

УДК 624.014.2

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

А. Г. Олѣх

Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры автоматизации технологических процессов и производств,
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: agoleh@g.bstu.by

Реферат

В статье сравниваются требования к определению величины снеговой нагрузки на покрытия зданий и сооружений при их проектировании в соответствии с правилами, установленными в нормативных документах различных стран и объединений: Беларусь, Россия, Евросоюз, Канада, США. Описан подход к определению расчетного значения снеговой нагрузки на покрытие зданий. Даны разъяснения по определению характеристического значения снеговой нагрузки на грунт (нормативный вес снегового покрова на квадратный метр поверхности). Проведен сравнительный анализ применяемых в нормативных документах формул расчета снеговых нагрузок в виде сопоставительной таблицы. На примере схемы распределения снеговой нагрузки для цилиндрических покрытий (арочных, изогнутых, сводчатых или близких к ним) при отсутствии снегоудерживающих заграждений наглядно продемонстрировано различие в нормативных схемах для равномерного (без учета заноса снега) и неравномерного (с учетом заноса снега) распределения снега по кровле, с учетом различия в определении коэффициентов (коэффициент сноса/ветровой защищенности (учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов), термический коэффициент, коэффициент ответственности (значимости снеговой нагрузки) здания, коэффициент учета дождевой нагрузки, коэффициент формы, учитывающий переход от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, коэффициент наклона крыши, коэффициент накопления снега на покрытии). Оговорены рекомендации для определения снеговых нагрузок, распределенных на покрытие, форма или конфигурация которого отсутствует среди предложенных в нормативном документе схем, а также упомянуты мероприятия по осуществлению процесса очистки крыши от снега.

Ключевые слова: снеговые нагрузки, нормы проектирования, нормативный вес снегового покрова, коэффициент формы, коэффициент ветровой защищенности, термический коэффициент, схемы распределения нагрузок.

FEATURES OF DETERMINING SNOW LOADS ON BUILDING STRUCTURES

A. G. Aliokh

Abstract

The article compares the requirements for determining the magnitude of snow loads on the roofs of buildings and structures during their design according to the rules established in the regulatory documents of various countries and associations: Belarus, Russia, the European Union, Canada, and the USA. It describes the approach to determining the design value of snow load on building roofs. Clarifications are provided for determining the characteristic value of snow load on the ground (the normative weight of the snow cover per square meter of surface). A comparative analysis of the formulas used in regulatory documents for calculating snow loads is presented in the form of a comparative table. Using the example of the distribution of snow load for cylindrical roofs (arched, curved, vaulted, or similar) in the absence of snow-retaining barriers, the differences in regulatory schemes for uniform (without considering snow drift) and non-uniform (considering snow drift) distribution of snow on the roof are clearly demonstrated, taking into account the differences in the determination of coefficients (drift/wind protection coefficient, which considers the drift of snow from building roofs under the influence of wind or other factors; thermal coefficient; importance coefficient of snow load; rain load coefficient; shape coefficient, which accounts for the transition from the weight of the ground snow cover to the snow load on the roof; roof slope coefficient; and snow accumulation coefficient on the roof). Recommendations are provided for determining snow loads distributed on roofs whose shape or configuration is not included among those proposed in the regulatory document, as well as measures for the process of clearing snow from roofs.

Keywords: snow loads, design standards, normative weight of snow cover, shape coefficient, wind protection coefficient, thermal coefficient, load distribution schemes.

Введение

Отрасль строительства постоянно развивается, и с каждым днём возрастает спрос на новые материалы, которые легче, прочнее и долговечнее. Уменьшение собственного веса конструкций в случае применения лёгких и прочных инновационных строительных материалов приводит к существенному увеличению относительного вклада снеговых нагрузок в суммарную нагрузку на покрытие. Поэтому представляется важным уточнение величин снеговых нагрузок и характера их распределения на покрытия зданий и инженерных сооружений различной формы.

Определение снеговых нагрузок на покрытия зданий и сооружений

Снеговые нагрузки на конструкции (в первую очередь, на кровлю) должны устанавливаться в соответствии с нормами для каждой расчетной ситуации и схемы приложения нагрузки [1]. В Республике Беларусь нормативные значения снеговой нагрузки определяют в соответствии с положениями строительных норм Республики Беларусь СН 2.01.04-2025 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки» [2]. В Российской Федерации – СП 20.13330.2016. «Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85» (в ред. изменения № 3 от 30.12.2020) [3]. Стандарт

Европейского союза EN 1991-1-3:2003+AC:2009 «Еврокод 1 – Воздействия на конструкции – Часть 1–3: Общие воздействия – Снеговые нагрузки» [4, 15–20]. Стандарт Канады National Building Code of Canada 2015 [5]. Стандарт США Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures ASCE / SEI 7–16: Snow Loads [6].

Подход к определению расчетного значения снеговой нагрузки на покрытие одинаков во всех рассматриваемых в статье нормативных документах: умножение характеристического (нормативного) значения снеговой нагрузки на различные коэффициенты (см. таблицу 1).

