru

Попов Артем Олегович

Кубанский Государственный Технологический Университет
79181162979@mail.ru

Леонова Анна Николаевна

Кубанский Государственный Технологический Университет
lan.75@mail.ru

Аннотация. В данной статье описываются методы сбора и особенности расчета снеговой нагрузки по СП 20.13330.2016 и ТКП EN 1991-1-3-2009. Описываются различия коэффициентов C_e, C_t, μ_i . В статье содержится сравнительный расчет по двум нормативным документам.

Ключевые слова: снеговая нагрузка, сравнение, коэффициент, кровля, Еврокод.

Zybin Ilya Konstantinovich

Kuban State Technological University
Ilya-Zubin001@yandex.ru

Popov Artem Olegovich

Kuban State Technological University
79181162979@mail.ru

Leonova Anna Nikolaevna

Kuban State Technological University
lan.75@mail.ru

Annotation. This article describes the collection methods and features of the calculation of snow load according to SP 20.13330.2016 and TKP EN 1991-1-3-2009. Differences in the coefficients C_e, C_t, μ_i are described. The article contains a comparative calculation according to two normative documents.

Keywords: snow load, comparison, coefficient, roofing, Eurocode.

В строительной отрасли давно встают вопросы о необходимости согласования российских и европейский строительных норм. Это связано с тем, что современные тенденции строительства направлены на сотрудничество с международными компаниями и обмен опытом. В условиях глобализации в строительство крупных проектов в России все чаще вовлекают иностранных инвесторов, проектные организации, девелоперов.

Однако переход на Еврокоды директивным распоряжением невозможен, по той причине, что вся строительная отрасль России ориентирована на применение отечественных норм, учитывающих национальные особенности России (природно-климатические, сейсмические, социальные, геофизические, опасные геологические процессы и т.д.). Внедрение Еврокодов в России необходимо осуществлять на основе комплексного программного подхода, рассчитанного не на один год и учитывающего специфику Российской Федерации.

Методика сбора снеговой нагрузки на скатные покрытия по ТКП EN 1991-1-3-2009

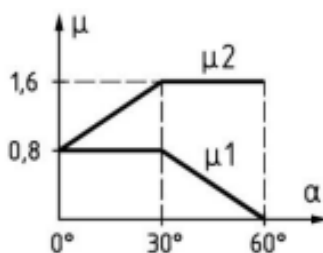


Рисунок 1 – Коэффициенты μ формы снеговых нагрузок

Снеговые нагрузки на покрытия определяются следующим образом:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

то, что Еврокод допускает возможность возникновения чрезвычайных снеговых нагрузок, их расчетные значения могут быть определены следующим образом

$$S_{Ad} = C_{est} \cdot S_k$$

$C_{est} = 2$ – коэффициент перехода к чрезвычайным снеговым нагрузкам (может регулироваться национальными приложениями).

В общем случае значения коэффициента формы снеговых нагрузок μ , приведенные на рисунке 1, применимы в случае, когда снег беспрепятственно соскальзывает с покрытия. При наличии на кровле снегоудерживающих заграждений или других элементов кровельных сооружений или когда нижний край ската покрытия заканчивается парапетом, коэффициент формы должен быть не менее 0,8. На рисунке 2 приведены методы расчета коэффициента μ .

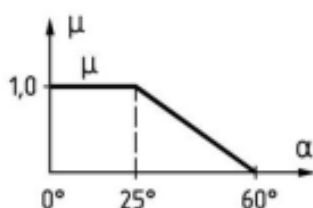


Рисунок 2 – Коэффициенты μ перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие

Коэффициент окружающей среды следует использовать для определения снеговой нагрузки на покрытия. Коэффициент окружающей среды принимают обычно $C_e = 1$.

Температурный коэффициент C_t следует использовать в расчетах для снижения снеговых нагрузок на покрытия с повышенной теплопередачей. Во всех других случаях $C_t = 1$.

