УДК 624.042.42

doi:10.31650/2707-3068-2021-25-103-118

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВОВ СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Пичугин С.Ф., д.т.н., профессор

pichugin.sf@gmail.com, ORCID 0000-0001-8505-2130

*Национальный университет «Полтавская политехника
имени Юрия Кондратюка»*

Аннотация. Статья содержит систематизированный обзор публикаций в ведущих научно-технических журналах по проблеме снеговой нагрузки за период 80-летний период с 40-х годов XX столетия до настоящего времени. Подчеркивается, что эта нагрузка на сооружения имеет сложную физическую природу и изменчивый характер. Главное внимание уделяется анализу эволюции норм проектирования конструкций в части изменений территориального районирования и расчетных коэффициентов, назначения нормативных и расчетных значений снеговой нагрузки. Отмечается, что большинство параметров норм снеговой нагрузки имеют вероятностную природу и требуют для своего обоснования применения статистических методов. Выделяются научные результаты, могущие быть включенными в последующие издания норм снеговой нагрузки.

Ключевые слова: снегомерные наблюдения, снеговая нагрузка, территориальное районирование, нормативная нагрузка, расчетная нагрузка.

Вступление. Обеспечение надежности и безаварийности зданий и сооружений в большой мере зависит от правильного понимания природы и количественного описания и нормирования нагрузок на строительные конструкции, в том числе снеговых нагрузок. Эти нагрузки на сооружения имеют достаточно сложную физическую природу и изменчивый характер, требующие знаний термодинамических процессов в атмосфере и на грунте, физических свойств снега, методики метеорологических наблюдений и климатологического описания местности, изменчивости нагрузок, характера отложения снега на конструкциях и сооружениях. Эти особенности в определенной мере отражаются в разделах норм проектирования строительных конструкций, содержащих нормативы снеговой нагрузки. Большинство параметров норм снеговой нагрузки имеют вероятностную природу и требуют для своего обоснования применения статистических методов. Эти методы постоянно изменялись и развивались вместе регулярным пересмотром норм строительного проектирования. Анализ эволюции отечественных норм снеговой нагрузки вместе с их статистическим обоснованием представляет собой актуальную задачу.

Анализ последних исследований и публикаций. Регулярные снегомерные наблюдения проводятся с конца XIX столетия. В 30-е годы их результаты послужили основой составления первого нормативного документа по снеговой нагрузке и первых публикаций по этой проблеме [1]. Этот процесс активизировался с подготовкой к переходу расчетов конструкций на методику предельных состояний [2, 3]. В последующие годы вместе с регулярным пересмотром норм нагрузок и воздействий на конструкции совершенствовалось нормирование снеговой нагрузки. Эволюция снеговых норм освещалась в публикациях ведущих научно-технических журналов [4–14]. Обзоры развития снеговых норм были опубликованы в качестве разделов монографий и диссертаций, посвященных нагрузкам на здания и сооружения [18 – 21]. Начиная с 90-х годов прошлого столетия, нормы проектирования разрабатывались отдельными государствами, ранее входившими в СССР. В связи с этим активизировались вероятностные исследования снеговой нагрузки на территории Украины [25–30], результатом которых стал соответствующий раздел ДБН В.1.2-2006 «Нагрузки и воздействия». В последующие годы исследования снеговой

нагрузки продолжились вместе с обоснованием и уточнением ряда расчетных коэффициентов [31–35].

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы, которым посвящена статья. Материалы, посвященные снеговым нагрузкам, опубликованы в различных научно-технических журналах, сборниках статей, материалах конференций. Доступ к этим изданиям затруднен, тем более что в некоторых учреждениях начали уничтожать бумажные журналы прошлых лет, мотивируя переходом на электронные издания. Однако в реальности перевод в электронную форму произошел пока только для изданий, вышедших после 2000 года. Опубликованные обзоры развития нормирования снеговой нагрузки неполны и не включают результаты исследований последних 15 – 20 лет.

Постановка задачи. Статья содержит систематизированный обзор публикаций в ведущих научно-технических журналах по проблеме снеговой нагрузки за период с 40-х годов XX столетия до настоящего времени. Главное внимание уделяется анализу эволюции норм проектирования конструкций в части изменений территориального районирования и расчетных коэффициентов, назначения нормативных и расчетных значений снеговой нагрузки и привлечения к этому опытных статистических данных. Выделяются научные результаты, могущие быть включенными в последующие издания норм снеговой нагрузки.

Основной материал и результаты. Нормирование снеговых нагрузок в СССР развивалось на основе опыта эксплуатации зданий и сооружений, а также по мере совершенствования методов расчета строительных конструкций.

Одним из первых нормативных документов по снеговой нагрузке в СССР были «Единые нормы» ОСТ/ВКС 7626/Б (введенные с 1 июня 1933 г). Определенная научная база для обоснования норм в тот период уже имела: многолетние метеорологические снегомерные наблюдения; исследования переноса снега, проводимые еще с дореволюционного времени в Петербургском институте путей сообщения и МГУ (лаборатория гидродинамики, проф. Н.Е. Жуковский); результаты изучения отложений снега на покрытиях промзданий, полученные ЦНИПСом в начале 30-х годов [1]. Однако вследствие ограниченности исходного материала можно предполагать, что первые отечественные снеговые нормы были составлены на основе экспертных оценок специалистов и учета опыта эксплуатации зданий и сооружений. В указанном документе снеговая нагрузка нормировалась в зависимости от высоты снегового покрова h , причем учитывалась средняя максимальная высота за десять последних лет. Таким образом, расчетная высота снегового покрова имела некоторое статистическое обоснование. В то же время плотность снега без достаточного разъяснения принималась равной $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$. Расчетное значение снеговой нагрузки определялось как $p = 1,6\rho h$. На территории Советского Союза было определено всего 4 района с разной высотой снегового покрова и соответствующей снеговой нагрузкой, определяемыми по карте или таблице: 1-й район без постоянного снегового покрова, для которого принималась нагрузка $p = 25 \text{ кгс/м}^2$; 2-й район с высотой снегового покрова $h < 30 \text{ см}$ и $p = 40 \text{ кгс/м}^2$; 3-й район с высотой $30 \text{ см} \leq h \leq 60 \text{ см}$ и $p = 80 \text{ кгс/м}^2$; 4-й район с $h > 80 \text{ см}$ и $p = 120 \text{ кгс/м}^2$. Для горных районов высота снегового покрова была представлена в табличной форме.

Данные нормы определяли такие особенности распределения снеговой нагрузки на кровлях, как зависимость от уклона кровли и наличия фонарей. При этом интересно отметить, что для покрытий с уклоном $20 \dots 30^\circ$ снеговая нагрузка увеличивалась на 25% (в последующих вариантах норм это увеличение отсутствует). Для покрытий с перепадами высот рекомендовалась схема с уменьшением на 50% снеговой нагрузки на повышенные участки (но не менее 25 кгс/м^2) с переносом дополнительных 50% нагрузки на нижележащие участки. Вблизи вертикальных препятствий учитывалось возможное накопление снега (снеговой мешок) с максимальной высотой, равной высоте препятствия, но не более $4h$. Предполагалась треугольная форма снеговых мешков, однако нормы не содержали рекомендаций по их длине. Нагрузка от снегового мешка учитывалась при указанной выше плотности снега $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$. Для двускатных и сводчатых покрытий уровень снеговой нагрузки определялся по двум

вариантам: по полному равномерному загрузению всего пролета и одностороннему загрузению полупролета.