Во всех рассматриваемых нормативных положениях характеристическим значением снеговой нагрузки на грунт (нормативный вес снегового покрова на квадратный метр поверхности) является снеговая нагрузка на грунт, определенная с годовой вероятностью превышения 0,02, что соответствует периоду повторяемости $T = 50$ лет. Т. е. значение устанавливается при обработке вероятностными методами (Гумбеля, Фреше, Вейбулла и др. [7]) ежегодных максимумов веса снегового покрова, определяемых по данным маршрутных снегоуборочных работ о запасах воды в снеговом покрове, и означает, что превышение указанной климатической нагрузки допускается в среднем один раз в течение 50 лет [1], что соответствует проектному сроку эксплуатации массового строительства в нормальных условиях эксплуатации [8].

Таблица 1 – Формулы расчета снеговых нагрузок в различных нормативных документах

Нормативные документы	Формулы расчета снеговых нагрузок и значения, принятые в формуле
Строительные нормы Республики Беларусь СН 2.01.04-2025 [2]	$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$ – для постоянных и переходных расчетных ситуаций, $S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_{Ad}$ – для особых расчетных ситуаций, в которых особая снеговая нагрузка рассматривается как особое воздействие, где μ_i – коэффициент формы снеговой нагрузки на покрытие, с помощью которого выполняют переход от снеговой нагрузки на грунт к снеговой нагрузке на покрытие с учетом распределения снега; $C_e = 0,8 \dots 1,56$ – коэффициент экспозиции; $C_t = 0,8 \dots 1,2$ – температурный коэффициент; $S_{Ad} = 2 \cdot S_k$ – расчетное значение особой снеговой нагрузки на грунт для конкретной местности; S_k – характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт для конкретной местности
Свод правил (стандарт Российской Федерации) СП 20.13330.2016 (изм.3) [3]	$S = \mu \cdot c_e \cdot c_t \cdot S_g$, где $c_e = 0,5 \dots 1,0$ – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов; $c_t = 0,8$ или $1,0$ – термический коэффициент; $\mu = 0 \dots 6,0$ – коэффициент формы, учитывающий переход от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие; $S_g = 0,5 \dots 4,0$ – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли; $S_g = S_{g,50}/1,4$, где $S_{g,50}$ – превышаемый в среднем один раз в 50 лет ежегодный максимум веса снегового покрова
Стандарт Европейского союза EN 1991-1-3 (2003) [4]	$S = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$ – для постоянных / переходных расчетных ситуаций, $S = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_{ad}$ – для особых расчетных ситуаций (особое воздействие – чрезвычайная снеговая нагрузка), $S = \mu \cdot S_{ad}$ – для особых расчетных ситуаций (особое воздействие – чрезвычайный снежный занос), где μ – коэффициент формы, учитывающий переход от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие; $C_e = 0,8 \dots 1,2$ – коэффициент сноса / ветровой защищенности; C_t (до $1,0$) – термический коэффициент; S_k – нормативный вес снегового покрова на квадратный метр поверхности, $S_{ad} = 2 \cdot S_k$
Стандарт Канады National Building Code of Canada 2015 [5]	$S = I_s [S_s (C_b C_w C_s C_a) + S_r]$, где $I_s = 0,8 \dots 1,25$ – коэффициент ответственности (значимости снеговой нагрузки) здания; S_s – снеговая нагрузка на грунт; S_r – дождевая нагрузка; $C_b = 0,8 \dots 2,0$ – базовый коэффициент формы снеговой нагрузки на крышу; $C_w = 0,5 \dots 1,0$ – коэффициент воздействия ветра (сноса, ветровой защищенности); $C_s = 0 \dots 1,0$ – коэффициент наклона крыши; C_a (от 0) – коэффициент накопления снега на покрытии
Стандарт США ASCE / SEI 7-16: Snow Loads [6]	$p_f = 0,7 \cdot C_e \cdot C_t \cdot I_s \cdot p_g$; $p_m = I_s \cdot p_g$ – для зданий с пологими крышами (минимальная нагрузка); $p_s = C_s \cdot p_f$ – для неравномерной нагрузки, где $C_e = 0,7 \dots 1,2$ – коэффициент сноса/ветровой защищенности; $C_t = 0,85 \dots 1,3$ – термический коэффициент; $I_s = 0,8 \dots 1,2$ – коэффициент ответственности здания; p_g – нормативный вес снегового покрова на квадратный метр поверхности; C_s – коэффициент формы покрытия

Характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт определяется по карте снегового районирования. В нормативных документах каждой страны карты районирования имеют различные степени детализации. Количество действующих в Республике Беларусь стационарных пунктов метеорологических наблюдений соответствует действующим инструкциям ВМО (Всемирной метеорологической организации), однако очевидно, что чем ближе будет находиться метеостанция

к проектируемому объекту, тем надежнее будет точность инженерных расчетов и в итоге качество проектируемых мероприятий. Судить о репрезентативности станции можно, если результаты ее наблюдений показательны для окружающего более или менее значительного (порядка нескольких десятков километров) района и по результатам наблюдений этой станции можно получить интерполированные значения в пунктах окружающего ее района с точностью до ошибки принято-

го метода интерполяции, в предположении однородности территории района относительно всех факторов, под влиянием которых формируется метеорологический режим [9].

В нетипичных случаях, когда требуются более точные данные, допускается уточнять характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт в установленном порядке на основе данных организаций по гидрометеорологии для места строительства или данных наблюдений за продолжительный период времени, полученных на хорошо закрытой от ветра площадке, расположенной вблизи строительной площадки.