Таблица 1 – Коэффициенты μ по ТКП EN 1991-1-3-2009

для односкатных покрытий	для двускатных однопролетных покрытий	для двускатных многопролетных покрытий
	<p>Случай I: $\mu_1(\alpha_1)$ $\mu_1(\alpha_2)$</p> <p>Случай II: $0,5 \cdot \mu_1(\alpha_1)$ $\mu_1(\alpha_2)$</p> <p>Случай III: $\mu_1(\alpha_1)$ $0,5 \cdot \mu_1(\alpha_2)$</p>	<p>Случай I: $\mu_1(\alpha_1)$ $\mu_1(\alpha_2)$ $\mu_1(\alpha_1)$ $\mu_1(\alpha_2)$</p> <p>Случай II: $\mu_1(\alpha_1)$ $\mu_2(\beta)$ $\mu_1(\alpha_2)$ $\beta = (\alpha_1 + \alpha_2) / 2$</p>

Методика сбора снеговой нагрузки на скатные покрытия по СП 20.13330.2016

Снеговые нагрузки на покрытия определяются следующим образом:

Значение нормативной снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия следует определять по формуле

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_d$$

Для пологих покрытий (с уклоном до 12 % или с $\frac{f}{l} \leq 0,05$) покрытий однопролетных и многопролетных зданий без фонарей, проектируемых в районах со средней ско-

ростью ветра за три наиболее холодных месяца $v > 2$ м/с значения коэффициентов, приведенные на графике, следует снижать умножением на коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов:

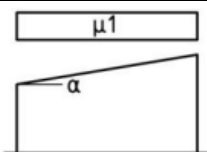
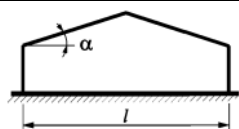

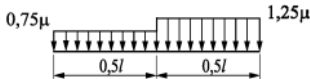
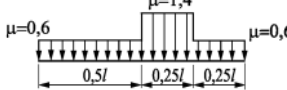
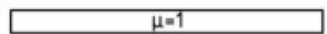
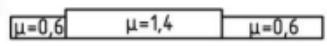
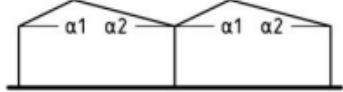
$$C_{\text{в}} = (1,2 - 0,4\sqrt{v})(0,8 + 0,002l_{\text{в}})$$

Для покрытий с уклонами от 12 до 20 % однопролетных и многопролетных зданий без фонарей, проектируемых на местности типов А или В (см. схемы Б.1 и Б.5 приложения Б), $C_{\text{в}} = 0,85$.

Термический коэффициент C_t следует применять для учета снижения снеговых нагрузок на покрытия с высоким коэффициентом теплопередачи. При определении снеговых нагрузок для неутепленных покрытий зданий с повышенными тепловыделениями, приводящими к таянию снега, при уклонах кровли свыше 3 % и обеспечении надлежащего отвода талой воды следует вводить термический коэффициент $C_t = 0,8$. В остальных случаях $C_t = 1,0$.

Коэффициент формы μ , учитывающий переход от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие для зданий с односкатным или двускатным покрытием приводится в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты μ по СП 20.13330.2016

для односкатных покрытий	для двускатных однопролетных покрытий	для двускатных многопролетных покрытий
	<p>б) </p> <p>Вариант 1 </p> <p>Вариант 2 </p> <p>Вариант 3 </p> <p>Варианты 2 и 3 следует учитывать для зданий с двускатными покрытиями (профиль б), при этом вариант 2 – при $15^\circ < \alpha < 40^\circ$; вариант 3 – при $10^\circ < \alpha < 30^\circ$ только при наличии ходовых мостиков или аэрационных устройств по коньку покрытия</p>	<p>Вариант 1 </p> <p>Вариант 2 </p> <p></p> <p>Вариант 2 следует учитывать при $\alpha \geq 15^\circ$</p>

Стоит заметить, что для расчета снеговой нагрузки по Еврокод используются характеристические значения снеговой нагрузки, которые существенным образом выше нормативных значений, принятых для расчета по СП.

Уклон кровли производственных зданий обычно не превышает 20° , поэтому коэффициент μ при расчете по СП можно принять равным 1. Из этого следует, что в расчете по СП расчетное значение снеговой нагрузки при, указанных выше, условиях зависит исключительно от уменьшающего коэффициента $C_{\text{в}}$. Из рисунка 3 видно, что значения коэффициента $C_{\text{в}}$ в большинстве случаев меньше 0,8, в то время как коэффициент μ , от которого зависит значение снеговой нагрузки по ТКП EN 1991-1-3-2009 (т.к. $C_{\text{в}}$ и C_t равны в данном случае 1), больше или равен 0,8 (рис. 1).