При определении снеговой нагрузки на покрытия учитывался тип местности. Для открытых местностей с частыми сильными ветрами со скоростью 12 м/с и больше снеговую нагрузку допускалось снижать на 50%, но принимать не меньше 25 кгс/м². Для местностей, закрытых от ветра, снеговая нагрузка увеличивалась на 25%. Нормы содержали развернутые рекомендации по учету подтаивания снега на кровлях, вследствие которого допускалось достаточно большое (до 50...75%) снижение снеговой нагрузки в зависимости от термического сопротивления покрытия, внутренней температуры воздуха и количества тепловыделений. Однако в последующих нормах эти рекомендации были опущены.

Серьезным недостатком указанных норм была заниженность принятой плотности снега, хотя в это время уже были сведения о существенно больших ее значениях. Так, по данным ЦНИПСа [1], плотность свежевыпавшего снега составляла 85...190 кг/м³ (в среднем 135 кг/м³), максимальная плотность в течение зимы – 240...250 кг/м³. Вследствие этого нормированные снеговые нагрузки достаточно часто оказывались заметно ниже фактических нагрузок. Кроме того, в нормы закладывалась высота снегового покрова, измеренная по постоянным рейкам, что не давало возможности в полной мере учитывать особенности местности и ветрового режима. Предпринятые ЦНИПСом в 1932–1933 гг. измерения отложений снега на покрытиях промышленных зданий выявили сложный характер отложений, который существенно отличался от упрощенных рекомендаций первых отечественных норм. С высоты исторического опыта можно оценить конъюнктурно-политический оттенок заниженных норм нагрузок 30-х годов (это касалось не только снеговых нагрузок), нацеленный на всемерную экономию в строительстве страны, переживавшей массовую индустриализацию. Несмотря на это, такое нормирование обеспечивало в целом удовлетворительную эксплуатацию зданий и сооружений, поскольку в методике расчета конструкций по допускаемым напряжениям, которая действовала в то время, принимались относительно высокие коэффициенты запаса.

Далее следовал ОСТ 90058-40 (1940 г), составленный по результатам исследований лаборатории строительной аэродинамики ЦНИПСа. При обосновании норматива снеговой нагрузки была повышена плотность снега с дифференциацией в зависимости от высоты снегового покрова. При высоте $h > 50$ см была принята плотность $\rho \approx 200$ кг/м³, для $h \approx 30$ см – $\rho \approx 230$ кг/м³ и для $h < 20$ см – $\rho \approx 250$ кг/м³. Территория СССР была разделена на 5 снеговых районов со следующими значениями высоты снегового покрова и расчетного веса снега p на поверхности земли несколько большего уровня по сравнению с предыдущими нормами: I район – высота до 20 см, вес $p = 50$ кгс/м²; II район – высота от 20 до 40 см, $p = 70$ кгс/м²; III район – высота от 40 до 60 см, $p = 100$ кгс/м²; IV район – высота от 60 до 90 см, $p = 150$ кгс/м²; V район – высота более 90 см, $p = 200$ кгс/м². Для гористых местностей расчетный вес снегового покрова (кгс/м²) было рекомендовано определять как $p_C = 2h$ (но не менее 60 кгс/м²), где h – средняя за 10 лет высота снегового покрова в см, принимаемая по данным метеорологических наблюдений. В указанном документе были несколько изменены в сторону упрощения рекомендации по учету профиля покрытия.

Развитие методов расчета строительных конструкций, в особенности для оценки запаса прочности конструкций, потребовало объективно выявлять параметры нагрузок и прочности материалов [2]. Поэтому возросла необходимость использования статистических методов для описания снеговых нагрузок, имеющих отчетливый случайный характер. Примером статистического анализа снегового покрова были кривые распределения высоты снега для Московской области, построенные за период с 1898 по 1935 г. Эти данные позволили Н.С. Стрелецкому впервые численно оценить надежность конструкций стальных ферм, запроектированных по действовавшим в тот период нормам [3].

Дальнейшее уточнение снеговой нагрузки с обоснованием расчетных значений на основе натурных наблюдений выполнялось в послевоенные 50-е годы XX столетия. Были получены материалы снегосъемок на покрытиях производственных зданий и новые данные об особенностях переноса и таяния снега, которые подтверждали необходимость

корректирования данного стандарта. С учетом новых данных в 1954 г были введены Строительные нормы и правила СНиП II-Б.1-54 «Нагрузки и воздействия», в которых для отдельных районов были увеличены значения снеговой нагрузки, в частности, отнесена к V снеговому району многоснежная территория в районе Перми, к IV снеговому району – район Новосибирска, о необходимости чего свидетельствовали публикации специалистов. Данные нормы отвечали введению расчета конструкций по методу предельных состояний. При переходе на этот метод в качестве нормативных нагрузок были приняты значения расчетного веса снегового покрова по предыдущим нормам p , т.е. средние значения годовых максимумов. Расчетные снеговые нагрузки, которые начали трактоваться как наибольшие возможные за время эксплуатации конструкции, стали определяться путем умножения на коэффициент перегрузки. Этот коэффициент в связи с отсутствием достоверных данных по изменчивости годовых максимумов был принят общим для всей территории $n = 1,4$. Таким образом, нормативная нагрузка увеличивалась на 40%. Эта поправка была оправдана тем, что p было определено как среднее из максимальных весов снега за каждый год (причем вес был определен по средней плотности снега). Следовательно, действительные значения снеговых нагрузок могут превышать нормативную нагрузку примерно в 50% зим. Расчетная снеговая нагрузка на покрытия зданий определялась как $p_c = n p s$, где s – впервые введенный коэффициент, принимаемый в зависимости от профиля покрытия. В указанном документе были несколько изменены в сторону упрощения рекомендации по учету профиля покрытия, которые включали диапазон $s = 0...1,0$ для простых односкатных и двускатных покрытий, $s = 0,3...1,0$ для сводчатых покрытий, $s = 0,4...1,6$ для покрытий с фонарями, причем учитывался только поперечный профиль здания. В зданиях с перепадом высот H (м) была уточнена максимальная высота снегового мешка, равная $P_c = 200H \leq 4q$, с длиной дополнительной треугольной части $a = 2H$, причем $5\text{ м} \leq a \leq 10\text{ м}$.