Примером нетипичных местных условий может быть сооружение, расположенное в долине, где от локальных климатических и ветровых воздействий в течение зимы накапливается снег. Обычно при разработке карт снегового покрова такие локальные эффекты не принимаются во внимание. Таким образом, на основе опыта и оценок экспертов и по согласованию с заказчиком и компетентными специалистами заданное по карте характеристическое значение снеговой нагрузки для конкретной площадки может быть увеличено [10].

Для определения коэффициентов (см. таблицу 1) предусмотрены различные таблицы и предоставлены схемы нагрузок.

Коэффициент сноса / ветровой защищенности / экспозиции (C_e , C_w)

В нормативном документе Беларуси данный коэффициент определяется в зависимости от топографических условий местности (не защищенные от ветра участки – $C_{top} = 0.8$; обычные – $C_{top} = 1.0$; защищенные от ветра участки – $C_{top} = 1.25$) и геометрических размеров здания ($C_s = 1.0$ – при условии, что наименьшая длина здания составляет не более 10 высот здания; $C_s = 1.25$ – при условии, что наименьшая длина здания составляет не менее 20 высот здания) и определяется по формуле $C_e = C_{top} \cdot C_s$. В нормах Евросоюза данный коэффициент определяет как уменьшение (не защищенные от ветра территории – $C_e = 0.8$), так и увеличение (закрытые территории – $C_e = 1.2$) нагрузки на покрытие неотапливаемого здания как части характеристической снеговой нагрузки на грунт в зависимости от условия местности. В нормах США данный коэффициент оценивает степень воздействия (уменьшение / увеличение) на крышу по двум шкалам: категория воздействия (три категории) и категория шероховатости поверхности (пять категорий). В нормах России данный коэффициент учитывает только снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов и устанавливается в зависимости от типа местности, формы покрытия и степени его защищенности от прямого воздействия ветра. В нормах Канады, как и нормах России, коэффициент учитывает только снос снега, но в зависимости только от категории важности здания (назначения и количества людей, находящихся в здании) и от типа местности.

Термический / температурный коэффициент (C_t) используется в расчетах для корректировки снеговых нагрузок на покрытия, учитывая их теплоизоляционные свойства. В нормах Беларуси предусмотрены различные варианты условий учета температурного коэффициента: для зданий, которые эксплуатируются при положительной температуре воздуха, с вентилируемым холодным чердаком ($C_t = 1.1$); для неотапливаемых зданий и конструкций на открытом воздухе, неотапливаемых теплиц ($C_t = 1.2$); для теплиц с постоянным обогревом и зданий со стеклянным покрытием ($C_t = 0.85$); для неутепленных покрытий цехов с повышенными тепловыделениями при уклонах кровли более 3 % с обеспеченным отводом талой воды ($C_t = 0.8$); во всех остальных случаях – $C_t = 1.1$. В нормах России и Евросоюза коэффициент используется исключительно только для снижения снеговых нагрузок, т. е. при расчете для покрытий с повышенной теплопередачей ($>1 \text{ Вт/м}^2\text{К}$), а во всех остальных случаях $C_t = 1.0$. В стандарте США учтены варианты как для отапливаемых помещений (теплица с постоянным обогревом и с постоянным дежурством обслуживающего персонала или с системой температурной сигнализации для предупреждения в случае сбоя отопления – $C_t = 0.85$), так и для сооружений, в которых температура чуть выше точки замерзания ($C_t = 1.1$), неотапливаемых и открытых конструкций ($C_t = 1.2$) и морозильных помещений (температура внутри поддерживается на уровне или ниже точки замерзания – $C_t = 1.3$), а также отдельно оговорено, что на оборудовании, температура внешней поверхности которого в зимнее время превышает 45 °F

(7,2 °C), не требуется учитывать скопление снега. В нормах Канады данный коэффициент отсутствует.

Если скорость таяния снега на тепловыделяющих покрытиях (теплицы, парники, доменные цехи) превышает интенсивность умеренных снегопадов, в результате чего отложения снега на покрытия вообще не образуются, целесообразно нормировать не полную снеговую нагрузку, накопленную в течение всей зимы, а нагрузку от одного снегопада, ибо в промежутке между снегопадами снег на покрытии должен полностью растаять [11].

В стандартах Канады и США присутствует **коэффициент ответственности здания (I_s)**. Отображает фактор значимости в зависимости от категории (I–IV, таблицы 1.5-1, 1.5-2 [6]) риска здания (здания, представляющие низкий риск для жизни человека в случае выхода из строя – I категория риска $I_s = 0.8$; здания, выход из строя которых может представлять существенную опасность для общества – IV категория риска $I_s = 1.2$).

В стандарте Канады при расчете снеговой нагрузки отдельным коэффициентом учтена **дождевая нагрузка (S_d)**. В стандарте США дождевая нагрузка также учитывается дополнительно в размере 0,24 кН/м² при условии, если нормативный вес снегового покрова на квадратный метр поверхности p_g составляет 0,96 кН/м² или менее, но не равна нулю, в случае с наклонной крышей (сбалансированной) и не должна использоваться в сочетании с заносными, скользящими, несбалансированными, минимальными или частичными нагрузками (п. 7.10 [6]). В стандарте Европейского союза указывается, что в районах, где возможны дождевые осадки на лежащий снег с последующим его таянием и повторным замерзанием, снеговые нагрузки на кровлю следует увеличивать, особенно в случае, когда снег и образующийся лед могут блокировать систему отвода воды с покрытия (п. 5.2 (6) [4]). Во всех остальных случаях считается, что измерения снеговой нагрузки на грунт содержат данные о воздействии дождя на снег, и предполагается, что эффект "дождь на снегу" был измерен в полном объеме.

