

УДК 624.012

**Виктор Владимирович ТУР,**  
доктор технических наук,  
профессор, проректор по научной  
работе Брестского  
государственного технического  
университета

**Тимофей Максимович ПЕЦОЛЬД,**  
доктор технических наук,  
профессор кафедры  
"Железобетонные  
и каменные конструкции"  
Белорусского национального  
технического университета

**Игорь Сергеевич  
ВОСКОБОЙНИКОВ,**  
инженер  
Брестского государственного  
технического университета

## ABOUT STANDARTIZATION OF SNOW LOADS FOR THE CONDITIONS OF BREST REGION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

# О НОРМИРОВАНИИ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК ДЛЯ УСЛОВИЙ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В статье представлен предварительный анализ нормативных снеговых нагрузок, выполненный при обработке результатов измерений веса снегового покрова на метеорологических станциях Брестской области. Показано, что при установленных фактических значениях веса снегового покрова и принятых при оценке периода повторяемости  $T = 50$  лет, нормативные значения снеговых нагрузок требуют соответствующей корректировки. При этом с позиции экономической целесообразности следует рассмотреть новую градацию нормативных снеговых нагрузок, выделив на территории Республики Беларусь несколько снеговых районов.

The paper presents a preliminary analysis of snow proof loads, which was carried out when processing measurement results of snow weight at the meteorology stations of Brest region. It is shown that at established actual values of snow weight and values assumed in evaluation of recurring period of  $T=50$  years normative values of snow loads require corresponding correction. Besides, from the point of view of economic expediency, a new gradation of normative snow loads should be considered in several snow regions located in the Republic of Belarus.

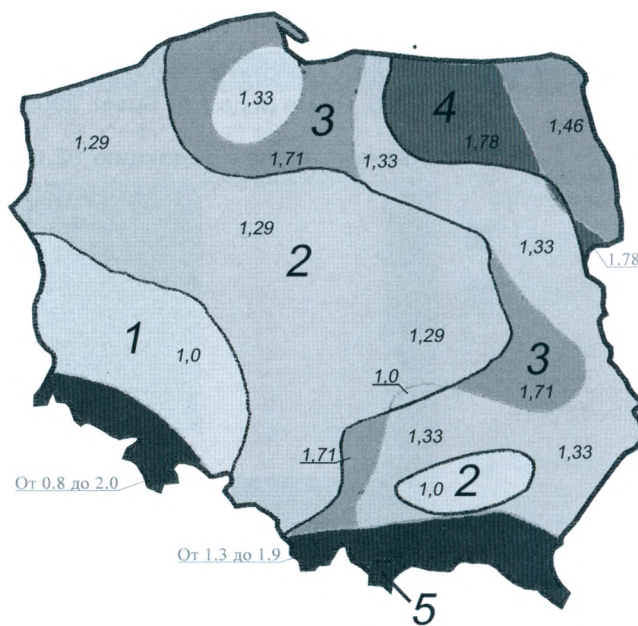
### ВВЕДЕНИЕ

В течение нескольких последних лет многие европейские страны подвергли существенной переработке разделы стандартов, относящиеся к нормированию снеговых нагрузок. С одной стороны, это связано с накоплением новой статистической информации, касающейся климатических воздействий и с разработкой на их основе единой карты снеговых районов, внесенной в [1], построенного на концепции надежности, принятой в [2, 3], а с другой стороны, — участившимися случаями отказа строительных конструкций в связи с действием снеговых нагрузок. Европейские нормы [1] разработаны подкомитетом № 1 Технического комитета 250 (TC 250/SC 1) Европейского комитета по нормированию (CEN). В состав рабочей группы входили представители шести стран из 18 членом CEN (Франция, Германия, Норвегия, Швейцария, Великобритания, Италия).

Существенной переработке подверглись как карты районирования, так и нормативные значения снеговых нагрузок для государств, граничащих с Республикой Беларусь — Украины, Польши, Литвы, России. При этом нормативные значения снеговой нагрузки на горизонтальной поверхности земли значительно отличаются в сторону увеличения по сравнению с теми, что были приняты по [4] (для стран бывшего СССР) или по [5] (для Польши).

Надо отметить, что назначение снеговых нагрузок для бывшего СССР и ПНР строилось на едином методологическом подходе. Для примера на рисунке 1 приведена карта Польши, на которой большими цифрами нанесены новые и старые границы снеговых районов, а малыми — обозначены соотношения нормативных значений снеговых нагрузок на горизонтальной поверхности по новым [6] и старым [5] нормам. Как видно из данных, показанных на рисунке 1, увеличение снеговой нагрузки по новым нормам составляет в среднем 30 %, а в некоторых регионах достигает 70 % по сравнению с ранее

действовавшими нормами. При этом надо принять во внимание, что еще до введения новых норм [6] нормативные снеговые нагрузки для Польши были более высокими, чем для приграничных регионов СССР. Это обстоятельство отмечалось в монографии профессора В.Д. Райзера [8], который писал: "Весьма наглядным и показательным является сравнение нормативных значений снеговых нагрузок на границе СССР и ПНР.