Ряд повреждений и обрушений покрытий в ряде городов [4,5,6] показал, что нормы того времени не обеспечивали необходимую надежность конструкций покрытий. Поэтому потребовалось дальнейшее уточнения снеговых нагрузок, в первую очередь в местах повышенного снегонакопления. На основе обобщения результатов массовых измерений снегового покрова на 50 покрытиях различного профиля в разных районах, выполненных в 1958-1959 гг. в ЦНИИСК [7], в развитие главы СНиП II-Б.1-54 были разработаны и утверждены в 1959 г. СН 69-59 «Указания по определению снеговых нагрузок на покрытия зданий». Как разъяснял один из разработчиков этого документа В.А. Отставнов [8], в указаниях уточнены отдельные расчетные схемы снеговых нагрузок, помещенные в СНиП, и даны новые схемы распределения нагрузок для наиболее распространенных профилей покрытий (всего 12 схем). Учтено, что отложения снега на сводчатых покрытиях сильно зависят от силы и повторяемости ветров; снеговая нагрузка на таких покрытиях увеличена на 25%. Дифференцированы нагрузки от отложения снега у фонарей однопролетных и многопролетных зданий, выделена нагрузка у торцов фонарей, дополнены схемы снеговых нагрузок на покрытия двух- и многопролетных зданий без фонарей. Регламентирован дополнительный учет снеговой нагрузки на части пролета, учитывая возможное сдувание снега ветра или проведение снегоочистительных работ. Вместе с тем, предусмотрено снижение на 20% снеговой нагрузки на покрытиях с избыточными тепловыделениями, а также для плоских и пологих покрытий при скорости ветра не менее 4,0 м/сек. Интересно отметить, что советские работы этого периода в области изучения снеговых нагрузок были хорошо известны за рубежом, были переведены на английский язык и учитывались при составлении снеговых норм Канады.

Рекомендации СН 69-59 были включены в следующее издание норм СНиП II-А.11-62 «Нагрузки и воздействия» с незначительными изменениями. В этой редакции уточнено снеговое районирование СССР – оставлены 5 районов предыдущего СНиП 1954 г. с нормативными значениями 50 – 200 кгс/м² и введен 6-ой район для Камчатки с 250 кг/м². Разработчики норм использовали данные 4075 метеостанций и постов. Принимались во

внимание также более достоверные карты среднегодовых максимумов веса снегового покрова земли, построенные по данным 140 метеостанций, на которых одновременно с высотой снегового покрова измерялся его вес и определялась средняя плотность. Использовались результаты маршрутных снегосъемок, накопленные за последние 15...20 лет, точность которых существенно выше измерений по трем постоянно установленным рейкам [9]. Следует отметить, что при отсутствии данных снегосъемок все же допускалось, чтобы вес снегового покрова определялся по формуле $p_0 = 220H$, где H – высота снегового покрова в метрах, принимаемая по данным метеорологических наблюдений как средняя из максимальных ежегодных высот на защищенном месте за многолетний период (не менее 10 лет). В СНиП II-A.11-62 уточнено влияние ветра на уровень снеговых нагрузок за счет сноса ветра с покрытий. Как и в разработанных ранее «Указаниях», для отдельных профилей покрытий зданий, находящихся в районах со средней скоростью ветра не меньше 4 м/с за три наиболее холодных месяца, предусмотрено снижение снеговой нагрузки на 20%.

В этот период отдельные исследователи продолжали работы по уточнению и регулированию снеговых отложений на кровлях [10] Было проведено технико-экономическое сравнение способов уборки снега с покрытий [11].

Следующая редакция норм СНиП II-6-74 «Нагрузки и воздействия» была принята через 12 лет и имела практически современный вид, включая карту районирования территории СССР по весу снегового покрова. В данных нормах были учтены результаты дальнейших исследований по усовершенствованию методики определения веса снегового покрова, изучению сноса и переноса снега под действием ветра, статистическому обоснованию коэффициентов перегрузки снеговых нагрузок на здания и сооружения. Как и в предыдущих изданиях норм, районный норматив снеговой нагрузки определялся как средний годичный максимум, полученный за 10-летний период на основе многолетних снегомерных наблюдений. В данном варианте норм была развита классификация нагрузок, в которой выделены временные длительные нагрузки. Они адресованы расчетам конструкций с учетом влияния длительности действия нагрузок на перемещения, деформации, образование трещин (например, для железобетонных конструкций). Для снеговой нагрузки без статистического обоснования в качестве длительной части принимался вес снегового покрова III-VI районов, уменьшенный на 70 кгс/м².

По данным ЦНИИПромзданий для 112 городов фактические снеговые нагрузки (кгс/м²) в указанный период превышали расчетные (показанные в скобках): I район 100 (70); II район 132 (98); III район 179 (140); IV район 252 (210) [11]. Учитывая эту ситуацию, а также то, что в период действия СНиП II-A.11-62 были случаи аварий легких кровель вследствие перегрузки снегом, в СНиП II-6-74 был введен дифференцированный повышенный коэффициент перегрузки. Он зависел от отношения постоянной нагрузки q (собственный вес покрытия, включая вес подвесного стационарного оборудования) к нормативному весу снегового покрова p_0 . Для сравнительно тяжелых кровель при $q/p_0 = 1$ и более коэффициент перегрузки принимал прежнее значение $n = 1,4$, по мере относительного облегчения кровли он возрастал: при $q/p_0 = 0,8$ – $n = 1,5$; при $q/p_0 = 0,6$ – $n = 1,55$; при $q/p_0 = 0,4$ и менее – $n = 1,6$. В обоснование этого предложения его автор А.Я. Дривинг [12] привел следующие соображения. Собственный вес тяжелых покрытий в несколько раз больше нормативной снеговой нагрузки. Так, в районе III нормативная снеговая нагрузка равнялась 100 кгс/м², а вес покрытия в 4 – 5 раз больше. Легкие покрытия, наоборот, имели собственный вес меньше, чем нормативная снеговая нагрузка (в районе III 30 – 50% от веса снега). При районировании территории по снеговым нагрузкам учтены их значения, возможные раз в 10 лет. В действительности за более длительный срок существования сооружения могут наблюдаться снеговые нагрузки, превосходящие нормативную (что неоднократно наблюдалось на практике). Это превышение для тяжелых покрытий незначительно и находится в пределах точности расчетов и допусков. В то же время допуски и коэффициенты перегрузки, учитываемые при проектировании легких покрытий, оказываются недостаточными, и превышения нормативных снеговых нагрузок становятся для них опасными.

Существенным преимуществом данной редакции норм является более точный и конкретный учет сноса снега ветром. Этому предшествовали экспериментальные исследования, проведенные в ЦНИИСК В.А. Отставновым и Л.С. Розенбергом [13]. В результате для плоских кровель была определена снеговая нагрузка для каждого года с учетом сноса снега:

$$S = (1,24 - 0,13v_m)S_z - q\Pi_2\tau, \quad (1)$$

где S_z – максимальный вес выпавшего за зиму снега; v_m – скорость ветра при снегопаде; q – средняя интенсивность сноса снега за сутки при метели без снегопадов (зависит от скорости ветра при метелях); Π_2 – повторяемость скоростей ветра более 6 м/с при отсутствии снегопадов; τ – продолжительность сноса снега за период отсутствия снегопадов.

