

СОПОСТАВЛЕНИЕ НОРМИРУЕМЫХ ЗНАЧЕНИЙ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК С МНОГОЛЕТНИМИ МЕТЕОНАБЛЮДЕНИЯМИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРАТЕГИИ БЕЗАВАРИЙНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В. С. Рудольф¹, В. А. Кудряшов², В. В. Надольский³

¹ Начальник Брестского областного управления МЧС Республики Беларусь, Брест, Беларусь

² К. т. н., доцент, профессор кафедры пожарной безопасности ГУО «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», Минск, Беларусь, e-mail: vadkud@gmail.com

³ К. т. н., доцент, доцент кафедры технологии строительного производства УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: nadolskivv@gmail.com

Реферат

В статье проведен краткий анализ чрезвычайных ситуаций, сопровождающихся воздействием снеговой нагрузки на покрытия зданий. Проведен ретроспективный анализ районирования снеговой нагрузки для территории Республики Беларусь, определены нормативные (характеристические) значения для населенных пунктов метеостанций (в том числе с учетом высот над уровнем моря), которые сопоставлены с фактическими метеонаблюдениями за 73 года наблюдений, с 1944 по 2016 год. Результат анализа показал существенные частоты превышения снеговых нагрузок по отношению к их расчетным значениям (для отдельных регионов до 0,47 – т. е. фактически каждый второй год) особенно для зданий, спроектированных согласно положениям СНиП 2.01.07-85.

Результат анализа позволил сформировать стратегию безаварийной эксплуатации указанных зданий, позволяющую снизить количество чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь, связанных с превышением снеговой нагрузки.

Ключевые слова: снеговая нагрузка, чрезвычайные ситуации, особое воздействие, районирование, метеонаблюдения, мониторинг.

COMPARISON OF STANDARDISED VALUES OF SNOW LOADS IN BUILDING DESIGN WITH LONG-TERM WEATHER OBSERVATIONS FOR DETERMINING THE STRATEGY OF ACCIDENT-FREE OPERATION

V. S. Rudolf, V. A. Kudryashov, V. V. Nadolski

Abstract

This paper is a study of the consequences of snow accumulation on the roofs of buildings in emergency situations. A retrospective analysis was conducted on snow load zoning for the Republic of Belarus, determining normative values for meteorological stations in settlements, including altitude above sea level. The study compared actual observations over a 73-year period, spanning from 1944 to 2016. The analysis revealed that there is a high incidence of snow load exceedance in comparison to their calculated values, especially in certain regions where it occurs every other year (0.47). This is evident particularly for buildings constructed according to SNiP 2.01.07-85 guidelines.

The study's conclusion allowed for the establishment of a strategy, aimed at ensuring that buildings operate safely, thereby minimizing emergencies brought about by snow load exceedance in the Republic of Belarus.

Keywords: snow load, emergency situations, zoning, meteorological observations, monitoring.

Введение

Природные чрезвычайные ситуации в Республике Беларусь происходят довольно редко, однако наносят, как правило, значительный ущерб. Территория Республики Беларусь регулярно оказывалась под действием циклонов («Хавьер» (2013 г.), «Даниэлла» и «Эмма» (2016 г.), «Аксель» (2017 г.)), приводящих к значительному увеличению снежного покрова за довольно короткий промежуток времени, что способствовало разрушению несущих элементов кровель и покрытий зданий и сооружений. По данным Республиканского центра управления и реагирования на чрезвычайные ситуации МЧС Республики Беларусь, только с 2006 по 2020 год в Республике Беларусь произошло 150 обрушений кровли по причинам, связанным с увеличением нагрузки снежного покрова [1]. Большая часть из них пришлась на сельскохозяйственные здания, жилые дома и хозяйственные постройки. Вместе с тем, почти 10 % в этой статистике составляют объекты общественного и производственного назначения, при разрушении которых возможны последствия как с экономической, так и социальной позиции.

Не обходится без подобных чрезвычайных ситуаций и за рубежом. Так, 3 января 2006 года произошло обрушение крыши ледового катка в г. Бад-Райхенхалль, Германия, вследствие обильного снегопада и разрушения одной из главных клеедеревянных балок [2]. По данным журналистов, в аварии погибли 15 человек (из них 12 детей), 34 человека получили травмы. Здание было 1970 года постройки, причиной аварии признан некачественный клей, использо-

ванный для изготовления балок, утративших свою прочность в условиях чрезмерного снегопада.

Однако наиболее трагический случай произошел 28 января 2006 года. Трагедия, унесшая жизни 65 человек, была связана с обрушением крыши выставочного зала в г. Катовице, Польша [3]. По данным следствия, причинами явились ошибки в проектировании (недостаточная несущая способность 51 ферм покрытия и возникновение значительных горизонтальных сил, приведших к потере устойчивости колонн), а также превышение расчетного значения снеговой нагрузки вследствие обильного снегопада.

25 января 2011 года в магазине «Окей» в спальном Выборгском районе Санкт-Петербурга произошло обрушение более полутора тысяч квадратных метров кровли, в результате которого один человек погиб и еще 17 человек пострадали.

Если исключить из обзора ошибки при проектировании, то в оставшихся ситуациях снеговая нагрузка носила исключительно редкий характер и в рамках существующих методов проектирования должна рассматриваться как особое воздействие, в Республике Беларусь принимаемое согласно нормативному документу СН 2.01.01-2022 [6]. К сожалению, ввиду сложности систематизации, обработки и описания редких явлений, в частности чрезвычайных снеговых нагрузок, проблема проектирования строительных конструкций с учетом особого воздействия недостаточно освещена в научной и нормативной литературе.

