

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

А. Г. Олёх

Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры автоматизации технологических процессов и производств, УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: agoleh@g.bstu.by, при научном руководстве Тура В.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ТБ и СМ УО «Брестский государственный технический университет»

Аннотация.

Предмет исследования: особенности определения снеговых нагрузок на строительные конструкции (кровли) в различных нормативных документах Беларуси, Российской Федерации, стран Евросоюза, Канады и США. Отсутствие единых стандартов и ограниченность нормативных схем вызывают необходимость проведения натурных и модельных исследований для учета уникальных условий.

Цели: проанализировать существующие нормативные подходы к определению снеговых нагрузок на строительные конструкции, выявить их различия и недостатки, а также подчеркнуть необходимость унификации и дальнейших исследований для повышения точности и безопасности при проектировании зданий и сооружений.

Материалы и методы: анализ существующих нормативных документов определения снеговых нагрузок на покрытия зданий и инженерных сооружений, применяемых в различных странах.

Результаты: результаты анализа показывают, что существующие нормативные подходы к определению снеговых нагрузок значительно отличаются в различных странах. Отличия выражаются как при определении коэффициентов учитывающих ветровую защиту, температурные условия, форму и конфигурацию покрытий, влияние соседних зданий, а также в схемах распределения снеговой нагрузки для различных форм крыш.

Выводы: отсутствие единых стандартов и ограниченность нормативных схем по определению снеговых нагрузок требуют проведения дополнительных натурных и модельных исследований. Необходимость дальнейшего развития математического моделирования для повышения надежности и безопасности строительных конструкций.

ВВЕДЕНИЕ

Отрасль строительства развивается, и растёт спрос на лёгкие, прочные материалы. Их использование увеличивает влияние снеговых нагрузок на конструкции. Поэтому важно уточнить величины и распределение снеговых нагрузок на здания и сооружения разной формы.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Определение расчетного значения снеговой нагрузки на покрытие одинаково во всех рассматриваемых в статье нормативных документах: умножение

характеристического (нормативного) значения снеговой нагрузки на различные коэффициенты, однако, определение коэффициентов выполняется с разными подходами.

Для Республики Беларусь [1]:

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k - \text{для постоянных и переходных расчетных ситуаций,}$$

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_{Ad} - \text{для особых расчетных ситуаций, в которых особая снеговая нагрузка рассматривается как особое воздействие,}$$

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

Для Российской Федерации [2]:

$$S = \mu \cdot c_e \cdot c_t \cdot S_g,$$

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.

Для стран Европейского союза [3–9]:

$$S = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k - \text{для постоянных/переходных расчетных ситуаций,}$$

$$S = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_{ad} - \text{для особых расчетных ситуаций (особое воздействие – чрезвычайная снеговая нагрузка),}$$

$$S = \mu \cdot s_{ad} - \text{для особых расчетных ситуаций (особое воздействие – чрезвычайный снежный занос),}$$

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 защищённости;

C_t (до 1,0) – термический коэффициент;

s_k – нормативный вес снегового покрова на квадратный метр поверхности, $s_{ad} = 2 \cdot s_k$

Для Канады [10]:

$$S = I_s [S_s (C_b C_w C_s C_a) + S_r],$$

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.

Для США [11]:

$$p_f = 0.7 \cdot C_e \cdot C_t \cdot I_s \cdot p_g;$$

$$p_m = I_s \cdot p_g \text{ – для зданий с пологими крышами (минимальная нагрузка);}$$

$$p_s = C_s \cdot p_f \text{ – для неравномерной нагрузки,}$$

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

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Особенности определения снеговых нагрузок на строительные конструкции (кровли) в различных странах (Беларусь, Российская Федерация, страны Евросоюза, Канада и США) изучались методом анализа существующих нормативных документов определения снеговых нагрузок на покрытия зданий и инженерных сооружений, применяемых в этих странах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью демонстрации отличий схем распределения снеговой нагрузки в рассматриваемых в статье нормативных документах приведена сравнительная таблица 1. В качестве примера рассмотрена схема распределения снеговой нагрузки для цилиндрических покрытий (арочных, изогнутых, сводчатых или близких к ним) при отсутствии снегоудерживающих ограждений (α – угол наклона между горизонталью 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).

Табл. 1. Схемы распределения снеговой нагрузки для цилиндрических покрытий (сводчатых или близких к ним) при отсутствии снегоудерживающих ограждений

| 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 [1] | |
| Свод правил Российской Федерации — СП 20.13330.2016, Приложение Б2 [2] | |
| Стандарт Европейского союза EN 1991-1-3:2003+AC:2009, п.5.3.5 [3] | |
| Стандарт Канады National Building Code of Canada 2015, п.4.1.6.10 [10] | |
| Стандарт США Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures ASCE / SEI 7-16: Snow Loads, рисунок 7.4-2. [11] | |

ВЫВОДЫ

Представленный анализ нормативных документов в области строительства, регулирующих подсчёт 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки: СН 2.01.04-2025. – Минск : Минстройархитектуры, 2025. – 17 с.
2. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85: СП 20.13330.2016. – Введ. 04.06.2017. (вред.изменения №3 от 30.12.2020). – М.: МинСтройРосии, 2020. – 147с.
3. Eurocode 1 : Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads : EN 1991-1-3:2003+AC:2009.
4. DIN EN 1991-1-3:2023 Eurocode 1: Auswirkungen auf Konstruktionen. Teil 1-3:AllgemeineSchritte. Schneelast; Deutsche und englische Version von pr EN 1991-1-3:2023.
5. NF P06-113-1/NA / A2 * NF EN 1991-1-3/NA/A2:2022 Eurocode 1-Effets sur la structure-Partie 1-3: effetsGénéraux - charges de Neige-annexeNationale NF EN 1991-1-3 : 2004-effets Généraux-charges de Neige.
6. UNI EN 1991-1-3: 2015 Eurocodice 1-impattistrutturali-Parte 1-3: impatti Generali-carichi di neve.
7. UNE-EN 1991-1-3: 2018 eurocódigo 1. Impactoen la construcción. Parte 1-3. Accionescomunes. Cargas de nieve.
8. DS/EN 1991-1-3 / AC:2010 Eurocode 1. Virkningerpåstrukturer. Del 1-3. Generalehandlinger. Snebelastninger.
9. LST EN 1991-1-3-2004 / AC-2009 Eurocode 1. Poveikiskonstrukcijoms. 1-3 dalis. Bendriveiksmi. Sniegoapkrovos.
10. 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.
11. ASCE/SEI 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Building and other Structures. USA: ASCE, 2017. – 889 p.