Как видно из формулы (1), явление сноса снега имеет четкий вероятностный характер, зависящий от нескольких случайных факторов, что было учтено разработчиками норм. В результате обосновано, что нормативную нагрузку на плоские и пологоскатные покрытия без фонарей с уклонами до 12% и криволинейных покрытий при отношении стрелы подъема к пролету $f/l < 0,05$, проектируемых в районах со средней скоростью ветра за три наиболее холодные месяца $v \geq 2$ м/сек, допускается снижать умножением на коэффициент $k = 1,2 - 0,1v$. Для покрытий с уклонами от 12 до 20% в районах с $v \geq 4$ м/сек нормативную снеговую нагрузку допускается снижать на 15%. Для зданий шириной до 60 м или высотой более 20 м коэффициент k дополнительно снижается на 10%. Кроме того, уточнена сфера действия коэффициента s перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на неутепленные покрытия цехов с избыточными тепловыделениями. При уклонах таких кровель более 3% и обеспечении надлежащего отвода воды данный коэффициент допускается снижать на 20%. В данном варианте норм уточнены также схемы снеговых нагрузок на покрытиях сложного профиля и парапетных частях зданий.

СНиП II-6-74, находившийся в действии 11 лет, достаточно точно регламентировал снеговые нагрузки. Однако оставались неучтенными особенности отложения снега на отдельные виды покрытий, что вызывало многочисленные запросы от проектных организаций. В связи с этим ЦНИИСК 1982 г. выпустил «Рекомендации по определению снеговой нагрузки для некоторых типов покрытий» (разработчик Л.С. Розенберг) в качестве дополнения к данному варианту норм. В них приведены рекомендации по учету накопления снега у конька двускатной кровли, на стрельчатых арках, провисающих покрытиях цилиндрической формы. Однако вопросы проектных организаций к разработчикам норм (ЦНИИСК) продолжались. Одним из частых вопросов был следующий: как строились схемы неравномерного отложения снега у перепадов высоты покрытий? Один из авторов норм нагрузок А.А. Бать дал следующий ответ на этот вопрос [14]. При определении коэффициента s использовалось единое исходное условие – суммарное количество неравномерно отложенного снега на покрытие должно равняться количеству равномерно выпавшего. Часть снега сносится вниз с верхнего покрытия, снег попадает также на нижнее покрытие при другом направлении ветра. Поэтому коэффициент s увеличивается по мере увеличения длин, с которых сносится и на которые наносится снег. При этом учитывался экспериментально установленный факт, что неравномерность наблюдается на нижнем покрытии на длине, примерно равной двойной высоте перепада. Поэтому максимальная неравномерность будет уменьшаться по мере увеличения перепада, и высота перепада находится в знаменателе. Коэффициент s , характеризующий неравномерность, ограничивается двумя условиями: $s \leq 200h/p_0$ – ограничение физически отражает полное заполнение перепада снегом; $s \leq 4$ для зданий и $s \leq 6$ для навесов – неравенство учитывает экономические соображения.

В последующие годы ряд организаций продолжал изучение факторов, влияющих на снеговую нагрузку. В частности, выполнялись натурные наблюдения за снеговыми отложениями на оболочках разного типа в Красноярском крае, Свердловске и Челябинске [15]. Была предложена односторонняя трапецидальная схема снеговой загрузки стрельчатых арок,

что было учтено в следующем издании норм [16]. Проводилось исследование снеговых нагрузок на плоские покрытия производственных зданий с зенитными фонарями [17].

Активное изучение нагрузок на строительные конструкции в 70-80-е годы прошлого столетия способствовало выходу в 1985 году СНиП 2.02.07-85 «Нагрузки и воздействия». Данный вариант норм, как и предыдущий, регламентировал шесть значений величины $S_0 = 50 - 250 \text{ кгс/м}^2$, что соответствовало количеству снеговых районов на территории бывшего СССР. При этом большая часть территории относилась к III и IV снеговым районам, местности южнее 49° или 50° северной широты соответствовали I и II снеговым районам (в том числе Украина), V район в основном был распространён на Урале, в Западной Сибири и на Камчатке, а VI снеговой район встречался лишь на Сахалине. Снеговая нагрузка в горных местностях не нормировалась; её следовало устанавливать по метеорологическим данным. Было заметно увеличены нормативные значения S_0 в предгорных районах.

Коэффициент перегрузки, получивший новое название «коэффициент надёжности по нагрузке» и новое обозначение γ_f остался по-прежнему равным 1,4 для большинства случаев. При расчёте элементов конструкции покрытия, для которых отношение учитываемого нормативного значения равномерно распределённой нагрузки от веса покрытия к нормативному значению веса снегового покрова S_0 менее 0,8, γ_f предписывалось принимать равным 1,6. Для случаев, которые должны предусматривать учёт реологических процессов в конструкциях, были установлены без статистического обоснования специальные пониженные нормативные значения снеговой нагрузки, получаемые путём умножения полных нормативных значений S'' на коэффициенты 0,3 – для III снегового района; 0,5 – для IV района; 0,6 – для V и VI районов.

Ряд исследователей выявил существенные недостатки СНиП 2.01.07-85 в части нормирования снеговых нагрузок [18 – 20]. С распадом СССР перед новыми государствами открылась возможность отойти от огрубленного советского снегового нормирования и разработать собственное, более дифференцированное снеговое районирование. Дальнейшее развитие снеговых норм на территории СНГ реализовалось в виде национальных норм отдельных государств.

Россия пошла по пути постепенного развития норм СНиП. Был разработан Свод правил СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия», актуализированная версия СНиП 2.01.07-85*. В нем введен новый принцип нормирования значений веса снегового покрова земли S_g , в основу которого положены наибольшие ежегодные значения, превышаемые в среднем один раз в 25 лет. Они определяются по данным декадных маршрутных снегоъемок о наибольших запасах воды в снеговом покрове на защищенных от прямого воздействия ветра участках местности (в лесу под кронами деревьев или на лесных полянах) за период не менее 20 лет. При этом были использованы данные Росгидромета более чем для 4600 метеорологических станций и постов с длиной ряда 20...45 лет, полученные с помощью непосредственного измерения веса снегового покрова с помощью весового снегомера. На основе изложенных основных положений была разработана новая карта районирования территории России по расчетному весу снегового покрова, на которой нанесены границы 8 снеговых районов (вместо 7 в предыдущих нормах) с районными значениями в интервале 0,80...5,60 кПа [20, 21]. Районные значения заметно увеличились по сравнению с соответствующими расчетными величинами по предыдущим нормам. Например, для III района расчетное значение стало равным $S_g = 1,8 \text{ кПа}$ по сравнению с предыдущим расчетным значением $S = S_0 \gamma_f = 1,0 \cdot 1,4 = 1,4 \text{ кПа}$. В данной редакции снеговых норм используется тот же принцип, который использовался ранее при нормировании снеговых нагрузок, когда в один район включаются территории с весом снегового покрова примерно на 2/3 больше и на 1/3 меньше принятых районных значений. СП 20.13330. «Нагрузки и воздействия» определяет в качестве базовой величины нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия:

$$S_0 = 0,7c_e c_t \mu S_g. \quad (2)$$

где S_g – вес снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли, порядок определения которого описан выше; c_e – коэффициент, характеризующий возможный снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов (ранее обозначенный как k и k_1); c_t – коэффициент снижения снеговой нагрузки вследствие воздействия температуры (ранее не имел специального обозначения); μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие.