Большая цифра — номер снеговых районов;  
малая — соотношение значений нормативных снеговых нагрузок  
по новым [6] и старым [5] нормам согласно [7]

**Рисунок 1. Новая карта районирования Польши  
по снеговым нагрузкам согласно [6]**

В СССР соответствующее значение равняется 500 Па, а в ПНР — 900–1100 Па”.

Причины таких расхождений подробно рассмотрены в статье профессора В.А.Савельева и др. [9]. Анализ, проведенный в статье, обоснованно показал, что, опираясь на известные параметры распределения Гумбеля для снеговой нагрузки, задавая срок службы сооружения и допустимое значение вероятности безотказной работы за этот срок, имеется возможность назначить расчетное значение снеговой нагрузки. При этом основное внимание акцентируется на периоде повторяемости нагрузки (временными интервалами между превышениями нормативного или расчетного значения). При разработке [4] было понятно, что введение повсеместно используемого в нормировании снеговых нагрузок периода повторяемости 50 лет (что соответствует сроку службы большинства объектов), увеличивает примерно в 2 раза их нормативные значения, а это является экономически невозможным. Тем более что причинами аварий и катастроф покрытий в результате перегрузки снегом, относительно не так частых, как свидетельствовала официальная статистика, были все же человеческие ошибки, связанные с проектированием, возведением, эксплуатацией. Вместе с тем, приняв в 80-ых годах период повторяемости для снеговых максимумов 5–7 лет, проектирование типовых конструкций осуществляли, принимая нормативные значения нагрузок для VI снегового района СССР по [4]. Такой подход создал определенные резервы несущей способности конструкций.

Причиной различия в нормативных значениях снеговых нагрузок являлись кроме того и методические подходы. Вероятностному анализу подвергали толщину снегового покрова на горизонтальной поверхности земли, а нормативную нагрузку определяли умножением нормативной толщины снегового покрова с периодом повторяемости 5 лет на среднее значение объемного веса снега, равного 2,45 кН/м<sup>3</sup>, полученного по измерениям на станциях (через водный эквивалент снега). Такой подход был обусловлен еще и тем обстоятельством, что практически до 1975 года на метеорологических станциях не определяли плотность снега.

Следует отметить, что до 1938 года практически на всей территории Польши действовала одна снеговая

нагрузка, равная 600 Па (на крыше), за исключением восточных областей, где она составляла 800 Па [7]. Основу такого подхода составляло утверждение, сформулированное в 1886 г., и гласившее, что слой снега, который может собираться на крыше (скатной) редко превышает 0,6 м, а вес его составляет 1/8 веса воды. Следующая из этого утверждения снеговая нагрузка, составляющая 750 Па, еще до недавнего времени действовала и в Германии [7]. Актуальная карта снеговых районов и нормативные значения снеговых нагрузок для Беларуси, Украины, Польши и Литвы показана на рисунке 2. Как видно из данных, приведенных на карте, снеговые нагрузки для Беларуси существенно отличаются от принятых в граничащих с ней государствах.

Серия аварий, прокатившихся по Европе в 2004–2006 годах, показанные выше изменения в нормировании, необходимость проведения оценки технического состояния существующих зданий, заставляют более пристально взглянуть на проблему нормирования снеговых нагрузок в Республике Беларусь. В силу обстоятельств, связанных с оценкой технического состояния зданий и сооружений в рамках конкретного региона, авторы выполнили предварительный анализ снеговых нагрузок по наблюдениям на метеорологических станциях для Брестской области.

### 1 МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ВЕСА СНЕГОВОГО ПОКРОВА

Вариационный статистический ряд среднегодовых максимумов снеговой нагрузки формируется на основе наблюдений метеостанций. В качестве исходных данных были использованы результаты наблюдений по Брестской области, предоставленные в метеорологических сборниках за последние 30 лет. К сожалению, информация за более длительный срок наблюдений оказалась неполной и непригодной для проведения исследования, так как до 1975 года на метеостанциях не выполнялись наблюдения за плотностью снегового покрова (это обстоятельство, кстати, и легло в основу статистической обработки среднегодовых максимумов толщины снегового покрова, использованных при составлении норм в 80-ых годах).