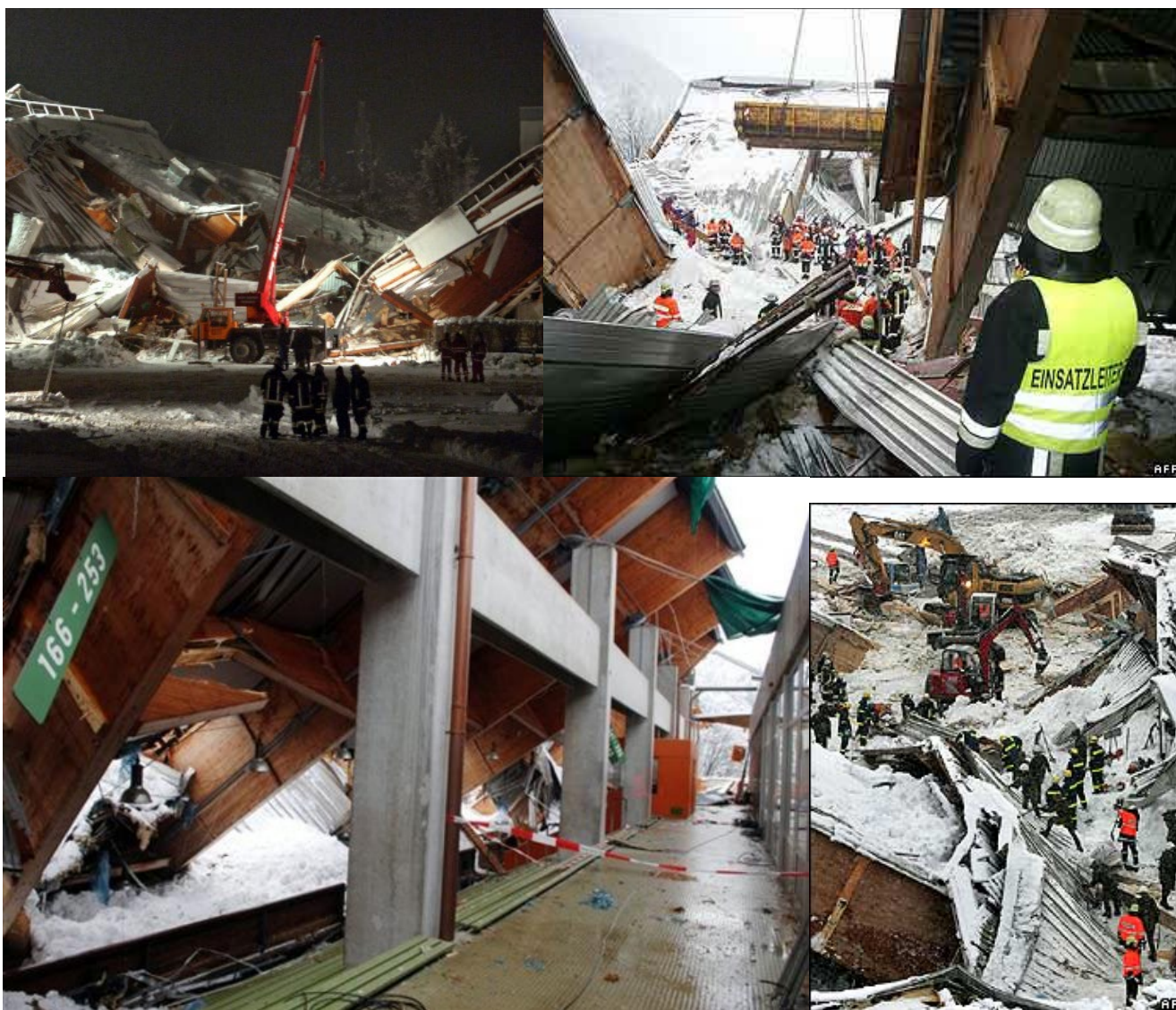


Рисунок 1 – Обрушение крыши ледового катка в г. Бад-Райхенхалль, Германия

Для целей проектирования снеговую нагрузку как правило классифицируют переменным, стационарным воздействием. Предусматривается также рассмотрение снеговых нагрузок в качестве особой (чрезвычайной) нагрузки в особой расчетной ситуации, однако национальное приложение, действующее на территории Республики Беларусь [6], не допускает (не предполагает) учитывать такие ситуации: «На территории Республики Беларусь нет чрезвычайных снеговых заносов, подразумеваемых настоящим пунктом, поэтому настоящий пункт не применяется на территории Республики Беларусь». Вероятнее всего это связано с отсутствием целенаправленных исследований в этом направлении. Также стоит отметить тот факт, что значения снеговых нагрузок увеличивались в последних редакциях стандартов относительно прошлых версий [7]. Поэтому даже если для новых сооружений текущие редакции стандартов обеспечивают достаточный уровень надежности, то для определенных существующих сооружений снеговую нагрузку необходимо, в некоторых случаях, рассматривать как особое воздействие.

В данной статье впервые рассмотрены метеорологические наблюдения снеговой нагрузки с позиции особого воздействия с целью минимизировать вероятность возникновения и последствия чрезвычайных ситуаций, связанных с обрушением зданий от снеговой нагрузки. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- установлены количественные показатели превышения нормативных (характеристических) / расчетных значений снеговой нагрузки, определенных в соответствии с СН 2.01.04-2019 [5] и согласно СНиП 2.01.07-1985 [4], по сравнению с фактическим снегонакоплением²;

- установлена необходимость нормирования снеговой нагрузки как особого воздействия, при котором для новых/реконструируемых сооружений эффективными являются проектные стратегии, а для существующих сооружений – системы мониторинга.

² Следует отметить, что сравнение значений снеговых нагрузок, определенных согласно СН 2.01.04-2019 [5] и согласно СНиП 2.01.07-1985 [4], между собой является не в полной мере корректным, так как в основу этих документов положены разные методологические подходы. Поэтому акцент исследования и сравнительный анализ сфокусирован на сравнение значений, определенных по нормативным документам, с данными метеорологических наблюдений.



Рисунок 2 – Обрушение крыши выставочного зала г. Катовице, Польша [3]

Оценка проектируемого и фактического веса снегового покрова

В настоящее время в Республике Беларусь правила определения снеговых нагрузок, используемых при проектировании конструкций зданий и инженерных сооружений, регламентированы СН 2.01.04-2019 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки» [5]³. Указанный документ в 2020 году заменил длительно действовавший на территории Республики Беларусь СНиП 2.01.07-85 [4], а также действовавший параллельно ТКП EN 1991-1-3-2009 [8]. Немаловажно, что, согласно действующему законодательству Республики Беларусь, здания могут проектироваться по действующим нормам на момент выдачи разрешительной документации на застройку и проектирование, поэтому вполне очевидно, что построенных зданий по СН 2.01.04-2019 [5] в процентном соотношении к количеству эксплуатируемых крайне мало⁴.

Исходной величиной для проектирования силовых воздействий на конструкции согласно СН 2.01.01-2022 [6] принимается характеристическое значение воздействий – значение силового воздействия, установленное с учетом статистической изменчивости и соответствующее установленному квантилю принятого статистического распределения значений. В качестве характеристического значения снеговой нагрузки на грунт (веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли) по СН 2.01.04-2019 [5] и ТКП EN 1991-1-3-2009 [8] принимается значение, определенное с годовой вероятностью (частотой) превышения 0,02 или 1 раз в 50 лет. Более старые документы (по которым по сути построено подавляющее количество сооружений), такие как СНиП 2.01.07-85 [4,10] и СНиП II-6-74 [9], предполагали в качестве исходной (нормативной) величины снеговой нагрузки принимать директивно, а для малоизученных районов – как среднее значение ежегодных максимумов запаса воды по результатам снегосъемок на участке, защищенном от воздействия ветра, за период не менее 10 лет.

Ситуация усугубляется не только методическим подходом к оценке снеговых нагрузок, но и в ретроспективных количественных значениях самих нагрузок. Так, здания, запроектированные на территории Республики Беларусь до 2004 года⁵, в зависимости от района, делились на 3 снеговых района преимущественно меридианного направления: 50/70/100 кг/м² (условно: Брест – Гродно / Минск – Гомель / Могилев – Витебск). После 2004 года было введено 2 снеговых района преимущественно широтного направления: 80/120 кг/м² (условно: Брест – Гродно – Гомель / Минск – Могилев – Витебск). В 2009 году параллельно с действующими нагрузками СНиП 2.01.07-85 [4,10] в ТКП EN 1991-1-3-2009 [8] было введено 4 снеговых района, выделяющих преимущественно высотные отметки Беларуси: 120/140/160/180 кг/м² (условно: Брест / Лида, Пинск – Мозырь / Минск – Могилев – Гомель / Нарочь, Витебск – Орша).

Наконец, в 2015 и 2020 году выделено 3 снеговых района [6] с фоновыми снеговыми нагрузками 135/145/155 кг/м², с корректировкой по высотным отметкам (рисунок 3). Указанная корректировка является в некоторой степени неоднозначной ввиду переменного рельефа территории Республики Беларусь и несовпадением границ снеговых районов с границами административного деления (для которого статистика рельефа является широкодоступной). Поэтому в настоящей статье проведено подробное сопоставление рельефа Беларуси со снеговыми районами и расчетом теоретического размаха снеговой нагрузки.

Известно, что рельеф Беларуси характеризуется перепадом абсолютной отметки над уровнем моря от 80 м (долина реки Неман вблизи границы) до 345 м (гора Дзержинская на Минской возвышен-

ности). Очевидно, что для более точной оценки разброса необходимо карту снеговых районов рассматривать совместно с физической картой рельефа (рисунок 5), т. к. простая подстановка крайних отметок приводит к нереалистичным результатам.

В таблице 1 приведены результаты расчета характеристических значений снеговой нагрузки для снеговых районов с учетом рельефа Беларуси. Крайние минимальные (80 м) и максимальные отметки (345 м) приведены только для соответствующих районов. Для остальных районов минимальная и максимальная высота принята согласно данным физической карты (рисунок 5). Среднее значение 160 м над уровнем моря принято согласно имеющимся географическим данным.

Совместный анализ таблицы 1 и рисунка 4 позволил установить, что выделенным в 2015 и 2020 году 3 снеговыми районам соответствуют снеговые нагрузки: 58...234/100...214/155 кг/м² (условно: Брест – Гродно – Лида – Свирь, Пинск – Узда – Могилев – Мозырь – Гомель / Малорита – Барановичи – Минск – Постава – Новополоцк – Орша / Брагин – Добруш – Климовичи).

Для сопоставления данных регулярных наблюдений на метеостанциях Республики Беларусь с 1944 по 2016 год (73 периода наблюдения) с нормативными значениями снеговой нагрузки соответствующего периода строительства зданий в соответствии с картой снеговых районов были выделены ретроспективные и современные снеговые районы расположения метеостанций Республики Беларусь в соответствии с нормами [4,5,8,10] и внесены в таблицу 2.

В эту же таблицу были внесены соответствующие нормативные значения снеговых нагрузок, в том числе для СН 2.01.04-2019 [5] – с учетом высоты расположения над уровнем моря. Нормативные нагрузки были проанализированы с фактическими данными снегонакопления на метеостанциях за рассматриваемый период наблюдения, и для каждого значения нормативных нагрузок было рассчитано количество лет, в которых снеговая нагрузка была превышена хотя бы один раз⁶. Для сопоставления данных согласно СН 2.01.04-2019 [5], учитывающих высоту расположения местности над уровнем моря⁷, была выдвинута гипотеза: в пределах населенного пункта предельные значения массы снегового покрова, зафиксированные на метеостанции справедливы для всего населенного пункта, невзирая на перепад рельефа⁸. Указанная гипотеза является вполне справедливой до получения более подробных данных по разности снегонакопления в пределах одной местности.

Анализ таблицы 2 показывает, что наибольшее количество превышений снеговой нагрузки относительно нормативных значений характерно для СНиП 2.01.07-85 [4,9], причем в большей мере – до введения изменения № 1 для Республики Беларусь: наибольшее количество лет с превышением зафиксировано для Новогрудка (47), Лынтупы (37), Борисова (35); лишь в 8 метеостанциях из 47 не зафиксировано превышение, среди них Брест, Гомель и др. В среднем для Беларуси нормативное значение превышалось 15 раз за 73 года, что соответствует частоте 0,20 (разброс частоты от 0 до 0,64).