Для перехода к расчетному значению снеговой нагрузки используется коэффициент надежности $\gamma_f = 1,4$.

Как и в СНиП 2.01.07-85, сфера действия введенного в явном виде коэффициента сноса снега c_e распространяется на пологие (с уклонами до 12 % и с $f/l \leq 0,05$) покрытия однопролетных и многопролетных зданий без фонарей, проектируемых в районах со средней скоростью ветра за три наиболее холодные месяца $V \geq 2 \text{ м/с}$. Формула для определения этого коэффициента несколько изменена

$$c_e = (1,2 - 0,1V\sqrt{k})(0,8 - 0,002b), \quad (3)$$

где k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте; b – ширина покрытия, принимаемая не более 100 м.

Дополнительно коэффициент c_e введен для сферических и конических покрытий зданий на круглом плане. Указанный свод правил впервые определяет возможность использования термического коэффициента $c_t < 1$ для учета понижения снеговых нагрузок на покрытия с высоким коэффициентом теплопередачи ($>1 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$), оставляя его обоснование разработчикам специальных рекомендаций. В то же время аналогично предыдущим изданиям СНиП, коэффициент c_t принимается равным 0,8 для неутепленных покрытий цехов с повышенными тепловыделениями при условии обеспечения отвода талой воды с кровли при её уклоне свыше 3%.

В отличие от предыдущего варианта норм, пониженное нормативное значение снеговой нагрузки определяется независимо от снегового района умножением полного нормативного значения на коэффициент 0,7, за исключением районов со средней температурой января выше минус 5°C .

Несмотря на существенное повышение расчетных значений снеговых нагрузок в рассмотренном варианте российских норм, появились отдельные критические замечания к методике снегового нормирования в России. В частности, В.И. Малый (ЦНИИ Проектстальконструкция) [24] подверг жесткой критике основной критерий этого нормирования – использование 25-летнего периода повторения ежегодного максимума для обоснования расчетных значений снеговой нагрузки. В обоснование этого приводились данные, что в Московском регионе за 100 лет наблюдений снеговая нагрузка достигала 2,1 кПа при норме 1,8 кПа по СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». Автор критического отзыва также привлек известную схему независимых испытаний, чтобы показать высокую вероятность превышения расчетного значения 1,8 кПа за срок 100 лет. Учитывая это, а также пример норм Еврокод, в которых используется дополнительный коэффициент надежности 1,5, вносится предложение повысить расчетную снеговую нагрузку до 3,0 кПа для Московского региона. С этим категорически не согласны разработчики норм из ЦНИИСК [22, 23]. С ними можно в принципе согласиться, поскольку нормативы нагрузок следует рассматривать не изолированно для отдельных нагрузок, а в составе общей оценки надежности конструкций [25]. В.И. Малый также критикует принцип районирования веса снегового покрова, когда с целью унификации в районы объединяются пункты с фактически наблюдавшимися значениями, которые отличаются от районных как в большую, так и в меньшую стороны. В ряде публикаций отмечается, что районирование территории России по расчетным снеговым

нагрузкам по-прежнему не учитывает в полной мере изменчивость снеговой нагрузки в пространстве, и предлагаются альтернативные подходы к снеговому нормированию [26].

Украинские специалисты, в отличие от российских разработчиков норм, подготовили Государственные нормы Украины ДБН В.1.2–2006 «Нагрузки и воздействия», концептуально отличные от СНиП в части снеговых нагрузок. Было существенно развито вероятностное представление нагрузок, в том числе снеговых нагрузок на строительные конструкции. Разработаны такие математические модели как случайные процессы, абсолютные максимумы случайных процессов, схема независимых испытаний, дискретное представление, экстремумы, коррелированная случайная последовательность перегрузок [27]. Это позволило впервые обосновать для снеговой нагрузки вероятностную модель в виде квазистационарного дифференцируемого случайного процесса со стационарной частотной структурой и годичным сезонным трендом математического ожидания и стандарта [28]. Для снеговой нагрузки Украины, имеющей нестабильный характер, было успешно применено сравнительно малоизвестное двумодальное распределение, названное «полиноми-экспоненциальным»:

$$f(\gamma) = \exp(C_0 + C_1\gamma + C_2\gamma^2 + C_3\gamma^3), \quad (4)$$

где $\gamma = (x - \bar{x})/\hat{x}$ – нормированное отклонение нагрузки от ее математического ожидания $\bar{x}$; $\hat{x}$ – стандарт (среднеквадратичное отклонение).

Статистические характеристики указанной вероятностной модели были вычислены по данным свыше ста метеостанций, расположенных на территории Украины. В обобщенном виде они приведены в публикациях [19, 29]. Благодаря достаточной информационной обеспеченности вероятностная модель квазистационарного случайного процесса была успешно применена для нормирования снеговой нагрузки в ДБН. Для этого были использованы результаты снегосъемок, выполненных на 222 метеостанциях и постах Украины на протяжении 1950...1990 годов с длительностью климатических рядов от 21 до 35 лет. В целом для нормирования снеговой нагрузки Украины была использована представительная выборка из более 100 тысяч результатов снегосъемок.

Нормы ДБН рассматривают снеговую нагрузку как переменную повторную нагрузку с тремя расчётными значениями: предельным S_m , эксплуатационным S_e и квазипостоянным S_p :

$$S_m = \gamma_{fm} S_0 C; S_e = \gamma_{fe} S_0 C; S_p = (0,4 S_0 - 160) C, \quad (5)$$

где S_0 – характеристическое значение снеговой нагрузки, равное весу снегового покрова на 1 м² поверхности земли, который может превышать в среднем один раз в 50 лет (аналогично Еврокоду), принимается по карте территориального районирования Украины; γ_{fm} и γ_{fe} – соответственно коэффициент надёжности по предельному и эксплуатационному расчётному значению.

Коэффициент надёжности по предельному расчётному значению γ_{fm} представлен в табличной форме в диапазоне 0,24 – 1,44 в зависимости от заданного периода повторяемости снеговой нагрузки $T = 1 - 500$ лет. Коэффициент надёжности по эксплуатационному расчётному значению γ_{fe} представлен в табличной форме в диапазоне 0,88 – 0,10 в зависимости от доли $\eta = 0,002 - 0,1$ установленного срока эксплуатации конструкции, на протяжении которого это значение может превышать. При обосновании квазипостоянного расчетного значения снеговой нагрузки за основу было принято явление ползучести бетона под нагрузкой, как наиболее распространенного реологического эффекта, который учитывается в расчетах строительных конструкций [30]. Значения коэффициентов и расчетных значений снеговой нагрузки в формуле (5) имеют статистическое обоснование [19].