Территория Брестской области занята Полесской низменностью, которая представляет собой плоскую, сильно заболоченную низину с широкими речными долинами и остаточными озерами. Климат Брестской области умеренно-влажный с мягкой короткой зимой. Для зимы области характерны частые оттепели. По данным, приведенным в [13], за декабрь–февраль количество дней с оттепелями изменяется от 38 в Барановичах до 47–49 по крайнему западу области. По метеорологическим сводкам самыми “снежными” месяцами в году для Брестской области являются февраль и март, именно те периоды, когда можно ожидать частых оттепелей и экстремально высоких снеговых нагрузок. Это подтверждают и фактические наблюдения — именно в марте были зафиксированы снеговые нагрузки, превышающие 1500 Па на поверхности земли.

Для проведения исследования использованы результаты наблюдений по восьми метеорологическим станциям, распо-

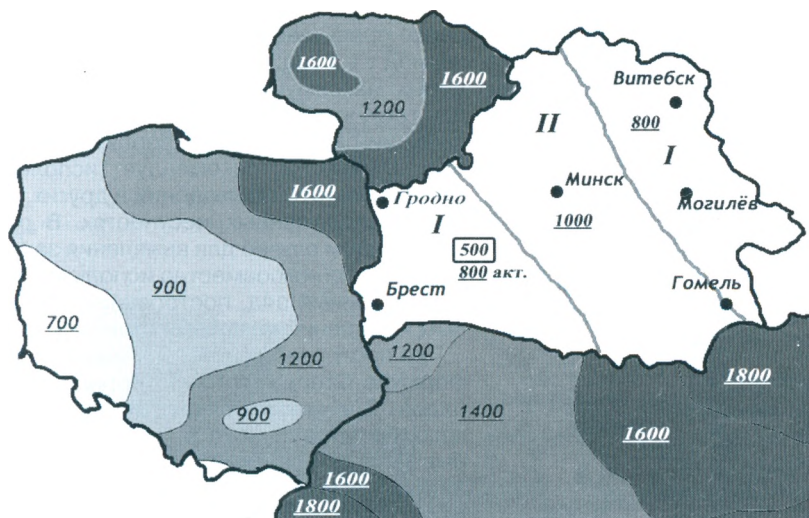


Рисунок 2. Актуальная карта снеговых районов и нормативные значения снеговых нагрузок для Беларуси, Украины, Польши и Литвы по данным [6, 10–12]

ложенным в следующих населенных пунктах Брестской области: Бресте, Высоком, Пружанах, Ивацевичах, Пинске, Барановичах, Ганцевичах и станции Полесской (Лунинецкий район).

Карта, показывающая размещение метеорологических станций, предоставлена на рисунке 3. Как видно из рисунка 3, станции распределены по территории Брестской области таким образом, что дают почти полную картину о состоянии снежного покрова.

**2 К НАЗНАЧЕНИЮ НОРМАТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК**

Согласно [3, 14] нормативное значение воздействия назначают так, чтобы его можно было рассматривать, как имеющее определенную вероятность неперевышения в сторону нежелательных (небезопасных) значений в течение некоторого установленного контрольного периода. Таким образом, для определения нормативного значения переменного климатического воздействия необходимо задать два исходных параметра:

- продолжительность контрольного периода  $t_c$ ;
- вероятность неперевышения  $p$ .

Допустим, что наблюдения за климатическим воздействием охватывают некоторый период, который можно разделить на  $r$  равных по времени интервалов  $\tau$  (единичных периодов наблюдения). Максимальное значение  $Q$  для каждого из единичных периодов наблюдения определено (рисунок 4.)

Для наблюдений  $r$  может быть принята функция распределения вероятностей  $F_Q(Q)$ .

Известно, что если срок службы  $t_c$  отличается от контрольного  $t$ , для максимумов переменного воздействия, то нормативное значение  $Q_{пк}$  и расчетное  $Q_{тс}$  изменяются. Для оценки таких ситуаций применяют асимптотические распределения вероятностей максимальных значений. Чем больше отношение продолжительности срока службы  $t_c$  к единичному периоду наблюдения  $\tau$ , тем

ближе асимптотическое распределение к точному распределению экстремумов.

Это можно утверждать в том случае, когда максимумы  $Q_1$  в интервалах  $\tau$  независимы и характеризуются обязательно нормальным, но одинаковым распределением вероятностей  $F_Q(Q_1)$  [3, 14], т. е. имеет место стационарный процесс. Для климатических воздействий единичный период наблюдений принимается равным, как правило, одному году ( $\tau = 1$  год).