Коэффициент формы (μ , C_a , C_b , C_s) учитывает переход от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие. Во всех нормативных документах для определения значения коэффициента формы (в стандарте Канады это три коэффициента: C_a , C_b , C_s) предусмотрены схемы распределения снеговой нагрузки (см. таблицу 2.)

Во всех нормативных документах предложены коэффициенты формы для распределения снеговых нагрузок с заносами и без заносов, т. е. в расчетах необходимо рассматривать схемы равномерно распределенных и неравномерно распределенных снеговых нагрузок на покрытия в их наиболее неблагоприятных расчетных сочетаниях, при этом в нормативных документах Беларуси, Канады и США явно выделяется направления ветра и рассчитывается нагрузка для каждой из сторон отдельно. Во всех документах рассмотрены как случаи беспрепятственного соскальзывания снега с покрытия, так и при наличии на кровле снегоудерживающих заграждений или других элементов кровельных сооружений (в нормах России, Канады и США учитывается шероховатость кровли – коэффициент трения снега по материалу) или когда нижний край ската покрытия заканчивается парапетом.

С целью демонстрации отличий схем распределения снеговой нагрузки в рассматриваемых в статье нормативных документах приведена сравнительная таблица 3. В качестве примера рассмотрена схема распределения снеговой нагрузки для цилиндрических покрытий (арочных, изогнутых, сводчатых или близких к ним) при отсутствии снегоудерживающих заграждений (α – угол наклона между горизонтальной и касательной к контурной кривой). Рассмотрено два варианта распределения нагрузки: вариант 1 – без учета заноса снега (равномерное распределение) и вариант 2 – с учетом заноса снега (неравномерное распределение).

Определение коэффициента формы в зависимости от угла наклона кровли отличается в разных нормативных документах. В Беларуси, России и странах Евросоюза участки крыши с уклоном на краю более 60° считаются свободными от снеговой нагрузки. В США этот угол должен превышать 70°. В Канаде снеговая нагрузка равна нулю на участках крыши, где угол превышает 70°.

а для незагроможденных скользких крыш, с которых снег и лёд могут полностью соскальзывать, угол наклона уменьшен до 60°. При уклонах от 30° (в стандарте Канада, для скользких поверхностей – 15°) используются понижающие коэффициенты. В стандартах Канады и США на части крыши с наветренной стороны нагрузка снега принимается равной нулю. Так же снеговая нагрузка отсутствует на коньке крыши (вариант 2) во всех нормативных документах, кроме стандарта США. В строительных нормах Республики Беларусь рас-

смотрено три варианта схем приложения снеговой нагрузки при расчете с учетом заноса снега (вариант 2.3 учитывает схему одностороннего приложения снеговой нагрузки на покрытие и должен рассматриваться только при условии, если с наветренной стороны (направление ветра ССВ-В-ЮВ перпендикулярно наклону покрытия) высота здания составляет не более 10 м, две высоты здания меньше его длины, а ширина больше высоты и с наветренной стороны находится местность, не защищенная от ветра).

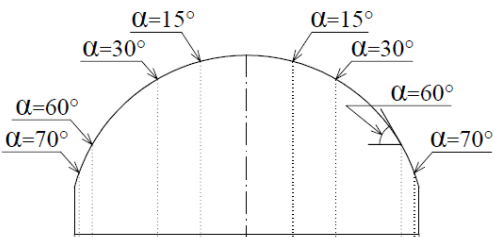
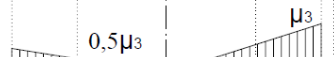
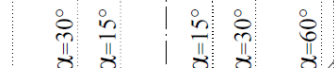
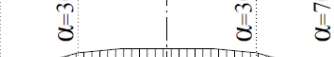
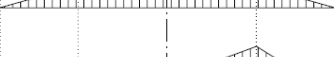
Таблица 2 – Схемы распределения снеговой нагрузки для стандартных профилей покрытий в различных нормативных документах