³ Карта снеговых районов СН 2.01.04-2019 в целом идентична карте, предложенной в изменении № 2 к ТКП EN 1991-1-3-2009 [8], введенного в действие 09.04.2015 г.

⁴ Ввиду того, что для подавляющего количества зданий в стране срок эксплуатации после капитального ремонта не превышает 50 лет, очевидно, что количество сооружений, спроектированных по более старым нормам, таким как СНиП II-6-74, также пренебрежимо мало.

⁵ В 2004 году вышло изменение № 1 к СНиП 2.01.07-85 [10], установившее новую карту районирования Беларуси по снеговому нагрузкам и их численным (нормативным) значениям.

⁶ Ситуации с превышением снеговой нагрузки несколько раз в год не рассматривались в настоящей работе.

⁷ Высота местности над уровнем моря была определена с использованием данных сайта <https://ru-ru.topographic-map.com>

⁸ Данное предположение обусловлено несколькими факторами: 1. В пределах одной местности высота снежного покрова в меньшей мере зависит от высоты местности, а в большей мере – от скорости ветра, переносающего снегонакопления – преимущественно в низменные части местности. 2. Нормативные значения снеговых нагрузок применяются для покрытий зданий, отметка которых относительно уровня земли достаточно случайна.

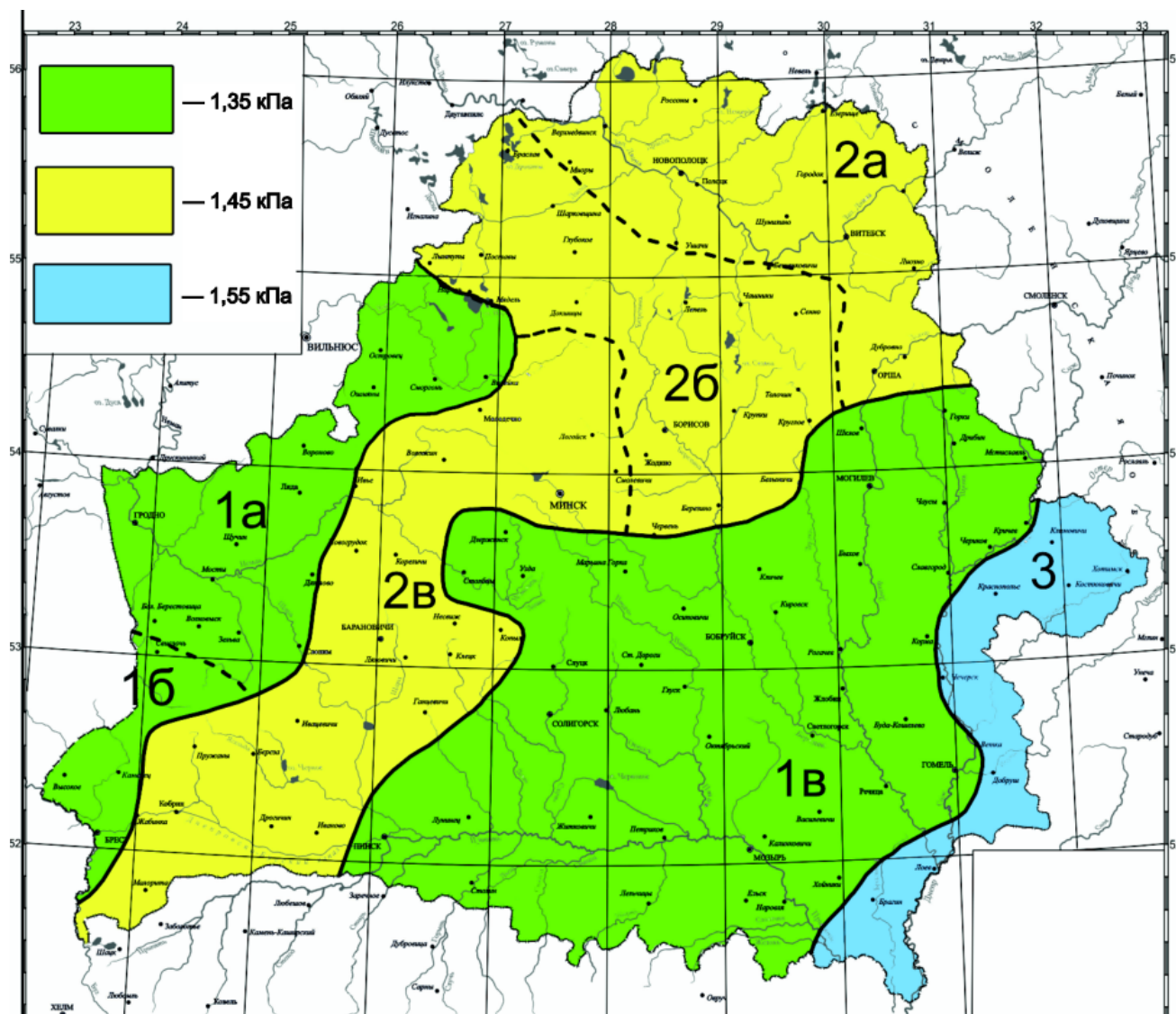
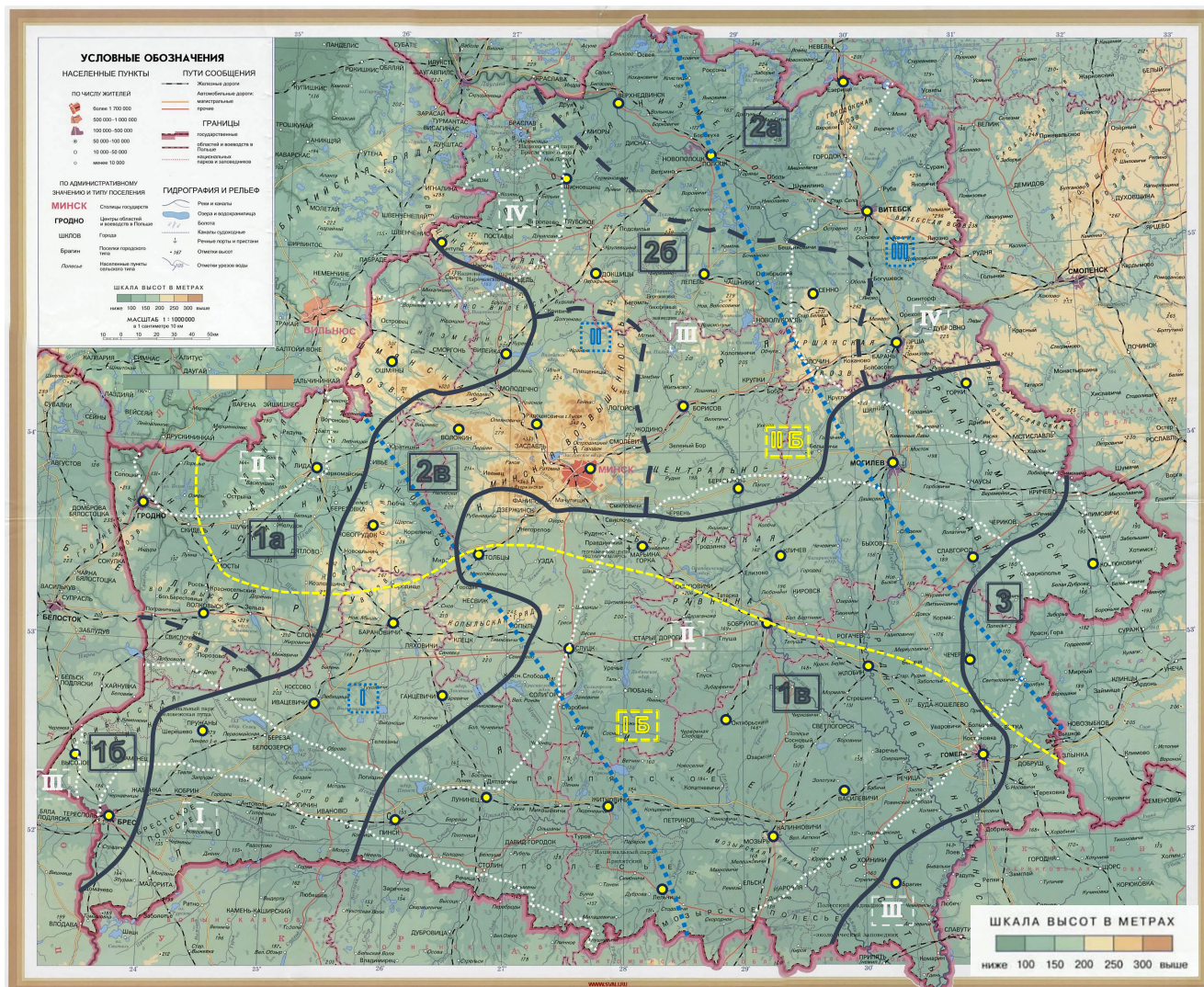


Таблица НП.1.1 (ВУ) — Характеристические значения снеговой нагрузки на грунт в зависимости от высоты местности над уровнем моря А, м

Номер снегового района	Подрайон	Снеговая нагрузка s_k , кПа, для местности с высотой над уровнем моря А, м
1	1а	$s_k = 1,35^*$
	1б	$s_k = 1,35 + 2,20 \cdot (A - 155) / 100$
	1в	$s_k = 1,35 + 0,38 \cdot (A - 140) / 100$
2	2а	$s_k = 1,45 + 0,60 \cdot (A - 125) / 100$
	2б	$s_k = 1,45 + 0,60 \cdot (A - 150) / 100$
	2в	$s_k = 1,45 + 0,60 \cdot (A - 210) / 100, s_k \geq 1,00$
3	3	$s_k = 1,55^*$

* Характеристическое значение снеговой нагрузки в данном подрайоне (районе) принимается постоянным.