Следует отметить, что станции выполняют так называемые полевые и лесные снегосьемки. При этом значения толщины снежного покрова в поле несколько ниже, чем в лесу. К сожалению, лесные снегосьемки проводились только на трех станциях: Полесская, Ганцевичи и Высокое. Поэтому анализ выполнялся, главным образом, для результатов полевых снегосьемок, а данные для лесных снегосьемок рассматривались в качестве сравнительных.

**2.1 СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НОРМАТИВНЫХ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК ПО ДАННЫМ ДЛЯ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

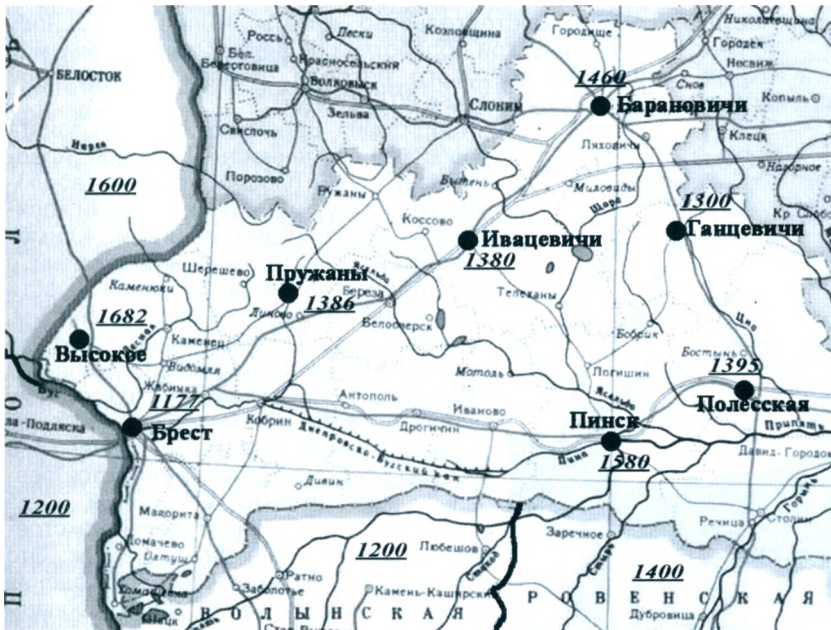
На первом этапе статистического анализа генеральная совокупность среднегодовых максимумов, полученная для снегового района, в котором располагается Брестская область, проверялась с точки зрения правомерности использования распределения Гумбеля, рекомендованного большинством исследователей [15, 16] и принятого при составлении норм [1, 6, 11].

Статистическую обработку полученных данных производили в математической среде MathCAD 2001.

Было построено эмпирическое распределение среднегодовых максимумов веса снежного покрова (установленных перемножением толщин и плотностей по данным наблюдений на метеостанциях), так называемая гистограмма частот, и была выполнена аппроксимация полученного распределения с помощью следующих законов: нормального, логнормального, Вейбулла, Гумбеля [3] (рисунок 5).

Здесь следует отметить, что были учтены статистические погрешности моделирования. Как следует из [3], для большинства климатических воздействий период наблюдений для отдельной местности редко превышает 50 лет. Если единичный период  $\tau = 1$  год, то количество среднегодовых максимумов  $r = 50$  недостаточно для того, чтобы обоснованно выявить тип функции распределения вероятностей. В этих случаях [2] рекомендует использовать результаты наблюдений в других, рядом расположенных местностях. В рассмотренном случае для выявления закона распределения совместно использовался вариационный ряд, построенный по данным измерений на восьми станциях.

При построении гистограммы частот по формуле Стерджеса было определено 9 рядов. Для оценки близости эмпирического и теоретического распределений был использован критерий Пирсона ( $\chi^2$ ) при уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы, равном 6. Эмпирическая гистограмма, ее возможные аппроксимации и результаты вычисления критерия Пирсона ( $\chi^2$ ) для анализируемых типов распределений показаны на рисунке 6.



Цифрами показаны предварительные нормативные значения снеговых нагрузок по результатам статистических оценок

**Рисунок 3. Размещение метеорологических станций по территории Брестской области**

Как видно из результатов проведенного анализа по критерию Пирсона ( $\chi^2$ ), эмпирическая гистограмма наилучшим образом аппроксимируется вторым экспоненциальным распределением Гумбеля, что находится в соответствии с рекомендациями целого ряда работ [7, 14–16].

Распределение Гумбеля [17] — это так называемое распределение экстремальных значений. В общем случае существуют три асимптотических распределения для наибольших и три для наименьших значений. Распределение Гумбеля практически используется наиболее часто в случаях, когда представляют интерес наибольшие или наименьшие значения в последовательности случайных величин [8].