N п/п	Наименование типа кровли (схемы распределения снеговой нагрузки для стандартных профилей покрытий)	Наименование нормативного документа				
		Строительные нормы Республики Беларусь СН 2.01.04-2025 [2]	Свод правил (стандарт Российской Федерации) СП 20.13330.2016 (изм. 3) [3]	Стандарт Европейского союза EN 1991-1-3 (2003) [4]	Стандарт Канады National Building Code of Canada 2015 [5]	Стандарт США ASCE / SEI 7-16: Snow Loads [6] ¹
1	Однокатные покрытия	п. 7.3.2	Пр. Б1	п. 5.3.2	–	рисунок 7.4-2
2	Двускатные покрытия (шатровые крыши)	п. 7.3.3	Пр. Б1	п. 5.3.3	п. 4.1.6.9.	рисунок 7.6-2
3	Двух- и многопролетные здания с двускатными покрытиями	п. 7.3.4	Пр. Б5	п. 5.3.4, В.2	п. 4.1.6.12	рисунок С7.12-1
4	Цилиндрические покрытия (сводчатые и близкие к ним по очертанию), арочные изогнутые	п. 7.3.5	Пр. Б2	п. 5.3.5	п. 4.1.6.10	–
5	Покрытия в виде стрельчатых арок	–	Пр. Б2	–	–	–
6	Двух- и многопролетные здания со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями	–	Пр. Б6	–	п. 4.1.6.12	–
7	Покрытия здания, примыкающего к более высокому сооружению (покрытия зданий с перепадами высот, ступени крыши в виде рядов, снежный занос с наветренной стороны на соседней крыше)	п. 7.3.6	Пр. Б8, Б9	п. 5.3.6, В3	пп. 4.1.6.5, 4.1.6.6, 4.1.6.7, 4.1.6.11	рисунок 7.7-2, С7.7-1, С7.7-2, С7.7-3
8	Участки покрытий, примыкающие к возвышающимся над кровлей надстройкам (вентиляционным шахтам и т. п.)	п. 8.2	Пр. Б14	п. 6.2, В4	–	–
9	Покрытие с парапетами	–	Пр. Б13	–	–	–
10	Снеговая нагрузка на снегоудерживающих ограждениях и других преградах	п. 8.3	–	п. 6.4	–	–
11	Нависание снега на краю ската покрытия (нагрузка на ледяную плотину на карнизе)	–	–	п. 6.3	–	рисунок С7.4-1
12	Покрытия зданий с продольными фонарями, закрытыми / открытыми сверху	–	Пр. Б3	–	–	–
13	Покрытия зданий с зенитными фонарями	–	Пр. Б3, Б8, Б11	–	–	–
14	Двух- и многопролетные здания с двускатными и сводчатыми покрытиями с продольным фонарем	–	Пр. Б7	–	–	–
15	Шедовые покрытия (пилообразные крыши)	–	Пр. Б4	–	–	рисунок 7.6-3
16	Висячие покрытия цилиндрической формы	–	Пр. Б10	–	–	–
17	Здания с купольными круговыми и близкими к ним по очертанию покрытиями	–	Пр. Б11	–	п. 4.1.6.10	–
18	Здания с коническими круговыми покрытиями и покрытиями в виде сочетания сферической и конической поверхностей	–	Пр. Б12	–	–	–
19	Снежный занос на поворотах: нагрузка на внешнем углу	–	–	–	п. 4.1.6.8	–
20	Снежный занос на поворотах: нагрузка на внутреннем углу	–	–	–	п. 4.1.6.8	рисунок 7.7-3

« – » – в нормативном документе схема отсутствует.

¹ В стандарте США сбалансированные и несбалансированные нагрузки для криволинейных крыш любой формы (изгиба) должны определяться в соответствии со схемами нагрузок, приведенными на рисунке 7.4-2. Сбалансированные и несбалансированные нагрузки для криволинейных крыш.

Таблица 3 – Схемы распределения снеговой нагрузки для цилиндрических покрытий (сводчатых или близких к ним) при отсутствии снегоудерживающих заграждений

Наименование нормативного документа	Схемы распределения снеговой нагрузки без учета заноса снега и с учетом заноса снега	
		
Строительные нормы Республики Беларусь СН 2.01.04-2025, п. 5.3.5 [2]	вариант 1	
	вариант 2.1	
	вариант 2.2	
	вариант 2.3	
Свод правил Российской Федерации – СП 20.13330.2016, Приложение Б2 [3]	вариант 1	
	вариант 2	
Стандарт Европейского союза EN 1991-1-3:2003+AC:2009, п. 5.3.5 [4]	вариант 1	
	вариант 2	
Стандарт Канады National Building Code of Canada 2015, п. 4.1.6.10 [5]	вариант 1	 нескользящая скользящая
	вариант 2	 нескользящая скользящая
Стандарт США Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures ASCE / SEI 7-16: Snow Loads, рисунок 7.4-2. [6]	вариант 1	
	вариант 2	

Для определения снеговых нагрузок, распределенных на покрытие, форма или конфигурация которого отсутствует среди предложенных схем, рекомендуется провести модельные испытания. В стандарте Европейского союза указывается, что в некоторых случаях испытания и проверенные и/или должным образом подтвержденные численные методы могут быть использованы для получения снеговых нагрузок на сооружения. В своде правил Российской

Федерации [3] указывается, что во всех случаях, не предусмотренных нормативным документом, а также при иных формах покрытий, или при необходимости учета различных направлений переноса снега по покрытию, или близко расположенных зданий и сооружений окружающей застройки и т. п., схемы распределения снеговой нагрузки по покрытиям и значения коэффициента устанавливаются в рекомендациях, разработанных на основе результатов модельных испытаний

в аэродинамических трубах в приложениях данного нормативного документа. В Канаде и США разработан стандарт ASCE/SEI 49 «Испытания в аэродинамической трубе зданий и других сооружений» [12] для испытаний в аэродинамической трубе масштабных моделей, включающий процедуры, помогающие определить снеговую нагрузку на крыши. В строительных нормах Республики Беларусь указания при проектировании здания, формы покрытия которого нет среди предложенных в нормативном документе, отсутствуют.

Влияние соседнего здания на определение снеговой нагрузки в нормативных документах также различное. Например, в нормах России и Евросоюза близость к другим более высоким зданиям (для России – удаленными менее чем на $10 h_1$, где h_1 – разность высот соседнего и проектируемого зданий) расценивается только как защита от прямого воздействия ветра. А в стандартах Канады и США при строительстве более высокого здания (в пределах 5 м – для Канады и 20 футов (6,1 м) – для США) необходимо учитывать потенциальную повышенную снеговую нагрузку на существующую нижнюю крышу и существующие кровли должны быть проверены на предмет увеличения снеговой нагрузки, вызванной пристройками или изменениями. В нормативном документе Беларуси влияние соседнего здания при определении снеговой нагрузки не учитывается.