Рисунок 3 – Карта снеговых районов для условий Республики Беларусь [5]



Желтыми точками обозначены метеостанции
 Черные линии – снеговые районы согласно СН 2.01.04-2019 [5]
 Синие линии – снеговые районы согласно ТКП EN 1991-1-3-2009 [8]
 Желтые линии – снеговые районы согласно СНП 2.01.07-85 (2004) [4, 10]
 Красные линии – снеговые районы согласно СНП 2.01.07-85 [4]
Рисунок 4 – Карта снеговых районов для условий Республики Беларусь, совмещенная с физической картой рельефа

Таблица 1 – Минимальное, максимальное и среднее значение снеговой нагрузки исходя из фактического рельефа Республики Беларусь

		Высота над уровнем моря (А)				
		минимальная	средняя	максимальная		
Снеговой район		80 м	100/120 ⁹ м	160 м	300/240 (250 ⁹ /200) ⁴ м	345 м
1	1а	1,35	1,35	1,35	1,35	–
	1б	–	0,14/0,58	1,46	3,44/2,34	–
	1в	–	1,20/1,27	1,43	1,96/1,73	–
2	2а	–	1,30/1,42	1,66	2,50/2,14	–
	2б	–	1,15/1,27	1,51	2,35/1,99	–
3	2в	–	1,00/1,00	1,15	1,99/1,63	2,26
	3	–	1,55	1,55	1,55	–

Примечание: * – для снеговых районов 1б и 3 наивысшая точка над уровнем моря не превышает 250 м, поэтому расчеты проведены исходя из максимума 250 м

⁹ Очевидно, что высотные отметки на физической карте приведены ввиду дискретности с определенными допусками. Практически значимые значения следует принимать с 20 % допуском.

Таблица 2 – Сопоставление данных снеговой нагрузки в зависимости от снегового района метеостанций с нормативными снеговыми нагрузками

Метеостанции	Высота над уровнем моря, м			СНиП 2.01.07 (до Изм 1 - 2004)	СНиП 2.01.07 (после Изм 1 - 2004)	ТКП EN 1991-1-3 (до Изм 2 - 2015)	СН 2.01.04	СНиП 2.01.07 (до Изм 1 - 2004)	СНиП 2.01.07 (после Изм 1 - 2004)	ТКП EN 1991-1-3 (до Изм 2 - 2015)	СН 2.01.04 (с учетом высоты над уровнем моря)			СНиП 2.01.07 (до Изм 1 - 2004)	СНиП 2.01.07 (после Изм 1 - 2004)	ТКП EN 1991-1-3 (до Изм 2 - 2015)	СН 2.01.04 (с учетом высоты над уровнем моря) Количество превышений (годы)		
	norm	min	max								norm	min	max				norm	min	max
Вилейка	163	140	204	II	IIБ	III	1А	0,70	1,20	1,6	1,35	1,35	1,35	25	4	0	1	1	1
Волковыск	180	124	242	I	IB	III	1А	0,50	0,80	1,6	1,35	1,35	1,35	0	0	0	0	0	0
Гродно	134	79	229	I	IB	III	1А	0,50	0,80	1,6	1,35	1,35	1,35	19	7	0	1	1	1
Лида	154	121	183	I	IIБ	II	1А	0,50	1,20	1,4	1,35	1,35	1,35	31	1	1	1	1	1
Ошмяны	211	159	232	II	IIБ	III	1А	0,70	1,20	1,6	1,35	1,35	1,35	18	2	0	0	0	0
Брест	142	120	171	I	IB	I	1Б	0,50	0,80	1,2	1,06	0,58	1,70	0	0	0	0	0	0
Высокое	163	142	169	I	IB	III	1Б	0,50	0,80	1,6	1,53	1,06	1,66	17	4	1	1	2	1
Бобруйск	156	126	192	II	IIБ	II	1В	0,70	1,20	1,4	1,41	1,30	1,55	21	1	0	0	0	0
Василевичи	139	123	144	II	IB	II	1В	0,70	0,80	1,4	1,35	1,29	1,37	2	2	0	0	0	0
Гомель	125	109	189	II	IB	III	1В	0,70	0,80	1,6	1,29	1,23	1,54	0	0	0	0	0	0
Горки	200	163	219	III	IIБ	IV	1В	1,00	1,20	1,8	1,58	1,44	1,65	21	10	0	1	4	0
Житковичи	136	118	171	I	IB	II	1В	0,50	0,80	1,4	1,33	1,27	1,47	4	0	0	0	0	0
Жлобин	140	119	158	II	IB	II	1В	0,70	0,80	1,4	1,35	1,27	1,42	16	12	0	1	1	0
Кличев	154	137	176	II	IIБ	II	1В	0,70	1,20	1,4	1,40	1,34	1,49	0	0	0	0	0	0
Лельчицы	141	125	152	I	IB	II	1В	0,50	0,80	1,4	1,35	1,29	1,40	23	9	0	0	0	0
Марьина Горка	175	152	188	II	IIБ	II	1В	0,70	1,20	1,4	1,48	1,40	1,53	21	1	0	0	0	0
Могилев	151	137	218	III	IIБ	III	1В	1,00	1,20	1,6	1,39	1,34	1,65	13	7	1	1	3	1
Мозырь	189	107	213	II	IB	II	1В	0,70	0,80	1,4	1,54	1,22	1,63	12	11	0	0	3	0
Октябрь	141	91	180	II	IB	II	1В	0,70	0,80	1,4	1,35	1,16	1,50	11	8	0	0	3	0
Пинск	140	128	162	I	IB	II	1В	0,50	0,80	1,4	1,35	1,30	1,43	0	0	0	0	0	0
Полесская	133	124	148	I	IB	II	1В	0,50	0,80	1,4	1,32	1,29	1,38	21	6	0	1	1	0
Славгород	171	77	197	III	IIБ	II	1В	1,00	1,20	1,4	1,47	1,11	1,57	13	6	2	1	9	0
Слуцк	159	146	179	II	IB	III	1В	0,70	0,80	1,6	1,42	1,37	1,50	11	9	0	0	0	0
Столбцы	172	140	200	II	IB	III	1В	0,70	0,80	1,6	1,47	1,35	1,58	0	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 2