Как было показано выше, при статистическом анализе снеговых нагрузок на здания и сооружения применяется главным образом первый тип распределения — двойное экспоненциальное распределение Гумбеля. Интегральный закон записывается в виде:

$$P(x) = \exp\left[-\exp\left(\frac{\alpha - x}{\beta}\right)\right], \quad (1)$$

а плотность вероятности выражается формулой

$$p(x) = \frac{1}{\beta} \exp\left[\frac{\alpha - x}{\beta} - \exp\left(\frac{\alpha - x}{\beta}\right)\right]. \quad (2)$$

Если возвести функцию закона Гумбеля в  $n$ -ую степень, то интегральная кривая не изменит своего вида, а только сместится вдоль оси:

$$P^n(x) = \exp\left[-\exp\left(\frac{\alpha - x + \beta \ln(n)}{\beta}\right)\right]. \quad (3)$$

Следовательно, переход от максимума снеговой нагрузки за год к максимуму за  $n$  лет приводит к поступа-

тельному смещению интегральной кривой распределения вдоль оси абсцисс вправо на значение  $\beta \ln(n)$ . На то же значение сместится вправо и кривая плотности распределения [8].

Параметры  $\alpha$  и  $\beta$  связаны с математическим ожиданием  $\bar{x}$  и дисперсией  $\sigma^2(x)$  следующим образом:

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \alpha + 0,5776\beta, \\ \sigma^2(x) &= 1,645\beta^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Переходя к практическому приложению функции (1), можно записать, что вероятность того, что снеговая нагрузка в течение  $n$  лет не превысит нормативное значение  $S_k$  составит:

$$P(S_k, n) = \exp[-\exp((\alpha + \beta \ln(n) - S_k) / \beta)] = P(S_k, 1)^n. \quad (5)$$

Средний интервал между превышениями нормативной нагрузки  $S_k$  составит

$$T(S_k) = 1 / [1 - P(S_k, 1)]. \quad (6)$$

Вероятность того, что за срок эксплуатации сооружения  $n$  лет снеговая нагрузка превысит значение  $S_k$ , по меньшей мере, 1 раз, равна:

$$Q(S_k, n) = 1 - P(S_k, n) = 1 - P(S_k, 1)^n. \quad (7)$$

В формулах (3) и (5)  $\alpha$  и  $\beta$  вычисляются статистической обработкой результатов измерения веса снегового покрова.

В соответствии с [1], нормативное значение  $Q_k$  климатических воздействий (снеговой нагрузки) является квантилем годовых максимумов  $Q_1$  с вероятностью превышения 2% (п. 4.1.2(7) [1]), а также квантилем максимумов в контрольный период  $t_r = 50$  лет с вероятностью превышения  $\approx 36,4\%$  ( $e^{-1}$ ).

## 2.2 ОЦЕНИВАНИЕ НОРМАТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ

Принимая, что средний срок повторяемости снеговой нагрузки составляет  $T = 50$  лет, получаем вероятность превышения:

$$1 / [1 - P(S_k, 1)] = 50, \quad P(S_k, 1) = 0,98.$$

Подставляя  $P(S_k, 1) = 0,98$  в (5) при известных параметрах  $\alpha = 419,585$  и  $\beta = 276,541$ , установленных вычислением функций Гумбеля, рассчитываем искомое нормативное значение снеговой нагрузки  $S_k$ , Па, для снегового района, в котором располагается Брестская область (по карте [4]):

$$S_k(P, n) = \alpha + \beta \ln(n) - \beta \ln[-\ln(P)] \quad (8)$$

$$\begin{aligned} S_k(0,98, 1) &= 419,585 + 276,541 \cdot \ln(1) - \\ &- 276,541 \cdot \ln[-\ln(0,98)] = 1499. \end{aligned}$$

Для сравнения, по данным лесных снегосъежек:

$$\begin{aligned} S_k(0,98, 1) &= 433,789 + 281,775 \cdot \ln(1) - \\ &- 281,775 \cdot \ln[-\ln(0,98)] = 1533. \end{aligned}$$

Стандартами [2, 3] установлено, что величина нормативных значений прочностных характеристик материалов не должна быть менее 0,95. Единственное отличие, для материалов — это нижний 5%-ный квантиль, а для воздействий — верхний. Такая же обеспеченность (0,95) рекомендована в работе [8] для всех расчетных (а значит, и нормативных) воздействий. В рассмотренном случае, обеспеченность нормативного значения снеговой нагрузки составляет 0,98, что вполне приемлемо.