В нормах Евросоюза учтена чрезвычайная снеговая нагрузка на грунт – нагрузка от веса слоя снежного покрова земли, являющаяся результатом снегопада (выпадения снега), имеющего исключительно низкую вероятность (частоту) появления. При этом рассмотрены постоянная/переходная расчетная ситуация распределения снега и особая (когда снег является особым воздействием) ситуация для трех условий: для районов, где могут появляться чрезвычайные снегопады, но не чрезвычайные снеговые заносы; для районов, где появление чрезвычайных снегопадов маловероятно, но могут появляться чрезвычайные снеговые заносы; для районов, где могут появляться как чрезвычайные снегопады, так и чрезвычайные снеговые заносы. Отдельно разработано приложение, которое содержит коэффициенты формы снеговых нагрузок для определения схемы распределения нагрузок при чрезвычайных снеговых заносах. В строительных нормах Республики Беларусь, при проверках живучести конструктивных систем в особых расчетных ситуациях, также учитывается особая снеговая нагрузка на грунт – нагрузка от веса снежного покрова земли, образующаяся в результате снегопада (выпадения снега), имеющего частоту появления не более 10^{-5} в год (см. таблицу 1).

В нормах Канады указано, что удаление снега механическими, термическими, ручными или другими способами не должно использоваться в качестве обоснования для снижения расчетных снеговых нагрузок (п. 4.1.6.14. [5]). В нормах России отмечено, что при эксплуатации существующих зданий, запроектированных на более низкие расчетные значения снеговой нагрузки, чем установлено действующим сводом правил, до проведения реконструкции зданий необходимо предусмотреть мероприятия по очистке кровли от снега (п. 10.4, примечание 5 [3]). Согласно требованиям строительных норм Республики Беларусь [13] при эксплуатации зданий крыши должны очищаться от снега, не допускается образование снегового покрова толщиной более 30 см (при оттепелях, если наблюдается обледенение свесов и водоотводящих устройств, снег должен сбрасываться и при меньшей толщине снегового покрова). После сильного снегопада следует немедленно очищать остекление световых фонарей. Необходимо следить, чтобы козырьки не перегружались снегом и наледями. Запрещается сбрасывать снег с крыши здания на козырек.

Надзорные органы МЧС и Минздрава Республики Беларусь осуществляют проверки соблюдения законодательства в части эксплуатации кровель, качество их очистки от снега и наледи. Результатом данной работы зачастую становится приостановка эксплуатации объектов. К примеру, в январе 2016 года после циклона «Даниэлла» в г. Минске была приостановлена работа 6 объектов [14].

Процесс очистки крыши от снега должен быть продуманным и хорошо организованным. Так как в некоторых случаях уменьшение снеговой нагрузки на какой-либо участок приводит к более высоким напряжениям в конструкции крыши, чем при нагрузке на всю крышу.

Хорошим примером могут служить консольные балки крыши, снятие половины снеговой нагрузки с консольной части увеличивает изгибающее напряжение и прогиб смежного неразрезного пролета. В системах кровли из неразрезных балок могут возникать проблемы при уборке снега. Неравномерная нагрузка, возникающая в результате неравномерного удаления снега, может существенно изменить распределение нагрузки по всей кровельной системе и привести к заметному увеличению напряжений и прогибов по сравнению с теми, которые наблюдались при равномерной нагрузке. В других ситуациях это может привести к обратному изменению напряжений. Поэтому проектной организацией должен быть предложен сценарий очистки кровли от снега (например, когда процесс удаления части снега с каждого пролета начинается с одного конца здания и продолжается по направлению к другому концу, или когда работы по уборке должны быть прекращены и возобновлены в другом месте, или когда несколько бригад по уборке снега приступают к работе в разных местах на крыше одновременно) [6].

Заключение

Представленный анализ нормативных документов в области строительства, регулирующих подсчет снеговых нагрузок, базируется на общем подходе использования характеристического значения снеговой нагрузки на грунт. С целью определения значения снеговой нагрузки на покрытия зданий и сооружений вводятся дополнительные корректирующие коэффициенты, учитывающие местные условия, характеристики конструкции (такие как высота здания, уклон кровли, ее форма и т. д.). Однако методики определения данных коэффициентов с учетом различных факторов (ветровая защищенность, температурный режим, категория ответственности здания) значительно отличаются.

Исходя из частного анализа покрытий цилиндрической формы, представленного в статье, для определения величины снеговой нагрузки установлено, что в различных нормативных документах представлены различные подходы к установлению как схем распределения снеговой нагрузки по покрытию, так и определению дополнительных коэффициентов.

Величина снеговой нагрузки, характера её распределения на покрытия зданий и инженерных сооружений различной формы является важной задачей для обеспечения безопасности и надежности строительных конструкций. Дальнейшие исследования в этой области, направленные на разработку более точных и универсальных принципов расчета снеговых нагрузок, будут способствовать повышению эффективности проектирования и строительства. С учетом сложности по экспериментальному определению характеристического значения и вида распределения снеговых нагрузок для различных форм покрытий зданий и сооружений предлагается дальнейшее исследование построить с учетом подходов численного моделирования.