Метеостанции	Высота над уровнем моря, м			СНиП 2.01.07 (до Изм 1 - 2004)	СНиП 2.01.07 (после Изм 1 - 2004)	ТКП EN 1991-1-3 (до Изм 2 - 2015)	СН 2.01.04	СНиП 2.01.07 (до Изм 1 - 2004)	СНиП 2.01.07 (после Изм 1 - 2004)	ТКП EN 1991-1-3 (до Изм 2 - 2015)	СН 2.01.04 (с учетом высоты над уровнем моря)			СНиП 2.01.07 (до Изм 1 - 2004)	СНиП 2.01.07 (после Изм 1 - 2004)	ТКП EN 1991-1-3 (до Изм 2 - 2015)	СН 2.01.04 (с учетом высоты над уровнем моря) Количество превышений (годы)		
	norm	min	max								norm	min	max				Количество превышений (годы)	norm	min
Верхнедвинск	132	97	149	III	IIБ	III	2А	1,00	1,20	1,6	1,49	1,28	1,59	10	4	0	1	4	1
Витебск	174	116	262	III	IIБ	IV	2А	1,00	1,20	1,8	1,74	1,40	2,27	16	9	1	1	6	0
Езерище	172	156	192	III	IIБ	III	2А	1,00	1,20	1,6	1,73	1,64	1,85	9	6	0	0	0	0
Орша	186	143	244	III	IIБ	IV	2А	1,00	1,20	1,8	1,82	1,56	2,16	15	8	2	2	3	0
Полоцк	132	102	155	III	IIБ	III	2А	1,00	1,20	1,6	1,49	1,31	1,63	12	6	0	1	3	0
Березино	153	138	195	II	IIБ	II	2Б	0,70	1,20	1,4	1,47	1,38	1,72	2	1	1	1	1	1
Борисов	188	144	236	II	IIБ	III	2Б	0,70	1,20	1,6	1,68	1,41	1,97	35	6	1	1	3	0
Докшицы	193	174	224	II	IIБ	III	2Б	0,70	1,20	1,6	1,71	1,59	1,89	28	7	2	1	2	0
Лепель	173	136	228	II	IIБ	III	2Б	0,70	1,20	1,6	1,59	1,37	1,92	1	0	0	0	0	0
Лынтупы	208	175	236	II	IIБ	IV	2Б	0,70	1,20	1,8	1,80	1,60	1,97	37	11	1	1	4	0
Сенно	173	139	233	III	IIБ	IV	2Б	1,00	1,20	1,8	1,59	1,38	1,95	0	0	0	0	0	0
Шарковщина	130	117	137	II	IIБ	IV	2Б	0,70	1,20	1,8	1,33	1,25	1,37	0	0	0	0	0	0
Барановичи	192	168	216	I	IБ	III	2В	0,50	0,80	1,6	1,34	1,20	1,49	1	0	0	0	0	0
Воложин	229	146	274	II	IIБ	III	2В	0,70	1,20	1,6	1,56	1,07	1,83	27	5	1	1	7	0
Ганцевичи	157	150	180	I	IБ	III	2В	0,50	0,80	1,6	1,13	1,09	1,27	29	9	0	2	2	0
Ивацевичи	153	142	185	I	IБ	III	2В	0,50	0,80	1,6	1,11	1,04	1,30	22	7	0	1	2	0
Минск	222	173	287	II	IIБ	III	2В	0,70	1,20	1,6	1,52	1,23	1,91	33	11	0	0	10	0
Новогрудок	278	186	323	I	IIБ	III	2В	0,50	1,20	1,6	1,86	1,31	2,13	47	11	2	1	6	0
Пружаны	162	150	178	I	IБ	II	2В	0,50	0,80	1,4	1,16	1,09	1,26	19	7	1	1	1	1
Радошковичи	202	180	285	II	IIБ	III	2В	0,70	1,20	1,6	1,40	1,27	1,90	21	1	0	0	0	0
Брагин	115	108	136	II	IБ	III	3	0,70	0,80	1,6	1,55	1,55	1,55	13	12	0	0	0	0
Костюковичи	168	141	207	III	IIБ	III	3	1,00	1,20	1,6	1,55	1,55	1,55	8	4	0	2	2	2
Чечерск	145	116	177	II	IIБ	II	3	0,70	1,20	1,4	1,55	1,55	1,55	19	4	2	1	1	1

Примечание: norm, min, max – соответственно, высота над уровнем моря: метеостанции, минимальной и максимальной отметки в городе, где находится метеостанция. Цветом выделены случаи превышения нормативных значений более 1 раза за рассматриваемый период (73 года)

Таблица 3 – Сопоставление данных снеговой нагрузки в зависимости от снегового района метеостанций с нормативными снеговыми нагрузками

Метеостанция	Высота над уровнем моря, м			СНиП 2.01.07 (до Изм 1 - 2004)	СНиП 2.01.07 (после Изм 1 - 2004)	ТКП EN 1991-1-3 (до Изм 2 - 2015)	СН 2.01.04	СНиП 2.01.07 (до Изм 1 - 2004)	СНиП 2.01.07 (после Изм 1 - 2004)	ТКП EN 1991-1-3 (до Изм 2 - 2015)	СН 2.01.04 (с учетом высоты над уровнем моря)			СНиП 2.01.07 (до Изм 1 - 2004)	СНиП 2.01.07 (после Изм 1 - 2004)	ТКП EN 1991-1-3 (до Изм 2 - 2015)	СН 2.01.04 (с учетом высоты над уровнем моря) Количество превышений (годы)		
	norm	min	max								Снеговой район	Расчетная нагрузка, кПа					norm	min	max
Вилейка	163	140	204	II	IIБ	III	1А	0,98	1,80	2,4	2,03	2,03	2,03	7	0	0	0	0	0
Волковыск	180	124	242	I	IB	III	1А	0,70	1,20	2,4	2,03	2,03	2,03	0	0	0	0	0	0
Гродно	134	79	229	I	IB	III	1А	0,70	1,20	2,4	2,03	2,03	2,03	9	2	0	0	0	0
Лида	154	121	183	I	IIБ	II	1А	0,70	1,80	2,1	2,03	2,03	2,03	22	0	0	0	0	0
Ошмяны	211	159	232	II	IIБ	III	1А	0,98	1,80	2,4	2,03	2,03	2,03	6	0	0	0	0	0
Брест	142	120	171	I	IB	I	1Б	0,70	1,20	1,8	1,60	0,87	2,55	0	0	0	0	0	0
Высокое	163	142	169	I	IB	III	1Б	0,70	1,20	2,4	2,29	1,60	2,49	7	2	0	0	1	0
Бобруйск	156	126	192	II	IIБ	II	1В	0,98	1,80	2,1	2,12	1,95	2,32	5	0	0	0	0	0
Василевичи	139	123	144	II	IB	II	1В	0,98	1,20	2,1	2,02	1,93	2,05	1	0	0	0	0	0
Гомель	125	109	189	II	IB	III	1В	0,98	1,20	2,4	1,94	1,85	2,30	0	0	0	0	0	0
Горки	200	163	219	III	IIБ	IV	1В	1,40	1,80	2,7	2,37	2,16	2,48	5	0	0	0	0	0
Житковичи	136	118	171	I	IB	II	1В	0,70	1,20	2,1	2,00	1,90	2,20	1	0	0	0	0	0
Жлобин	140	119	158	II	IB	II	1В	0,98	1,20	2,1	2,03	1,91	2,13	7	1	0	0	0	0
Кличев	154	137	176	II	IIБ	II	1В	0,98	1,80	2,1	2,10	2,01	2,23	0	0	0	0	0	0
Лельчицы	141	125	152	I	IB	II	1В	0,70	1,20	2,1	2,03	1,94	2,09	10	0	0	0	0	0
Марьина Горка	175	152	188	II	IIБ	II	1В	0,98	1,80	2,1	2,22	2,09	2,30	6	0	0	0	0	0
Могилев	151	137	218	III	IIБ	III	1В	1,40	1,80	2,4	2,09	2,01	2,47	1	0	0	0	0	0
Мозырь	189	107	213	II	IB	II	1В	0,98	1,20	2,1	2,30	1,84	2,44	6	3	0	0	0	0
Октябрь	141	91	180	II	IB	II	1В	0,98	1,20	2,1	2,03	1,75	2,25	7	3	0	0	0	0
Пинск	140	128	162	I	IB	II	1В	0,70	1,20	2,1	2,03	1,96	2,15	0	0	0	0	0	0
Полесская	133	124	148	I	IB	II	1В	0,70	1,20	2,1	1,99	1,93	2,07	10	1	0	0	0	0
Славгород	171	77	197	III	IIБ	II	1В	1,40	1,80	2,1	2,20	1,67	2,35	2	0	0	0	0	0
Слуцк	159	146	179	II	IB	III	1В	0,98	1,20	2,4	2,13	2,06	2,25	4	0	0	0	0	0
Столбцы	172	140	200	II	IB	III	1В	0,98	1,20	2,4	2,21	2,03	2,37	0	0	0	0	0	0
Верхнедвинск	132	97	149	III	IIБ	III	2А	1,40	1,80	2,4	2,24	1,92	2,39	2	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 3