Особенности конкретного покрытия учитываются коэффициентом C , определяемым по выражению:

$$C = \mu \cdot C_e \cdot C_{alt}, \quad (6)$$

где μ – коэффициент, учитывающий профиль покрытия, принятый в основном по рекомендациям СНиП, но расширенный с привлечением данных Еврокода; C_e – коэффициент, учитывающий аналогично СНиП режим эксплуатации кровли; C_{alt} – коэффициент географической высоты H , принимаемый как $1,4H + 0,3$ при $H \geq 0,5$ км.

Обобщенные статистические данные свидетельствовали о значительной территориальной изменчивости снеговой нагрузки, существенно отличающейся от ее нормирования по СНиП, согласно которым практически вся территория Украины относилась к самым малоснежным I ($s_0 = 0,5$ кПа) и II ($s_0 = 0,7$ кПа) снеговым районам. Между тем экспериментально обоснованные расчетные значения снеговой нагрузки, соответствующие базовому среднему периоду повторяемости $T = 50$ лет, изменяются от 0,76 кПа для Херсонской области и АР Крым до 1,79 кПа в северо-восточных регионах Украины. Привлекают внимание довольно высокие значения (1,20...1,80 кПа) снеговой нагрузки, зарегистрированные на некоторых южных метеостанциях. Анализ опытных данных, кроме того, подтвердил, что в Украине бывают особенно многоснежные зимы, например, в 1963–64, 1966–67 и 1986–87 гг. В отдельных пунктах при этом наибольший вес снегового покрова превышал 2,0 кПа, который тем не менее не выпадал из общей совокупности годовых максимумов.

Территориальное районирование Украины по характеристическим значениям веса снегового покрова было выполнено по методике, разработанной В.А. Пашинским [19]. Использовалась вероятностная модель нестационарного нормального случайного поля, ординатами которого являлись значения нагрузок для отдельных метеостанций, расположенных на расстояниях 30...60 км. Процедура сглаживания позволила получить плавную поверхность математического ожидания снеговой нагрузки, свободную от случайных флуктуаций данных отдельных метеостанций. Районные значения расчетной снеговой нагрузки устанавливались так, чтобы избыточные запасы территориального районирования были минимальными. В результате на территории Украины было выделено шесть территориальных районов с расчетными характеристическими значениями от 0,8 до 1,8 кПа. При этом выяснилось, что фактические расчетные нагрузки превышают районные не более, чем на 12%, для 21% метеостанций. При этом вследствие необходимого обобщения значения S_0 увеличились в среднем на 16,4% и в отдельных случаях превышают фактические нагрузки на 50%.

Следует подчеркнуть, что включенные в ДБН предельные расчётные значения снеговой нагрузки в большинстве случаев превышают соответствующие значения, установленные СНиП. С одной стороны, это приводит к увеличению поперечных сечений и материалоемкости несущих конструкций покрытий, однако с другой – к повышению уровня их надёжности. При этом заметное увеличение расчетных значений снеговой нагрузки приводит к меньшему возрастанию материалоемкости. Так, например, при $T = 50$ лет расчетные значения снеговой нагрузки в среднем возрастают на 58%, а масса стальных ферм под легкую кровлю – всего на 22% [19].

Давая общую оценку украинским нормам ДБН В.1.2–2006 «Нагрузки и воздействия» в части снеговой нагрузки следует подчеркнуть, что они составлены на современной методической основе, приближены к европейским нормам Еврокод, базируются на представительном статистическом материале, более дифференцированы и имеют научное вероятностное обоснование, глубже разработанное, чем в нормах прошлых лет.

В последующие годы в Украине продолжались вероятностные исследования снеговой нагрузки, практическими результатами которых были рекомендации по совершенствованию норм проектирования. Р.И Кинаш предложил альтернативный метод районирования снеговых нагрузок для территории Украины [18]. Были разработаны предложения по более детальному снеговому районированию горного Карпатского региона (в границах Закарпатской области) с введением дополнительных 5 районов (с 7-го по 11-й) с характеристическими снеговыми нагрузками в интервале 2,2...3,0 кПа [31]. Продолжала вероятностные исследования снеговых

нагрузок научная школа надежности строительных конструкций Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка [35]. Были изучены отложения снега на покрытиях с перепадами высот, которые дали практический результат в виде статистически обоснованного коэффициента сочетания 0,8 для снеговых мешков на территории Украины [32]. Выполнена вероятностная оценка влияния теплотехнических характеристик покрытий зданий на величину снеговой нагрузки. Результаты этой работы представлены в виде дифференцированного коэффициента эксплуатации покрытий C_e [33]. Определены расчетные снеговые нагрузки на холодные кровли зданий с положительными температурами внутренних помещений [34].

Выводы. Показано, что на протяжении последних восьмидесяти лет отечественные нормы проектирования строительных конструкций в части нормирования снеговых нагрузок претерпели значительные изменения и расширили свои статистические основы. Развилось территориальное снеговое районирование, возросло число снеговых районов, особенно на территории Украины. Модифицировалось обоснование нормативных (характеристических) и расчетных значений снеговой нагрузки на основе увеличенного периода повторяемости. Разработан и включен в нормы вероятностный учет ветрового сноса снега с покрытий, получило статистическое обоснование квазипостоянное значение снеговой нагрузки. Отмечается высокий научный уровень отечественных норм ДБН В.1.2-2006 «Нагрузки и воздействия», имеющих современный статистический базис, которые ассоциируются с нормами Еврокод и обеспечивают необходимый уровень надежности строительных конструкций. Выделяются новые научные результаты, которые могут быть включены в последующие издания норм снеговой нагрузки.

Литература

1. Николаев А.Ф. Снеговые нагрузки на здания / А.Ф. Николаев // Строитель. – 1935. – №8 (10). – С. 18 – 26.
2. Стрелецкий Н.С. Об исчислении запасов прочности сооружений / Н.С. Стрелецкий // Труды Моск. инж.-строит. ин-та. – 1938. – №1. – С. 4 – 32.
3. Стрелецкий Н.С. Основы статистического учета коэффициента запаса прочности – М.: Стройиздат, 1947. – 94 с.
4. Абовский В.П. Нерешенные вопросы проектирования промышленных зданий с интенсивными снегопадами / В.П. Абовский, А.М. Вексман, В.М. Волков, Г.В. Матысек // Строительная промышленность. – 1954. – №11. – С. 30 – 31.
5. Кан-Хут Э.Д. Вопросы уточнения снеговых нагрузок / Э.Д. Кан-Хут // Строительная промышленность. – 1954. – №12. – С. 22 – 23.
6. Кораблинов А.М. Уроки аварий двух покрытий / А.М. Кораблинов, Л.С. Краузе // Строительная промышленность. – 1957. – №7. – С. 18 – 21.
7. Гольденблат И.И. О снеговых нагрузках по строительным нормам и правилам / И.И. Гольденблат, В.Г. Корнев, А.М. Сизов // Строительная промышленность. – 1956. – №6. – С. 25 – 28.
8. Отставнов В.А. О снеговых нагрузках на покрытия зданий / В.А. Отставнов // Промышленное строительство. – 1960. – №1. – С. 58 – 61.
9. Клепиков Л.В. Определение нагрузок при расчете строительных конструкций / Л.В. Клепиков, В.А. Отставнов // Строительная механика и расчет сооружений. – 1962. – №5. – С. 39 – 45.
10. Бессонов В.С. Экспериментальные работы по предотвращению чрезмерных накоплений снега на кровлях промышленных зданий в районах с сильными ветрами / В.С. Бессонов // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1964. – №11. – С. 60 – 63.
11. Хромец Ю.Н. Способы борьбы с избыточными снегоотложениями на покрытиях зданий / Ю.Н. Хромец, Р.А. Солодовников // Промышленное строительство. – 1971. – №5. – С. 28 – 30.