Список цитированных источников

1. Тур, В. В. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Поведение исследований изменения климатических воздействий на строительные конструкции в Республике Беларусь с целью внесения изменений в действующие ТНПА» (заключительный) / В. В. Тур, С. С. Дереченик, О. П. Мешик [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2015 – 229 с.
2. Воздействие на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки : СН 2.01.04-2025. – Минск : Минстройархитектуры, 2025. – 17 с.
3. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85 : СП 20.13330.2016. – Введ. 04.06.2017. (в ред. изменения № 3 от 30.12.2020). – М. : МинСтрой России, 2020. – 147 с.
4. Eurocode 1 : Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads : EN 1991-1-3 : 2003 + AC : 2009.
5. National Research Council of Canada. National building code of Canada 2015. – National Research Council Canada, Ottawa, Includes Revisions and Errata released on September 28, 2018. – 1412 p.
6. ASCE/SEI 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Building and other Structures. USA: ASCE, 2017. – 889 p.

7. О разработке Национальных приложений к частям ЕН 1991-1-3, ЕН 1991-1-4 Еврокода 1 "Общие воздействия", устанавливающим требования к нормированию значений климатических воздействий / В. В. Тур, Е. Жураньски, С. С. Дереченик, А. В. Черноиван // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. тр. : в 2 ч. / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Институт БелНИИС ; редкол.: М. Ф. Марковский [и др.]. – Минск : Минсктиппроект, 2009. – Ч. 1. – С. 424–457.
8. Строительные нормы. Основы проектирования строительных конструкций : СН 2.01.01-2022. – Введ. 30.06.2022. – Минск : Минстройархитектуры, 2022. – 65 с.
9. Мешик, О. П. Климатический мониторинг / О. П. Мешик // Природообустройство Полесья = Environmental Engineering in Polesye : монография : в 4 кн. / под общ. науч. ред. Ю. А. Мажайского [и др.]. – Рязань : Мещерский филиал ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2017–2019. – Кн. 1 : Белорусское Полесье, т. 1 : Природно-ресурсный потенциал. – 2018. – С. 164–167.
10. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 1: Воздействия на сооружения. Стандарты EN1991-1-1 и 1-3-1-7 : пер. с англ. / Х. Гульванесян, П. Формичи, Ж.-А. Калгаро при участии Джеоффа Хардинга (часть 7) ; М-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО. Моск. гос. строит. университет – науч. ред. пер. канд. техн. наук Н.А. Попов, канд. техн. наук И. В. Лебедева при участии канд. физ.-мат. наук И. А. Кириллова (часть 7). – М. : МГСУ, 2011. – 340 с.
11. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / В. Н. Гордеев, А. И. Лантух-Лященко, В. А. Пашинский [и др.] ; под общ. ред. А. В. Перельмутера. – изд. 3-е перераб. – М. : Изд-во АСВ, изд-во СКАД СОФТ, изд-во ДМК Пресс, 2009. – 528 с.
12. ASCE STANDART. Wind tunnel testing for buildings and other structures. : ASCE/SEI – 49-21. – American Society of Civil Engineers, 2021. – 81 p.
13. Строительные нормы Республики Беларусь. Техническое состояние зданий и сооружений : СН 1.04.01-2020 – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 68 с.
14. Использование системы мониторинга горизонтальных стальных строительных конструкций для предотвращения чрезвычайных ситуаций, вызванных снеговой нагрузкой / В. С. Рудольф, А. А. Кондратович, А. А. Каминский [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 53–66.
15. DIN EN 1991-1-3 : 2023 Eurocode 1 : Auswirkungen auf Konstruktionen. Teil 1-3 : Allgemeine Schritte. Schneelast; Deutsche und englische Version von prEN 1991-1-3 : 2023.
16. NF P06-113-1/NA / A2 * NF EN 1991-1-3/NA/A2 : 2022 Eurocode 1 - Effets sur la structure-Partie 1-3 : effets Généraux - charges de Neige-annexe Nationale NF EN 1991-1-3 : 2004-effets Généraux-charges de Neige.
17. UNI EN 1991-1-3 : 2015 Eurocodice 1 – impatti strutturali – Parte 1–3 : impatti Generali-carichi di neve.
18. UNE-EN 1991-1-3 : 2018 eurocódigo 1. Impacto en la construcción. Parte 1-3. Acciones comunes. Cargas de nieve.
19. DS/EN 1991-1-3 / AC : 2010 Eurocode 1. Virkninger på strukturer. Del 1-3. Generelle handlinger. Sne belastninger.
20. LST EN 1991-1-3-2004 / AC-2009 Eurocode 1. Poveikis konstrukcijoms. 1-3 dalis. Bendri veiksmi. Sniego apkrovos.
4. Eurocode 1 : Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads : EN 1991-1-3 : 2003 + AS : 2009.