На графике видно, что до высоты 5 метров значения коэффициента соответствуют линейной зависимости, а с увеличением высоты значение коэффициента пропорционально уменьшаются.

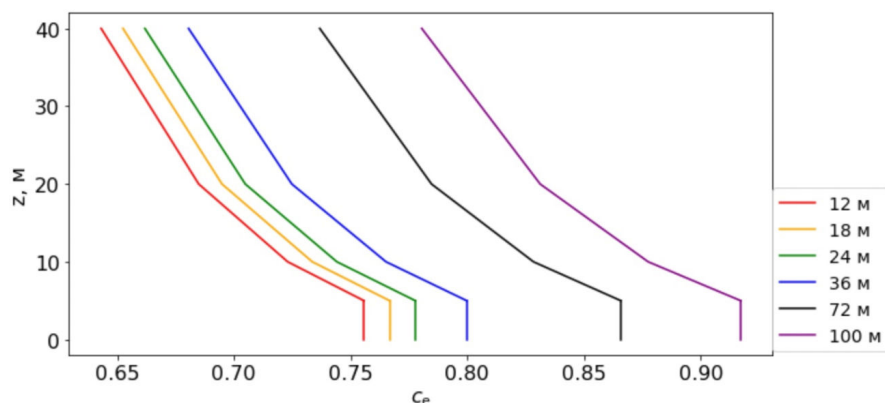


Рисунок 3 – Коэффициенты C_e для различных l_c

Сравнение результатов расчета

Проведем сравнительный анализ результатов расчета снеговой нагрузки по СП 20.13330.2016 и ТКП EN 1991-1-3-2009. Рассмотрим небольшое промышленное здание шириной 18 м. Тип местности В (по СП) или «обычный» (по EN). Высота местности над уровнем моря 40 м. Предположим, что здание находится на территории Российской Федерации вблизи границы с Финляндией

Нормативное значение снеговой нагрузки по СП (п.10.1) будет:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_g$$

Для пологих (с уклонами до 10° или с $0,05$, где f – стрела подъема покрытия, м; l – пролет покрытия, м) покрытий однопролетных и многопролетных зданий без фонарей, проектируемых на местности типов А или В (см. 11.1.6) и имеющих характерный размер в плане не более 100 м (см. схемы Б.1, Б.2, Б.5 и Б.6 приложения Б), а также для покрытий высотных зданий допускается учитывать коэффициент сноса снега, принимаемый по формуле (10.2), но не менее 0,5 и не более 1,0:

$$C_e = (1,2 - 0,4\sqrt{k})(0,8 + 0,002l_c) = (1,2 - 0,4\sqrt{0,5})(0,8 + 0,002 \cdot 18) = 0,766,$$

$k = 0,5$ (в соответствии с таблицей 11.2 СП), $l_c = \frac{b^2}{l_{\text{пзлх}}} = 18$ – характерный размер покрытия, принимаемый не более 100 м

Термический коэффициент $C_t = 1$ для утепленных кровель.

Коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие принимается $\mu = 1$ (для пологой односкатной кровли).

Снеговой район Ленинградской области 4. Следовательно, вес снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли принимается $S_g = 2 \text{ кПа}$

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_g = 1 \cdot 0,766 \cdot 1 \cdot 2 = 1,532 .$$

Коэффициент надежности по снеговой нагрузке $\gamma_f = 1,4$, тогда расчетное значение снеговой нагрузки будет равен 2,145 кПа.