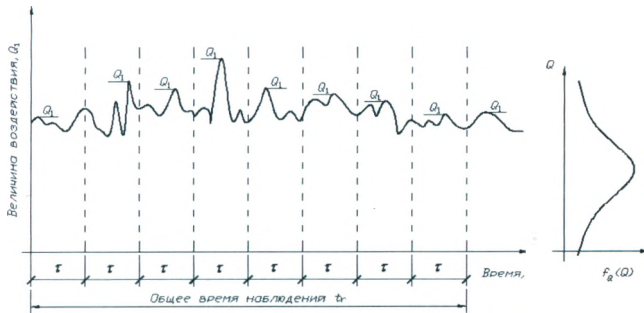


Рисунок 4. К статистическому оцениванию переменных климатических воздействий согласно [2]

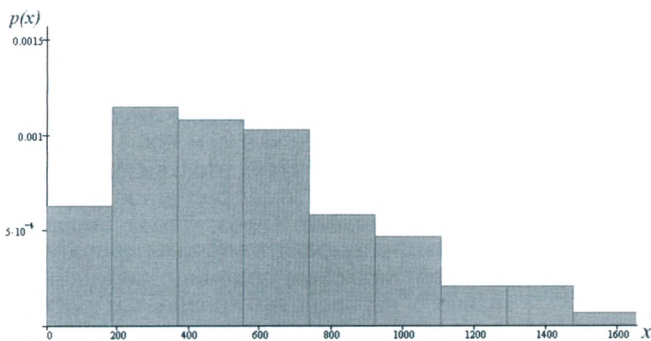
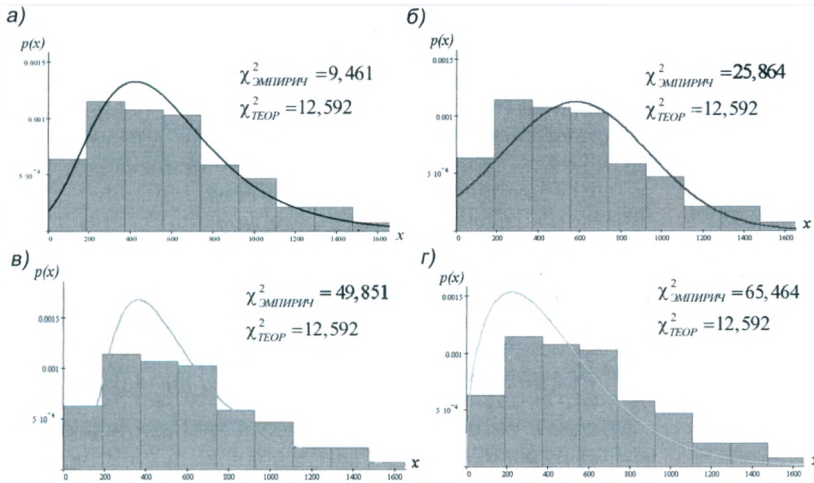


Рисунок 5. Гистограмма частот эмпирического распределения среднегодовых максимумов снеговой нагрузки для Брестской области



**Рисунок 6. Эмпирическая гистограмма и ее возможные аппроксимации:**  
**а) Гумбель;**  
**б) нормальное;**  
**в) логнормальное;**  
**г) Вейбулл**

Для наглядности можно показать, что если принять период повторяемости равным 5 годам (как это принято в настоящее время в [4] для условий Брестской области), по данным полевых снегосъемок нормативное значение нагрузки составит:

$$1/[1 - P(S_k, 1)] = 5, \quad P(S_k, 1) = 0,8,$$

при  $\alpha = 433,789$  и  $\beta = 281,775$ :

$$S_k(0,98, 1) = 433,789 + 281,775 \cdot \ln(1) - 281,775 \cdot \ln[-\ln(0,8)] = 835 \text{ Па.}$$

Следует отметить, что полученное значение очень близко соответствует принятому в настоящее время  $S_k = 800$  Па (для II снегового района) согласно [18].

**Таблица 1. Нормативные значения снеговых нагрузок  $S_k$  для населенных пунктов Брестской области (по результатам полевых снегосъемок)**

№ пп	Название населенного пункта	Параметры распределения Гумбеля		Нормативное значение $S_k$ , Па, при периоде повторяемости $T$ , лет		
		$\alpha$	$\beta$	$T = 5$ ( $p = 0,8$ )	$T = 30$ ( $p = 0,967$ )	$T = 50$ ( $p = 0,98$ )
1	Брест	346,014	213,021	665,5	1066,94	1177,2
2	Барановичи	549,291	233,536	899,58	1399,64	1460,53
3	Высокое	472,929	303,921	937,79	1521,79	1682,22
4	Ганцевичи	437,894	221,223	769,72	1186,58	1301,10
5	Ивацевичи	470,626	233,124	820,30	1259,58	1380,26
6	Пинск	379,337	307,753	840,94	1420,86	1580,2
7	Полесская (Лунинецкий район)	440,403	244,714	807,46	1268,59	1395,26
8	Пружаны	378,822	258,316	766,28	1259,04	1386,76