Метеостанция	Высота над уровнем моря, м			СНИП 2.01.07 (до Изм 1 - 2004)	СНИП 2.01.07 (после Изм 1 - 2004)	ТКП EN 1991-1-3 (до Изм 2 - 2015)	СН 2.01.04	СНИП 2.01.07 (до Изм 1 - 2004)	СНИП 2.01.07 (после Изм 1 - 2004)	ТКП EN 1991-1-3 (до Изм 2 - 2015)	СН 2.01.04 (с учетом высоты над уровнем моря)			СНИП 2.01.07 (до Изм 1 - 2004)	СНИП 2.01.07 (после Изм 1 - 2004)	ТКП EN 1991-1-3 (до Изм 2 - 2015)	СН 2.01.04 (с учетом высоты над уровнем моря) Количество превышений (годы)			
	norm	min	max								Снеговой район						Расчетная нагрузка, кПа			norm
Витебск	174	116	262	III	IIБ	IV	2А	1,40	1,80	2,7	2,62	2,09	3,41	5	1	0	0	0	0	0
Езерище	172	156	192	III	IIБ	III	2А	1,40	1,80	2,4	2,60	2,45	2,78	2	0	0	0	0	0	0
Орша	186	143	244	III	IIБ	IV	2А	1,40	1,80	2,7	2,72	2,34	3,25	5	2	0	0	0	0	0
Полоцк	132	102	155	III	IIБ	III	2А	1,40	1,80	2,4	2,24	1,97	2,45	2	0	0	0	0	0	0
Березино	153	138	195	II	IIБ	II	2Б	0,98	1,80	2,1	2,20	2,07	2,58	1	0	0	0	0	0	0
Борисов	188	144	236	II	IIБ	III	2Б	0,98	1,80	2,4	2,52	2,12	2,95	17	0	0	0	0	0	0
Докшицы	193	174	224	II	IIБ	III	2Б	0,98	1,80	2,4	2,56	2,39	2,84	17	0	0	0	0	0	0
Лепель	173	136	228	II	IIБ	III	2Б	0,98	1,80	2,4	2,38	2,05	2,88	1	0	0	0	0	0	0
Лынтупы	208	175	236	II	IIБ	IV	2Б	0,98	1,80	2,7	2,70	2,40	2,95	24	1	0	0	0	0	0
Сенно	173	139	233	III	IIБ	IV	2Б	1,40	1,80	2,7	2,38	2,08	2,92	0	0	0	0	0	0	0
Шарковщина	130	117	137	II	IIБ	IV	2Б	0,98	1,80	2,7	2,00	1,88	2,06	0	0	0	0	0	0	0
Барановичи	192	168	216	I	IB	III	2В	0,70	1,20	2,4	2,01	1,80	2,23	0	0	0	0	0	0	0
Воложин	229	146	274	II	IIБ	III	2В	0,98	1,80	2,4	2,35	1,60	2,75	11	0	0	0	0	1	0
Ганцевичи	157	150	180	I	IB	III	2В	0,70	1,20	2,4	1,70	1,64	1,91	14	1	0	0	0	0	0
Ивацевичи	153	142	185	I	IB	III	2В	0,70	1,20	2,4	1,66	1,56	1,95	8	0	0	0	0	0	0
Минск	222	173	287	II	IIБ	III	2В	0,98	1,80	2,4	2,28	1,84	2,87	19	0	0	0	0	0	0
Новогрудок	278	186	323	I	IIБ	III	2В	0,70	1,80	2,4	2,79	1,96	3,19	34	1	0	0	0	1	0
Пружаны	162	150	178	I	IB	II	2В	0,70	1,20	2,1	1,74	1,64	1,89	8	1	0	0	0	0	0
Радошковичи	202	180	285	II	IIБ	III	2В	0,98	1,80	2,4	2,10	1,91	2,85	14	0	0	0	0	0	0
Брагин	115	108	136	II	IB	III	3	0,98	1,20	2,4	2,33	2,33	2,33	6	5	0	0	0	0	0
Костюковичи	168	141	207	III	IIБ	III	3	1,40	1,80	2,4	2,33	2,33	2,33	2	0	0	0	0	0	0
Чечерск	145	116	177	II	IIБ	II	3	0,98	1,80	2,1	2,33	2,33	2,33	9	0	0	0	0	0	0

Примечание: norm, min, max – соответственно, высота над уровнем моря: метеостанции, минимальной и максимальной отметки в городе, где находится метеостанция. Цветом выделены случаи превышения нормативных значений за рассматриваемый период (73 года)

Цветным шрифтом выделены местности, где несущей способности может быть недостаточно для мокрого снега толщиной 30 см.

Для СНиП 2.01.07-85 [4] после введения изменения № 1 [10] для Республики Беларусь ситуация выглядит более благоприятно: наибольшее количество лет с превышением зафиксировано для Брагина, Жлобина (12), Минска, Новогрудка, Лынтупы, Мозыря (11); в 10 метеостанциях из 47 не зафиксировано превышение, среди них Брест, Гомель и др. В среднем для Беларуси нормативное значение превышалось 4,87 раз за 73 года, что соответствует частоте 0,07 (разброс частоты от 0 до 0,16). Снижение средней частоты превышений в 3 раза говорит о более точном учете снеговых районов для СНиП 2.01.07-85 [4,10] по сравнению с советским периодом [4,9], но все еще высоким по сравнению с современным подходом – не более 1 раза в 50 лет, что соответствует частоте 0,02.

Очевидно, при разработке СНиП 2.01.07-85 не было возможности рассмотреть такой длительный период снегонакопления, который имеется в наши дни. Поэтому нормирование снеговых нагрузок согласно СНиП 2.01.07-85 было основано на более коротком периоде наблюдения – 10 лет и косвенно учитывалось имеющимися коэффициентами надежности по снеговой нагрузке и коэффициентами запаса по прочности материалов.

Для ТКП EN 1991-1-3-2009 [8] до 2015 года, согласно данным таблицы 2, характерно наименьшее количество лет превышений снеговой нагрузки относительно характеристических значений. Наибольшее количество лет с превышением зафиксировано для Новогрудка, Чечерска, Орши, Докшиц, Славгорода (2); в 35 метеостанциях из 47 не зафиксировано превышение, среди них все областные центры, кроме Могилева и др. города. В среднем для Беларуси характеристическое значение превышалось 0,4 раз за 73 года, что соответствует частоте 0,005 (разброс частоты от 0 до 0,027). Среднее значение частоты для Республики Беларусь согласно ТКП EN 1991-1-3-2009 [8] достаточно хорошо согласуется с современным подходом, однако в некоторых местностях частота превышает 1/50. При этом следует отметить весьма малое количество объектов, запроектированных с применением норм ТКП EN 1991-1-3-2009 [8] до 2015 года, преобладающее количество объектов в настоящее время – это объекты, запроектированные согласно нормативным значениям снеговой нагрузки СНиП 2.01.07-85.

Представляет интерес провести анализ современного нормирования снеговой нагрузки – СН 2.01.04-2019¹⁰ [5]. Рассматривая характеристические значения относительно метеостанций (т.е. их высоты над уровнем моря) – т. н. фоновые значения – количество лет превышений снеговой нагрузки более одного раза зафиксировано только для городов Костюковичи, Ганцевичи и Орша (2) – что несколько лучше по сравнению со снеговыми районами ТКП EN 1991-1-3-2009 [8] (там зафиксировано 5 городов с 2-кратным превышением). В среднем для Беларуси это характеристическое значение превышалось 0,57 раз за 73 года, что соответствует частоте 0,007 (разброс частоты от 0 до 0,027).

Однако, принимая во внимание выше сформулированную гипотезу о равномерном распределении снеговой нагрузки в пределах одного района, учет высоты местности для населенных пунктов, в которых расположены метеостанции, серьезно меняет положение дел, особенно для низменных участков: наибольшее количество лет с превышением зафиксировано для Минска (10), Славгорода (9); Воложина (7). В 20 населенных пунктах из 47 не зафиксировано превышение, среди них Брест, Гомель и др. В среднем для наиболее низких отметок местности рассматриваемая ситуация выглядит наиболее благоприятно: характеристическое значение превышалось 0,23 раз за 73 года, что соответствует частоте 0,003 (разброс частоты от 0 до 0,027).

Указанные превышения снеговых нагрузок относительно характеристических (нормативных) значений представляют интерес для дальнейших исследований, в том числе в рамках ограничения снеговых нагрузок для низменностей. Однако для принятия решений по стратегии эксплуатации, капитального ремонта либо реконструкции,

модернизации существующих зданий, в особенности построенных с использованием нормативных значений снеговых нагрузок согласно СНиП 2.01.07-85 [4], целесообразно сопоставить фактические снеговые нагрузки с расчетными значениями.

Расчетные значения снеговых нагрузок получают путем характеристических (нормативных) значений на коэффициент надежности (частный коэффициент) по нагрузке $\gamma_r(\gamma_Q)$.

Таблица 4 – Значения коэффициента надежности (частного коэффициента) по нагрузке $\gamma_r(\gamma_Q)$ для различных нормативных документов

	СНиП 2.01.07 (до Изм 1–2004)	СНиП 2.01.07 (после Изм 1 – 2004)	ТКП EN 1991-1-3 (до Изм 2 – 2015)	СН 2.01.04
$\gamma_r(\gamma_Q)$	1,4	1,5	1,5	1,5

Результаты оценки ретроспективной расчетной снеговой нагрузки в сопоставлении с фактическим снегонакоплением представлены в таблице 3. Вполне логично, что численные значения в указанной таблице меньше, чем в таблице 4, однако представляет интерес провести более подробный анализ. В таблице 3 в отличие от таблицы 4 выделены все ячейки, в которых зафиксировано хотя бы одно превышение за рассматриваемый период наблюдений.

Анализ таблицы 3 показывает, что также наибольшее количество превышений снеговой нагрузки относительно расчетных значений также характерно для СНиП 2.01.07-85 [4] до введения изменения № 1 [10] для Республики Беларусь: наибольшее количество лет с превышением зафиксировано для Новогрудка (34), Лынтупы (24), Лиды (22); лишь в 9 метеостанциях из 47 не зафиксировано превышение, среди них Брест, Гомель и др. В среднем для Беларуси расчетное значение превышалось 6,74 раз за 73 года, что соответствует частоте 0,09 (разброс частоты от 0 до 0,47).