Для высоты 10 м

$$C_e = (1,2 - 0,4\sqrt{k})(0,8 + 0,002l_c) = (1,2 - 0,4\sqrt{0,65})(0,8 + 0,002 \cdot 18) = 0,733,$$

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_g = 1 \cdot 0,733 \cdot 1 \cdot 2 = 1,467,$$

$$s \cdot \gamma_f = 1,467 \cdot 1,4 = 2,054 .$$

Для высоты 15 м

$$C_e = (1,2 - 0,4\sqrt{k})(0,8 + 0,002l_c) = (1,2 - 0,4\sqrt{0,704})(0,8 + 0,002 \cdot 18) = 0,722,$$

$$k(z_e) = K_{10} \left(\frac{z_e}{10} \right)^\alpha = 0,65 \left(\frac{15}{10} \right)^{0,2} = 0,704.$$

Значения параметров K_{10} и α для различных типов местностей определяется по таблице 11.3.

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_g = 1 \cdot 0,722 \cdot 1 \cdot 2 = 1,445,$$

$$s \cdot \gamma f = 1,467 * 1,4 = 2,023 .$$

Снеговые нагрузки по ТКП EN 1991-1-3-2009 определяются следующим образом:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_g \text{ (в соответствии с пунктом 5.2).}$$

Коэффициент $C_e = 1,0$ окружающей среды принимается (обычное условие местности).

Температурный коэффициент $C_t = 1,0$ для утепленных кровель.

Для пологой односкатной кровли $\mu_t = 0,8$.

Характеристическое значение снеговых нагрузок на грунт для Финляндии рассчитываться по формуле:

$$S_g = 0,790Z - 0,375 + \frac{A}{336} = 0,790 * 3 - 0,375 + \frac{40}{336} = 2,11.$$

Z – номер зоны, указанный на карте приложения С. Для соответствующей территории Z = 3.

A = 40 м – высота местности над уровнем моря.

Тогда нормативное значение снеговой нагрузки будет:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_g = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 2,11 = 1,69.$$

В соответствии с EN1990-2011 «Основные положения по проектированию несущих конструкций» коэффициент надежности для любых временных нагрузок $\gamma Q = 1,5$. Расчетное значение снеговой нагрузки будет равно:

$$s \cdot \gamma Q = 1,69 * 1,5 = 2,535 .$$

Значения снеговой нагрузки, полученные при расчетах с использованием Еврокодов, значительно превышают значения, полученные при расчетах в соответствии с СП.

В данном конкретном случае (при высоте здания 10 м) нормативные значения на 13 % выше. Расчетные значения приблизительно на 19 % выше.

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

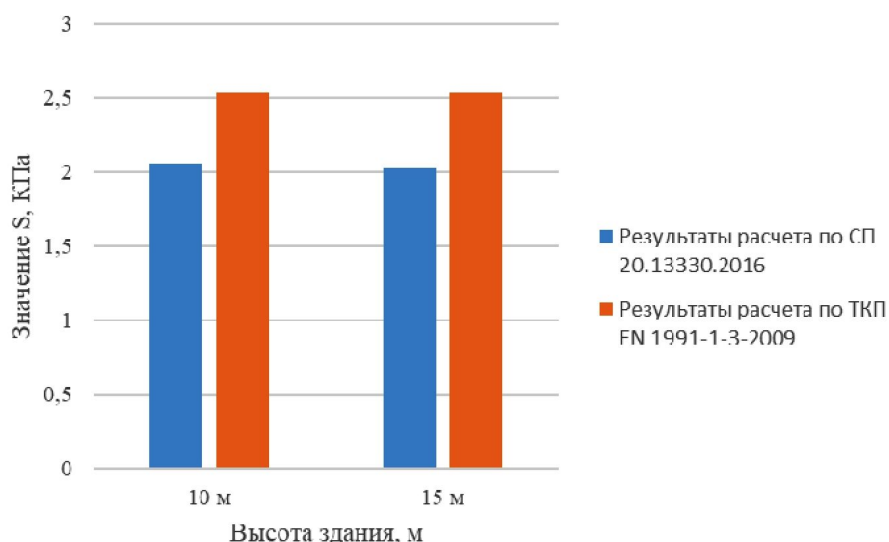


Рисунок 4 – Сравнение результатов расчета снеговой нагрузки по СП 20.13330.2016 и EN 1991-1-3-2009

Заключение

В России работает большое профессиональное сообщество проектировщиков, воспитанное на отечественных нормах. Обучение студентов архитектурно-строительных специальностей, переподготовка специалистов производится по учебной и методической литературе, подготовленной на базе действующих СП и стандартов.