Как видно из приведенных расчетов, при прочих равных условиях назначение периода повторяемости  $T = 50$  лет, равного сроку службы обычных зданий и сооружений, приводит к почти двукратному увеличению нормативного значения снеговой нагрузки. Очевидно, было бы нерациональным и экономически неоправданным принять единое нормативное значение снеговой нагрузки даже для Брестской области, относящейся по [4] к одному снеговому району.

Для разъяснения этой ситуации были выполнены аналогичные статистические оценки для результатов наблюдений, полученных на отдельных станциях, расположенных на территории области. Результаты расчетов представлены в таблице 1 и на рисунке 3.

Как видно из данных, приведенных в таблице, следуя градации по значениям нормативных снеговых нагрузок, принятой в нормах Украины, Польши и Литвы, только в пределах Брестской области могут быть а priori выделены четыре снеговых района с нагрузками 1200; 1300; 1400; 1600 Па. Безусловно, что для точного определения границ снеговых районов требуются более углубленные исследования.

В заключение на примере снеговых нагрузок для города Бреста рассмотрим, что же означают действующие нормативные значения с точки зрения обеспечения безопасных условий эксплуатации конструкций.

Так, при действовавших в течение 20 лет требованиях [4], нагрузка для I снегового района составляла  $S_k = 500$  Па. Для любого произвольно взятого года вероятность превышения по формуле (5) составит:

$$P(500; 1) = \exp[-\exp((346 - 500)/213)] = 0,615.$$

Тогда период повторяемости составит:

$$T(500) = 1/(1 - P) = 1/(1 - 0,615) = 2,6 \text{ года.}$$

Это означает, что в течение срока службы здания  $t_d = 50$  лет, нормативные значения снеговых нагрузок будут превышены около 20 раз. Анализ выборок натуральных наблюдений показывает, что это соответствует реальности. Аналогично можно показать, что для действующего значения по [18]  $S_k = 800$  Па, вероятность превышения составит  $p = 0,888$ , а период повторяемости будет равен  $T = 8,93$  года. Это дает более оптимистичный результат, т.к. число превышений существенно сокращается и приближается к 5.

Здесь необходимо отметить, что при коэффициенте безопасности по нагрузке  $\gamma_f = 1,5$ , расчетное значение снеговой нагрузки составит  $S_d = S_k \cdot \gamma_f = 800 \cdot 1,5 = 1200$  Па. Несложно показать, что с вероятностью  $P = 0,98$  в течение 50 лет расчетное значение будет превышено 1 раз. Таким образом, можно констатировать, что в настоящее время проектирование ведется с нарушением главного неравенства предельных состояний первой группы (безопасности) [19].

Рассчитаем, как же назначить расчетное значение снеговой нагрузки, чтобы с вероятностью  $P$  не быть превышенной в течение эксплуатации объекта (условия безопасности):

$$S_o(P, 50) = \alpha + \beta \cdot \ln(n) - \beta \cdot \ln[-\ln(P)]. \quad (9)$$

При  $P = 0,95$  и  $n = 50$  лет получаем:

$$S_o(0,95; 50) = 346 + 213 \cdot \ln(50) - 213 \cdot \ln[-\ln(0,95)] = 1811,91 \text{ Па.}$$

Тогда соответствующая нормативная нагрузка при принятом коэффициенте безопасности  $\gamma_f = 1,5$  составит:

$$S_k = S_o / \gamma_f = 1811,91 / 1,5 = 1207,94 \text{ Па,}$$

что хорошо согласуется с результатом, полученным из ранее представленного анализа (см. таблицу 1, данные для г. Бреста). Очевидно, что при более низких значениях нормативных нагрузок для получения обеспеченных расчетных значений ( $S_o = 1811,91$  Па) потребуются более высокие, чем принятый  $\gamma_f = 1,5$ , значения коэффициентов безопасности по нагрузке (для снега).