Для СНиП 2.01.07-85 [4] после введения изменения № 1 [10] для Республики Беларусь наибольшее количество лет с превышением зафиксировано для Брагина (5), Мозыря, Октябрьского (3); в 34 метеостанциях из 47 не зафиксировано превышение, среди них Брест, Гродно, Витебск и др. В среднем для Беларуси расчетное значение превышалось 0,51 раз за 73 года, что соответствует частоте 0,007 (разброс частоты от 0 до 0,07).

Для ТКП EN 1991-1-3-2009 [8] и нормальных отметок над уровнем моря СН 2.01.04-2019 [5] превышений расчетных значений снеговой нагрузки за рассматриваемый период не зафиксировано.

Отдельно следует отметить факты превышения расчетного значения снеговых нагрузок относительно современных требований, учитывающих высоту местности над уровнем моря. Подчеркнем, что, принимая во внимание выше сформулированную гипотезу о равномерном распределении снеговой нагрузки, превышение расчетного значения снеговой нагрузки зафиксировано для 3 населенных пунктов: Новогрудок, Воложин, Высокое (1). В среднем для Беларуси расчетное значение превышалось 0,06 раз за 73 года, что соответствует частоте $8 \cdot 10^{-4}$ (разброс частоты от 0 до 0,014).

Представленный в настоящей статье анализ свидетельствует, что для зданий, в особенности построенных согласно СНиП 2.01.07-85 [4]¹¹, снеговая нагрузка для покрытий может представлять собой особое (чрезвычайное) воздействие, не предусмотренное на этапе проектирования. Поэтому для таких зданий в ходе эксплуатации необходимо следить за величиной снеговой нагрузки и проводить своевременную уборку снега, а там, где это невозможно, – проводить мониторинг состояния пролетных конструкций и/или не допускать нахождение людей под такими конструкциями. На этапе капитального ремонта, реконструкции либо модернизации необходимо проводить усиление конструкций, либо рассматривать снеговую нагрузку как особое (чрезвычайное) воздействие – и соответственно

¹⁰ Оно же соответствует ТКП EN 1991-1-3-2009 [8] после 2015 года (изменение № 1 к указанному документу)

¹¹ Фактически это все здания, получившие разрешительную документацию до 2015 года

рассматривать снеговую нагрузку для конструкций покрытия как особое воздействие и применять соответствующие стратегии восприятия особого воздействия.

Следует отдельно отметить, что в настоящей работе не проводился подробный анализ распределения снеговых нагрузок во времени в течение каждого наблюдаемого года, в том числе не учитывалось, что в течение года могло быть зафиксировано несколько максимумов снеговой нагрузки¹². Поэтому целесообразно провести дальнейшие исследования значений снеговой нагрузки, в том числе с учетом понижающих коэффициентов сочетания ψ_i . Также в настоящей статье не проводился подробный анализ распределения снеговых нагрузок по всей местности снеговых районов, анализ ограничен только для наиболее изученных местностей – вблизи метеостанций. Изучение закономерностей для иных местностей Республики Беларусь является предметом дальнейших исследований.

Стратегия безаварийной эксплуатации зданий при особой снеговой нагрузке

Примечательным является факт, что, несмотря на подробные указания по определению, характеристических (нормативных) и расчетных значений снеговой нагрузки, нормативные документы не содержат конкретных рекомендаций по эксплуатации кровель, а именно – значения предельной величины снегового покрова, который допускается оставлять без уборки.

Очевидно, что при эксплуатации затруднительно оперировать значениями снеговых нагрузок, выраженными в единицах измерения давления, например в кПа. Гораздо более удобно оценивать снеговую нагрузку через высоту снегового покрова. Для расчета искомых значений возможно воспользоваться данными Приложения Е СН 2.01.04-2019 [5] (таблица 5).

Таблица 5 – Удельный вес снега

Вид снега	Удельный вес, кН/м ³ *
Свежий	1,0
Осевший (через несколько часов или суток после выпадения)	2,0
Старый (через несколько недель после выпадения)	2,5–3,5
Влажный	4,0

Примечание: * – соответствует весу в кг 1 см слоя снега.

Согласно требованиям технических нормативных правовых актов [11,12], 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). Это соответствует нагрузке в 0,6 кПа для осевшего снега (через несколько часов или суток после выпадения), либо 1,2 кПа для влажного снега. Анализ таблицы 3 указывает, что большинство зданий, исходя из проектных (расчетных) значений снеговой нагрузки, способны выдержать вес свежего снега толщиной 30 см. Однако для большинства районов Республики Беларусь здания, построенные по нормам СНиП 2.01.07-85 [4], могут оказаться не рассчитанными на восприятие нагрузки от 30 см мокрого снега (выделены цветом в таблице 3) – особенно это актуально для Новогрудка и Лиды, для которых советские нормы предполагали 0,5 кПа нормативное значение снеговой нагрузки и 0,7 кПа расчетной, а по факту за последние 73 года в указанных городах превышение расчетной нагрузки было зафиксировано соответственно 34 и 22 раза (т. е. в среднем каждые 2–3 года).

Указанные факты свидетельствуют о том, что при эксплуатации зданий снег должен убираться в свежем состоянии, не допуская его накопление до критических значений. Особенно это актуально для старых зданий с учетом накопления усталостных повреждений в конструкциях.

Отдельно следует отметить важность недопущения локальных скоплений снеговой нагрузки при искусственном перемещении или перераспределении снега в процессе уборки.

В случае невозможности уборки снега и его накопления выше критических значений наиболее простым шагом является приостановка работы объектов и исключение нахождения людей под такими покрытиями. Так, в январе 2016 года, после циклона «Даниэлла» в г. Минске, надзорными органами МЧС была приостановлена работа шести объектов из-за несоблюдения требований по очистке кровель от снега и наледи, что могло стать причиной обрушения зданий.

Другим вариантом обеспечения безопасности таких объектов может быть оснащение их системами мониторинга строительных конструкций. Очевидно, что недостаточная несущая способность и жесткость конструкций не всегда может быть выявлена визуально – основные деформации строительных конструкций находятся в диапазоне малых величин, исчисляемых в миллиметрах, визуальный контроль либо мониторинг подручными средствами во многом является трудоемкой задачей. В такой ситуации обоснованным является применение стационарных автоматизированных систем мониторинга, позволяющих обеспечивать диагностику несущих конструкций в режиме реального времени [13–15]. Корректное применение такой системы требует предварительное обследование строительных конструкций на предмет повреждений и определения расчетных значений критических прогибов / перемещений строительных конструкций, в том числе и в рамках особой расчетной ситуации. Кроме того, необходимо назначение критериев оценки соответствия и ограничений, используемых в критериях с учетом фактического состояния конструкции и начальных показателей качества.

Заключение

Природные чрезвычайные ситуации в Республике Беларусь происходят довольно редко, однако наносят, как правило, значительный ущерб.

Действующие нормативные документы СН 2.01.01-2022 и СН 2.01.04-2019 рассматривают снеговые нагрузки как переменные, стационарные воздействия и требуют обеспечения несущей способности и эксплуатационной пригодности для постоянных и переходных расчетных ситуаций. При этом СН 2.01.01-2022 декларирует, что в тех случаях, когда воздействие является непродолжительным по времени, но значительным по величине, и вероятность появления которого в течение проектного срока эксплуатации строительного сооружения чрезвычайно мала, его следует рассматривать как особое воздействие. Согласно СН 2.01.04-2019 снеговую нагрузку не относят к особым воздействиям. При этом характеристические значения снеговой нагрузки приняты исходя из 1 превышения за 50 лет (для зданий массового строительства). При этом не принимается во внимание, насколько будет превышено характеристическое значение. В связи с чем большой интерес представляет сопоставительный анализ проектных значений снеговой нагрузки, принятой согласно нормативным документам разных лет, и фактических наблюдений на метеостанциях с позиции отнесения снеговой нагрузки к особым воздействиям.

Для решения поставленной цели исследования авторами составлена карта снеговых районов для условий Республики Беларусь, совмещенная с физической картой рельефа, позволившая провести ретроспективный анализ районирования снеговой нагрузки для территории Республики Беларусь, – для населенных пунктов и близлежащей местности метеостанций определены нормативные (характеристические) значения (в том числе с учетом высот над уровнем моря), которые сопоставлены с фактическими метеонаблюдениями за 73 года наблюдений, с 1944 по 2016 год.

Анализ данных свидетельствует, что для зданий, построенных согласно СНиП 2.01.07-85 [4], снеговая нагрузка для покрытий может представлять собой особое (чрезвычайное) воздействие, не предусмотренное на этапе проектирования. Поэтому для таких зданий в ходе эксплуатации необходимо следить за величиной снеговой нагрузки и проводить своевременную уборку снега, а там, где это невозможно, проводить мониторинг состояния пролетных конструкций и/или не допускать нахождения людей под такими конструкциями. На этапе капитального ремонта, реконструкции либо модернизации

¹² Данные метеостанций по снеговой нагрузке фиксируются с периодичностью каждые 10 дней в течение года.