12. Дривинг А.Я. О коэффициенте перегрузки снеговой нагрузки на легкие покрытия / А.Я. Дривинг // Нагрузки и надежность строительных конструкций: Тр. ЦНИИСК, вып. 21. – М., 1973. – С. 53 – 57.
13. Отставнов В.А. Возможности снижения снеговых нагрузок на плоские покрытия / В.А. Отставнов, Л.С. Розенберг // Промышленное строительство. – 1966. – №12. – С. 28 – 32.
14. Бать А.А. Комментарии к главе СНиП II-6-74 «Нагрузки и воздействия» / А.А. Бать // Промышленное строительство. – 1977. – № 5. – С. 42 – 44.
15. Жукова Н.К. Результаты натурных наблюдений за снеговыми нагрузками на пространственные конструкции покрытий / Н.К. Жукова // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1979. – №9. – С. 40 – 46.
16. Неверов И.А. Снеговые нагрузки на арочное покрытие стрельчатого очертания / И.А. Неверов, С.М. Захарченко, В.З. Клименко // Промышленное строительство. – 1984. – №7. – С. 15 – 17.
17. Кошутин Б.Н. О возможности снижения расчетных нагрузок на плоские покрытия производственных зданий с зенитными фонарями / Б.Н. Кошутин, Б.П. Строкатов // Промышленное строительство. – 1984. – №5. – С. 33 – 34.
18. Кінаш Р.І. Снігове навантаження в Україні / Р.І. Кінаш, О.М. Бурнаєв. – Львів: Вид-во науково-техн. літ., 1997. – 848 с.
19. Пашинський В.А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції для території України / В.А. Пашинський. – К., 1999. – 185 с.
20. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / В.Н. Гордеев, А.И. Лантух-Лященко, В.А. Пашинский, А.В. Перельмутер, С.Ф. Пичугин. Под общей ред. А.В. Перельмутера. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 482 с.
21. Пичугин С.Ф. Снеговые и гололедные нагрузки на строительные конструкции / С.Ф. Пичугин, А.В. Махинько. – Полтава: ООО «АСМИ», 2012. – 460 с.
22. Назаров Ю.П. Региональное нормирование снеговых нагрузок в России / Ю.П. Назаров, И.В. Лебедева, Н.А. Попов // Стр. механика и расчет сооружений, – 2006. – №3. – С. 71 – 77.
23. Otstavnov V.A. The New Map of Ground Snow Loads for Russian Building Code / V.A. Otstavnov, I.V. Lebedeva // Proc. of V International Conference on Snow Engineering. – Davos, Switzerland, 2004. – P. 157 – 160.
24. Малый В.И. Об особом отношении к снеговой нагрузке в российских нормах / В.И. Малый // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – №8. – С. 42 – 45.
25. Пічугін С.Ф. Розрахунок надійності будівельних конструкцій: монографія / С.Ф. Пічугін. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2016. – 520 с.
26. Ледовской И.В. Анализ случайного процесса накопления снега на грунте / И.В. Ледовской // Вестник гражданских инженеров. – 2005. – №3 (4). – С. 29 – 35.
27. Пичугин С.Ф. Вероятностное представление нагрузок на строительные конструкции / С.Ф. Пичугин // Известия вузов. Строительство. – 1995. – № 4. – С. 12 – 18.
28. Пичугин С.Ф. О возможности представления снеговой нагрузки в виде стационарного случайного процесса / С.Ф. Пичугин, В.А. Пашинский // Вопросы надежности железобетонных конструкций. – Куйбышев, 1999. – С. 26 – 29.
29. Pichugin S. Probabilistic Description of Ground Snow Loads for Ukraine / S. Pichugin // Snow Engineering. Recent Advanced and Developments. – A.A.Balkema, Rotterdam, 2000. – P. 251 – 256.
30. Пашинський В.А. Квазіпостійні розрахункові значення навантажень на будівельні конструкції / В.А. Пашинський // Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. – Вып. 18. – К.: Техника. – 1999. – С. 78 – 81.
31. Кінаш Р.І. Районування території Закарпатської області за максимальною висотою снігового покриву / Р.І. Кінаш, Я.С. Гук // Современные конструкции из металла и древесины. Сб. научн. тр. Часть 3. – ОГАСА: Одесса, ООО «Внешрекламсервис», 2011. – С. 63 – 68.

32. Pichugin S. Snow Load Investigation for Buildings of Different Heights / S. Pichugin, Y. Dryzhyruk. // Recent Advances in Research on Environmental Effects on Buildings and People. Ed. by A. Flaga and T. Lipecki. – PAWE, Cracow, Poland, 2010. – P. 279 – 286.
33. Пічугін С.Ф. Вплив тепловтрат через дахи на величину снігового навантаження / С.Ф. Пічугін, І.В. Молька, Ю.В. Дрижирук // 36. наук. праць (галуз. машинобудування, будівництво) / Полт. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Вип. 2 (30). – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С. 113 – 117.
34. Пічугін С.Ф. Імовірнісна модель послідовності снігопадів для нормування снігового навантаження на холодні покрівлі / С.Ф. Пічугін, Н.М. Попович // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. 36. наук. праць. Вип. 24. – Рівне: НУВГП, 2012. – С. 377 – 384.
35. Pichugin S.F. The features of snow loads on building roofs / S.F. Pichugin, Yu.V. Dryzhyruk, N.M. Popovich, I.V. Chernetska // Technical Transactions, iss. 12. Civil Engineering, iss.2-B/2015. – Politechnika Kracowska: Krakow, Poland, 2015 – P. 441 – 449. DOI: 10.4467/2353737XCT.15.149.4186.