В завершение приведем цитату из статьи проф. В.А. Савельева и др. [9], которая дает некоторое разъяснение факту, что, несмотря на установленные превышения снеговой нагрузкой ее расчетного значения, не наблюдается (пока!) массовых аварий конструкций, воспринимающих этот снег: "...Ясно, что так происходит только из-за наличия неучтенных запасов прочности. В правильно запроектированных и изготовленных конструкциях распространенных типов такие запасы достигают 1,5 раза и более. И если за 30–40 лет наблюдений отмечались факты превышения снеговой нагрузкой расчетного значения на 20 %–50 %, то для конструкций с тяжелым покрытием это могло вызвать перегрузку лишь на 10 %–20 %. Для таких покрытий запасов прочности, как правило, хватает, чтобы избежать аварии. Но факт нарушения предельного неравенства говорит о том, что конструкция стала работать в условиях, которые не предполагались проектировщиком и, следовательно, им не обсчитывались и не анализировались. В этих условиях отсутствуют гарантии безопасной эксплуатации. Это недопустимо, даже если аварии не произошло. Особенно, если учесть, что величина отмеченных выше запасов является *оценочным*, а отнюдь не *гарантированным* фактом. Такими запасами многие конструкции могут и не обладать, в особенности в настоящее время при общем снижении качества их изготовле-

ния, монтажа и тщательности контроля свойств материалов". Безусловно, что представленные соображения вполне обоснованы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполненных предварительных исследований по назначению нормативных снеговых нагрузок (на примере Брестской области) можно сделать следующие выводы:

1 В последнее пятилетие подверглись существенным изменениям национальные стандарты, распространяющиеся на нормирование климатических (в частности снеговых нагрузок) при проектировании конструкций в странах, имеющих общие границы с Республикой Беларусь: Украине, Польше, Литве. При этом по отношению к [4] изменены как карты снеговых районов, так и нормативные значения снеговых нагрузок. Нормативные значения снеговых нагрузок определены согласно требованиям [1, 2] для среднего периода повторяемости  $T = 50$  лет, что привело к возрастанию их значений по сравнению с действовавшими ранее по нормам [4] и [5].

2 Предварительный анализ показывает, что нормативные значения снеговой нагрузки для Брестской области  $S_k = 800$  Па достаточно оптимистичны. Принятие таких нагрузок означает, например, для г. Бреста, однократное превышение предельного неравенства метода предельных состояний в течение 50 лет эксплуатации объекта, что противоречит требованиям норм по проектированию конструкций [19].

3 Следует провести углубленные специальные исследования, направленные как на уточнение нормативных значений снеговых нагрузок, действующих на территории Беларуси, так и на переработку карты снеговых районов Республики Беларусь. Очевидно, что разделение Республики Беларусь на два снеговых района (как это было в СССР по [4] и сохраняется до настоящего времени) экономически нецелесообразно. Следует, очевидно, при условии обеспечения требуемой надежности при нормировании снеговых нагрузок для Республики Беларусь использовать параметрический ряд нормативных значений с градацией через 100 Па.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. EN 1991-1-3, Eurocode 1 — Actions on structures — Part-1-3: General actions — Snow loads.
2. ISO 2394: 1998(E) General principles on reliability for structures.
3. СТБ ИСО 2394/ПР1 Общие принципы проверки надежности строительных конструкций.
4. СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия — 36 с.
5. PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych — Obciążenie śniegiem.
6. PN-EN 1991-1-3: 2003 Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje. Czesc 1-3: Obciążenie śniegiem.
7. Zuranski J.A. Obciążenie śniegiem w ujęciu nowej normy PN-EN 1991-1-3: 2003 / Inżynieria i Budownictwo. — № 2, 2006. — Р. 66–69.
8. Райзер В.Д. Методы теории надежности в задачах нормирования расчетных параметров строительных конструкций. — М.: Стройиздат, 1986.
9. Савельев В.А., Малый В.И. и др. Положения по назначению расчетной снеговой нагрузки / Промышленное и гражданское строительство. — № 5. — 2004.
10. DIN 1055-5 Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Schneelast und Eislast.
11. LST L ENV 1991-2-3: 2003 Еврокод 1. Основы проектирования и воздействия на конструкции. Часть 2–3. Воздействия на конструкции. Снеговые нагрузки.
12. ДБН В.1.2-2004 Нагрузки и воздействия.
13. <http://www.baranovichy.by/ekology/ek-6.htm>.
14. ISO 4355: 1997 Basis for design of Structures — Determination of Snow loads.
15. Sanpaolesi L. Scientific support activity in the field of Structural stability of civil engineering works. Snow loads. Final Report CEN/TC250/SC1/N219 University of Pisa, September 1999.
16. Murzewski J. Zarządzanie niezawodnością obiektów budowlanych w świetle normy EN 1990 / Inżynieria i Budownictwo. — № 8. — 2004. — Р. 434–437.
17. Гумбель Э. Статистика экстремальных значений. — М.: Мир, 1965.
18. Изменение № 1 к СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия.
19. СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции.

Статья поступила в редакцию 12.07.06.