5. National Research Council of Canada. National building code of Canada 2015. – National Research Council Canada, Ottawa, Includes Revisions and Errata released on September 28, 2018. – 1412 p.
6. ASCE/SEI 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Building and other Structures. USA: ASCE, 2017. – 889 p.
7. O razrobтке Nacional'nyh prilozhenij k chastyam EN 1991-1-3, EN 1991-1-4 Evrokoda 1 "Obshchie vozdeystviya", ustanavlivayushchim trebovaniya k normirovaniyu znachenij klimaticheskih vozdeystvij / V. V. Tur, E. ZHuran'ski, S. S. Derechenik, A. V. CHernoivan // Problemy sovremennogo betona i zhelezobetona : sb. tr. : v 2 ch. / Ministerstvo arhitektury i stroitel'stva Respubliki Belarus', Institut BelNIIS ; redkol.: M. F. Markovskij [i dr.]. – Minsk : Minskipproekt, 2009. – CH. 1. – S. 424–457.
8. Stroitel'nye normy. Osnovy proektirovaniya stroitel'nyh konstrukcij : SN 2.01.01-2022. – Vved. 30.06.2022. – Minsk : Minstrojarkhitektury, 2022. – 65 s.
9. Meshik, O. P. Klimaticheskij monitoring / O. P. Meshik // Prirodoobustrojstvo Poles'ya = Environmental Engineering in Polesye : monografiya : v 4 kn. / pod obshch. nauch. red. YU. A. Mazhayskogo [i dr.]. – Ryazan' : Meshcherskij filial VNIIGiM im. A. N. Kostyakova, 2017–2019. – Kn. 1 : Belorusskoe Poles'e, t. 1 : Prirodno-resursnyj potencial. – 2018. – S. 164–167.
10. Rukovodstvo dlya proektirovshchikov k Evrokodu 1: Vozdeystviya na sooruzheniya. Standarty EN1991-1-1 i 1-3-1-7 : per. s angl. / H. Gul'vanesyan, P. Formichi, ZH.-A. Kalgaro pri uchastii Dzeoeffa Hardinga (chast' 7) ; M-vo obrazovaniya i nauki Ross. Federacii, FGBOU VPO. Mosk. gos. stroit. universitet – nauch. red. per. kand. tekhn. nauk N.A. Popov, kand. tekhn. nauk I. V. Lebedeva pri uchastii kand. fiz.-mat. Nauk I. A. Kirillova (chast' 7). – M. : MGSU, 2011. – 340 s.
11. Nagruzki i vozdeystviya na zdaniya i sooruzheniya / V. N. Gordeev, A. I. Lantuh-Lyashchenko, V. A. Pashinskij [i dr.]; pod obshch. red. A. V. Perel'mutera. – izd. 3-e pererab. – M. : Izd-vo ASV, izd-vo SKAD SOFT, izd-vo DMK Press, 2009. – 528 s.
12. ASCE STANDART. Wind tunnel testing for buildings and other structures. : ASCE/SEI – 49-21. – American Society of Civil Engineers, 2021. – 81 p.
13. Stroitel'nye normy Respubliki Belarus'. Tekhnicheskoe sostoyanie zdaniy i sooruzheniy : SN 1.04.01-2020 – Minsk : Minstrojarkhitektury, 2021. – 68 s.
14. Ispolzovanie sistemy monitoringa gorizonta'lnyh stal'nyh stroitel'nyh konstrukcij dlya predotvrashcheniya chrezvychajnyh situacij, vyzvannyh snegovoj nagruzkoj / V. S. Rudol'f, A. A. Kondratovich, A. A. Kaminskij [i dr.] // Vestnik Universiteta grazhdanskoj zashchity MCHS Belarusi. – 2018. – T. 2, № 1. – S. 53–66.
15. DIN EN 1991-1-3 : 2023 Eurocode 1 : Auswirkungen auf Konstruktionen. Teil 1-3 : Allgemeine Schritte. Schneelast; Deutsche und englische Version von prEN 1991-1-3 : 2023.
16. NF P06-113-1/NA / A2 * NF EN 1991-1-3/NA/A2 : 2022 Eurocode 1 - Effets sur la structure-Partie 1-3 : effets Généraux - charges de Neige-annexe Nationale NF EN 1991-1-3 : 2004-effets Généraux-charges de Neige.
17. UNI EN 1991-1-3 : 2015 Eurocodice 1 – impatti strutturali – Parte 1–3 : impatti Generali-carichi di neve.
18. UNE-EN 1991-1-3 : 2018 eurocódigo 1. Impacto en la construcción. Parte 1-3. Acciones comunes. Cargas de nieve.
19. DS/EN 1991-1-3 / AC : 2010 Eurocode 1. Virkninger på strukturer. Del 1-3. Generelle handlinger. Sne belastninger.
20. LST EN 1991-1-3-2004 / AC-2009 Eurocode 1. Poveikis konstrukcijoms. 1-3 dalis. Bendri veiksmi. Sniego apkrovos.

References

1. Tur, V. V. Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote po teme «Povedenie issledovaniy izmeneniya klimaticheskih vozdeystvij na stroitel'nye konstrukcii v Respublike Belarus' s cel'yu vneseniya izmenenij v dejstvuyushchie TNPA» (zaklyuchitel'nyj) / V. V. Tur, S. S. Derechenik, O. P. Meshik [i dr.]. – Brest : BrGTU, 2015 – 229 s.
2. Vozdeystviya na konstrukcii. Obshchie vozdeystviya. Snegovye nagruzki : SN 2.01.04-2025. – Minsk : Minstrojarkhitektury, 2025. – 17 s.
3. Svod pravil. Nagruzki i vozdeystviya. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.01.07-85 : SP 20.13330.2016. – Vved. 04.06.2017. (v red. izmeneniya № 3 ot 30.12.2020). – M. : MinStroj Rosii, 2020. – 147 s.

Материал поступил 25.03.2025, одобрен 09.04.2025, принят к публикации 09.04.2025