ции необходимо проводить усиление конструкций либо рассматривать снеговую нагрузку как особое (чрезвычайное) воздействие и рассматривать снеговую нагрузку для конструкций покрытия как особое воздействие.

Чистка кровель от снега лишь частично может решить указанную проблему. Анализ данных указывает, что большинство зданий, исходя из проектных (расчетных) значений снеговой нагрузки, способны выдержать лишь вес свежего снега толщиной 30 см. Однако для большинства районов Республики Беларусь здания, построенные по нормам СНиП 2.01.07-85 [4], могут оказаться не рассчитанными на восприятие нагрузки от 30 см мокрого снега – особенно это актуально для Новогрудка и Лиды, для которых советские нормы предполагали 0,50 кПа нормативного значения снеговой нагрузки и 70 кг/м² расчетного, а по факту – за последние 73 года в указанных городах превышение расчетной нагрузки было зафиксировано соответственно 34 и 22 раза (т. е. в среднем каждые 2–3 года). Указанные факты свидетельствуют о том, что при эксплуатации зданий снег должен убираться в свежем состоянии, не допуская его накопления до критических значений. Особенно это актуально для старых зданий с плоскими крышами с учетом накопления усталостных повреждений в конструкциях.

Альтернативными шагами для обеспечения безаварийной эксплуатации зданий является приостановка эксплуатации объектов либо внедрение системы мониторинга. Для внедрения систем мониторинга необходима разработка критериев оценки соответствия и ограничений, используемых в критериях с учетом фактического состояния конструкции, в том числе с учетом особой расчетной ситуации.

Список цитированных источников

1. Сведения о ЧС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mchs.gov.by/ministerstvo/statistika/svedeniya-o-chs/>. – Дата доступа: 12.12.2023.
2. Die Eissporthalle von Bad Reichenhall [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.welt.de/regionales/muenchen/article1604908/Die-Eissporthalle-von-Bad-Reichenhall.html>. – Дата доступа: 05.01.2024.
3. Biegus, A. Collapse of Katowice fair building / A. Biegus, K. Rykaluk // Engineering Failure Analysis. – 2013. – № 16 (5). – P. 1643–1654.
4. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия : СНиП 2.01.07-85. – Введ. 01.01.1987. – Отменен 16.11.2020. – М. : Госстрой СССР, 1987. – 46 с.
5. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки : СН 2.01.04-2019. – Введ. 16.12.2019. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 43 с.
6. Строительные нормы. Основы проектирования строительных конструкций : СН 2.01.01-2022. – Введ. 23.11.2022. – Минск : Минстройархитектуры, 2022. – 65 с.
7. Надольский, В. В. Сопоставительный анализ снеговой нагрузки, определенной согласно СНиП и Еврокод / В. В. Надольский, Ю. С. Мартынов, А. В. Осипчик // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы Международных академических чтений / редкол.: С. И. Меркулов (отв. ред.) [и др.]. – Курск : Курск. гос. ун-т., 2018. – С. 63–73.
8. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки : ТКП EN 1991-1-3-2009 (02250). – Введ. 01.01.2010. – Отменен 09.09.2020. – Минск : РУП "Стройтехнорм", 2009. – 48 с.
9. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия : СНиП II-6-74. – Введ. 01.09.1974. – Отменен 01.01.1987. – М. : Госстрой СССР, 1974. – 59 с.
10. Изменение № 1 к СНиП 2.01.07-85. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия. – Введ. 01.07.2004. – Минск : Минстройархитектуры, 2004. – 5 с.
11. Техническая эксплуатация производственных зданий и сооружений. Порядок проведения : ТКП 45-1.04-78-2007 (02250). – Введ. 01.04.2008. – Минск : Минстройархитектуры, 2008. – 56 с.
12. Техническая эксплуатация жилых и общественных зданий и сооружений. Порядок проведения : ТКП 45-1.04-14-2005 (02250). – Введ. 01.07.2006. – Минск : Минстройархитектуры, 2006. – 44 с.
13. Рудольф, В. С. К вопросу учета снеговой нагрузки при эксплуатации зданий / В. С. Рудольф, А. В. Суриков // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2017. – № 2 (42). – Минск : НИИ ПБиЧС, 2017. – С. 45–50.
14. Использование системы мониторинга горизонтальных стальных строительных конструкций для предотвращения чрезвычайных ситуаций, вызванных снеговой нагрузкой / В. С. Рудольф [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – № 1, Т. 2. – Минск : УГЗ, 2018. – С. 53–66.
15. Датчик контроля линейного смещения и устройство контроля линейного смещения с его применением : пат. 12115 U Респ. Беларусь / В. С. Рудольф, В. А. Катанаев, О. И. Самарин. Номер заявки u 20180346.

References

1. Svedeniya o CHS [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://mchs.gov.by/ministerstvo/statistika/svedeniya-o-chs/>. – Data dostupa: 12.12.2023.
2. Die Eissporthalle von Bad Reichenhall [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.welt.de/regionales/muenchen/article1604908/Die-Eissporthalle-von-Bad-Reichenhall.html>. – Data dostupa: 05.01.2024.
3. Biegus, A. Collapse of Katowice fair building / A. Biegus, K. Rykaluk // Engineering Failure Analysis. – 2013. – № 16 (5). – P. 1643–1654.
4. Stroitel'nye normy i pravila. Nagruzki i vozdejstviya : SNiP 2.01.07-85. – Vved. 01.01.1987. – Otmenen 16.11.2020. – M. : Gosstroj SSSR, 1987. – 46 s.
5. Vozdejstviya na konstrukcii. Obshchie vozdejstviya. Snegovye nagruzki : SN 2.01.04-2019. – Vved. 16.12.2019. – Minsk : Minstrojarhitektury, 2020. – 43 s.
6. Stroitel'nye normy. Osnovy proektirovaniya stroitel'nyh konstrukcij : SN 2.01.01-2022. – Vved. 23.11.2022. – Minsk : Minstrojarhitektury, 2022. – 65 s.
7. Nadol'skij, V. V. Sopostavitel'nyj analiz snegovoj nagruzki, opredelennoj sogleasno SNiP i Evrokod / V. V. Nadol'skij, JU. S. Martynov, A. V. Osipchik // Bezopasnost' stroitel'nogo fonda Rossii. Problemy i resheniya: materialy Mezhdunarodnyh akademicheskij chtenij / redkol.: S. I. Merkulov (otv. red.) [i dr.]. – Kursk : Kursk. gos. un-t., 2018. – S. 63–73.
8. Evrokod 1. Vozdejstviya na konstrukcii. CHast' 1-3. Obshchie vozdejstviya. Snegovye nagruzki : TKP EN 1991-1-3-2009 (02250). – Vved. 01.01.2010. – Otmenen 09.09.2020. – Minsk : RUP "Strojtekhnorm", 2009. – 48 s.
9. Stroitel'nye normy i pravila. Nagruzki i vozdejstviya : SNiP II-6-74. – Vved. 01.09.1974. – Otmenen 01.01.1987. – M. : Gosstroj SSSR, 1974. – 59 s.
10. Izmenenie № 1 k SNiP 2.01.07-85. Stroitel'nye normy i pravila. Nagruzki i vozdejstviya. – Vved. 01.07.2004. – Minsk : Minstrojarhitektury, 2004. – 5 s.
11. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya proizvodstvennyh zdaniy i sooruzhenij. Poryadok provedeniya : TKP 45-1.04-78-2007 (02250). – Vved. 01.04.2008. – Minsk : Minstrojarhitektury, 2008. – 56 s.
12. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya zhilyh i obshchestvennyh zdaniy i sooruzhenij. Poryadok provedeniya : TKP 45-1.04-14-2005 (02250). – Vved. 01.07.2006. – Minsk : Minstrojarhitektury, 2006. – 44 s.
13. Rudolf', V. S. K voprosu ucheta snegovoj nagruzki pri ekspluatatsii zdaniy / V. S. Rudolf', A. V. Surikov // Chrezvychajnye situacii: preduprezhdenie i likvidaciya. – 2017. – № 2 (42). – Minsk : NII PBiCHS, 2017. – S. 45–50.
14. Ispol'zovanie sistemy monitoringa gorizonta'lnyh stal'nyh stroitel'nyh konstrukcij dlya predotvrashcheniya chrezvychajnyh situacij, vyzvannyh snegovoj nagruzkoj / V. S. Rudolf' [i dr.] // Vestnik Universiteta grazhdanskoj zashchity MCHS Belarusi. – 2018. – № 1, T. 2. – Minsk : UGZ, 2018. – S. 53–66.
15. Datchik kontrolya linejnogo smeshcheniya i ustrojstvo kontrolya linejnogo smeshcheniya s ego primeneniem : pat. 12115 U Rosp. Belarus' / V. S. Rudolf', V. A. Katanaev, O. I. Samarin. Nomer zayavki u 20180346.

Материал поступил 22.02.2024, одобрен 27.03.2024, принят к публикации 27.03.2024