Применение европейских норм в области строительства в качестве альтернативы национальных стандартов и сводов правил – это фактически формирование новой области технического права – освоение европейской нормативной базы. Это при том, что процесс перехода на Еврокоды не завершён в самом ЕС.

В этой связи, внедрение Еврокодов должно проходить комплексно, с учетом опыта и документов ЕС предусматривающих разработку национальных приложений, учитывающих национальные особенности России.

Литература

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия: актуализированная редакция СП 20.13330.2011: издание официальное утверждено приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 декабря 2016 г. № 891/пр: дата введения 04.06.2017 / разработан ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» при участии ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова». – М., 2016. – 95 с.
2. ТКП EN 1991-1-3-2009. Еврокод 1 Воздействия на конструкции. Часть 1–3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки. Утвержден и введен в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 10 декабря 2009 г. № 404 / подготовлен научно-проектно-производственным республиканским унитарным предприятием «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»). – Минск, 2009. – 42 с.
3. Рогач В.В. Сравнение методик сбора снеговой нагрузки по СНиП 2.01.07–85* и ТКП EN 1991-1-3–2009 // Современные методы расчетов и обследований металлических и деревянных конструкций : материалы 68-й студенческой научно-технической конференции, 27 апреля 2012 г. / Белорусский национальный технический университет ; ред. А.Н. Жабинский, Ю.И. Лагун. – Минск : БНТУ, 2012. – С. 134–138.
4. Столяр О.Д., Баженова Т.Р. Основные изменения снеговой нагрузки принятые в новой редакции СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» // Инновационные процессы в современной науке. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции / Под общей редакцией А.И. Вострецова. – 2017. – С. 113–117.
5. Порываев И.А., Максютова А.И. Новые схемы для определения снеговых нагрузок в изменении № 2 СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» // Материалы 72-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ. – 2021. – С. 296.
6. Винник Н.С., Матюх С.А., Морозова В.А. Распределение снеговой нагрузки на покрытиях зданий и сооружений и факторы, на нее влияющие // Вестник Брестского государственного технического университета. Строительство и архитектура. – 2015. – № 1 (91). – С. 77–80.

References

1. SP 20.13330.2016 Loads and effects: updated edition of SP 20.13330.2011: official publication approved by Order of the Ministry of Construction, Housing and Communal Services of the Russian Federation on December 3, 2016 № 891/pr: date of 04.06.2017 / developed by Kucherenko Central Research Institute of Building Research Center with the participation of FSBI «Main Geophysical Observatory. A.I. Voeikov». – M., 2016. – 95 p.
2. TCP EN 1991-1-3-2009. Eurocode 1 Impacts on structures. Part 1–3. General impacts. Snow loads. Approved and put into effect by order of the Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus dated December 10, 2009 № 404 / prepared by the republican unitary enterprise Stroytekhnorm (RUE Stroytekhnorm). – Minsk, 2009. – 42 p.
3. Rogach V.V. The Comparison of Methods of Snow Loads Collection by SNiP 2.01.07-85* and TCP EN 1991-1-3-2009 // Modern Methods of Calculations and Inspections of Metal and Wood Structures : materials of the 68-th Scientific and Technical Student Conference, April 27, 2012 / Belarusian National Technical University ; ed. by A.N. Zhabinsky, Y.I. Lagun. – Minsk : BNTU, 2012. – P. 134–138.
4. Stolyar O.D., Bazhenova T.R. Main changes in the snow load adopted in the new edition of SP 20.13330.2016 «Loads and Effects» // Innovative processes in contemporary science. Materials of the International (correspondence) scientific-practical conference / Edited by A.I. Vostretsov. – 2017. – P. 113–117.
5. Poryvaev I.A., Maksyutova A.I. New schemes for determining snow loads in the change № 2 SP 20.13330.2016 «Loads and impacts» // Proceedings of the 72nd scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists of USNTU. – 2021. – P. 296.
6. Vinnik N.S., Matyukh S.A., Morozova V.A. Distribution of snow load on the coatings of buildings and structures and the factors affecting it // Bulletin of Brest State Technical University. Construction and Architecture. – 2015. – № 1 (91). – P. 77–80.