References

- [1] Nikolayev A.F. Snegovyye nagruzki na zdaniya / A.F. Nikolayev // Stroitel'. – 1935. – №8 (10). – S. 18 – 26.
- [2] Streletskiy N.S. Ob ischislenii zapasov prochnosti sooruzheniy / N.S. Streletskiy // Trudy Mosk. inzh.-stroit. in-ta. – 1938. – №1. – S. 4 – 32.
- [3] Streletskiy N.S. Osnovy statisticheskogo ucheta koeffitsiyenta zapasa prochnosti – M.: Stroyizdat, 1947. – 94 s.
- [4] Abovskiy V.P. Nereshennyye voprosy proyektirovaniya promyshlennykh zdaniy s intensivnymi snegopadami / V.P. Abovskiy, A.M. Veksman, V.M. Volkov, G.V. Matysek // Stroitel'naya promyshlennost'. – 1954. – №11. – S. 30 – 31.
- [5] Kan-Khut E.D. Voprosy utochneniya snegovykh nagruzok / E.D. Kan-Khut // Stroitel'naya promyshlennost'. – 1954. – №12. – S. 22 – 23.
- [6] Korablinov A.M. Uroki avariyy dvukh pokrytiy / A.M. Korablinov, L.S. Krauze // Stroitel'naya promyshlennost'. – 1957. – №7. – S. 18 – 21.
- [7] Gol'denblat I.I. O snegovykh nagruzkakh po stroitel'nyim normam i pravilam / I.I. Gol'denblat, V.G. Korenev, A.M. Sizov // Stroitel'naya promyshlennost'. – 1956. – №6. – S. 25 – 28.
- [8] Otstavnov V.A. O snegovykh nagruzkakh na pokrytiya zdaniy / V.A. Otstavnov // Promyshlennoye stroitel'stvo. – 1960. – №1. – S. 58 – 61.
- [9] Klepikov L.V. Opredeleniye nagruzok pri raschete stroitel'nykh konstruktsiy / L.V. Klepikov, V.A. Otstavnov // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. – 1962. – №5. – S. 39 – 45.
- [10] Bessonov V.S. Eksperimental'nyye raboty po predotvrashcheniyu chrezmernykh nakopleniy snega na krovlyakh promyshlennykh zdaniy v rayonakh s sil'nymi vetrami / V.S. Bessonov // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura. – 1964. – №11. – S. 60 – 63.
- [11] Khromets YU.N. Sposoby bor'by s izbytochnymi snegootlozheniyami na pokrytyakh zdaniy / YU.N. Khromets, R.A. Solodovnikov // Promyshlennoye stroitel'stvo. – 1971. – №5. – S. 28 – 30.
- [12] Driving A.YA. O koeffitsiyente peregruzki snegovoy nagruzki na legkiye pokrytiya / A.YA. Driving // Nagruzki i nadezhnost' stroitel'nykh konstruktsiy: Tr. TSNIISK, vyp. 21. – M., 1973. – S. 53 – 57.
- [13] Otstavnov V.A. Vozmozhnosti snizheniya snegovykh nagruzok na ploskiye pokrytiya / V.A. Otstavnov, L.S. Rozenberg // Promyshlennoye stroitel'stvo. – 1966. – №12. – S. 28 – 32.

- [14] Bat' A.A. Kommentarii k glave SNiP II-6-74 «Nagruzki i vozdeystviya» / A.A. Bat' // Promyshlennoye stroitel'stvo. – 1977. – № 5. – S. 42 – 44.
- [15] Zhukova N.K. Rezul'taty naturnykh nablyudeniy za snegovymi nagruzkami na prostranstvennyye konstruksii pokrytiy / N.K. Zhukova // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura. – 1979. – №9. – S. 40 – 46.
- [16] Neverov I.A. Snegovyye nagruzki na arochnoye pokrytiye strel'chatogo ochertaniya / I.A. Neverov, S.M. Zakharchenko, V.Z. Klimenko // Promyshlennoye stroitel'stvo. – 1984. – №7. – S. 15 – 17.
- [17] Koshutyn B.N. O vozmozhnosti snyzhenyya raschetnykh nahruzok na ploskiye pokrytyya proyvodstvennykh zdanyy s zenytnymy fonaryamy / B.N. Koshutyn, B.P. Stokator // Promyshlennoye stroitel'stvo. – 1984. – №5. – S. 33 – 34.
- [18] Kinash R.I. Snihove navantazhennya v Ukrayini / R.I. Kinash, O.M. Burnayev. – L'viv: Vydvo naukovotekhn. lit., 1997. – 848 s.
- [19] Pashyns'kyi V.A. Atmosferni navantazhennya na budivel'ni konstruksiyi dlya terytoriyi Ukrainy / V.A. Pashyns'kyi. – K., 1999. – 185 s.
- [20] Nahruzky y vozdeystviya na zdannya y sooruzhenyya / V.N. Hordeev, A.Y. Lantukh-Lyashchenko, V.A. Pashyns'kyi, A.V. Perel'muter, S.F. Pichuhyn. Pod obshchey red. A.V. Perel'mutera. – M.: Yzdvo ASV, 2008. – 482 s.
- [21] Pichugin S.F. Snegovyye i gololednyye nagruzki na stroitel'nyye konstruksii / S.F. Pichugin, A.V. Makhin'ko. – Poltava: OOO «ASMI», 2012. – 460 s.
- [22] Nazarov YU.P. Regional'noye normirovaniye snegovykh nagruzok v Rossii / YU.P. Nazarov, I.V. Lebedeva, N.A. Popov // Str. mekhanika i raschet sooruzheniy, – 2006. – №3. – S. 71 – 77.
- [23] Otstavnov V.A. The New Map of Ground Snow Loads for Russian Building Code / V.A. Otstavnov, I.V. Lebedeva // Proc. of V International Conference on Snow Engineering. – Davos, Switzerland, 2004. – P. 157 – 160.
- [24] Malyy V.I. Ob osobom otnoshenii k snegovoy nagruzke v rossiyskikh normakh / V.I. Malyy // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. – 2011. – №8. – S. 42 – 45.
- [25] Pichuhin S.F. Rozrakhunok nadiynosti budivel'nykh konstruksiy: monohrafiya / S.F. Pichuhin. – Poltava: TOV «ASMI», 2016. – 520 s.
- [26] Ledovskoy I.V. Analiz sluchaynogo protsessa nakopleniya snega na grunte / I.V. Ledovskoy // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2005. – №3 (4). – S. 29 – 35.
- [27] Pichugin S.F. Veroyatnostnoye predstavleniye nagruzok na stroitel'nyye konstruksii / S.F. Pichugin // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. – 1995. – № 4. – S. 12 – 18.
- [28] Pichugin S.F. O vozmozhnosti predstavleniya snegovoy nagruzki v vide statsionarnogo sluchaynogo protsessa / S.F. Pichugin, V.A. Pashinskiy // Voprosy nadezhnosti zhelezobetonnykh konstruksiy. – Kuybyshev, 1999. – S. 26 – 29.
- [29] Pichugin S. Probabilistic Description of Ground Snow Loads for Ukraine / S. Pichugin // Snow Engineering. Recent Advanced and Developments. – A.A.Balkema, Rotterdam, 2000. – P. 251 – 256.
- [30] Pashyns'kyi V.A. Kvazipostiyni rozrakhunkovi znachennya navantazhen' na budivel'ni konstruksiyi / V.A. Pashyns'kyi // Kommunal'noe khozyaystvo horodov: Nauchnotekhnicheskyy sbornyk. – Vyp. 18. – K.: Tekhnika. – 1999. – S. 78 – 81.
- [31] Kinash R.I. Rayonuvannya terytoriyi Zakarpat's'koyi oblasti za maksimal'noyu vysotoyu snihovoho pokryvu / R.I. Kinash, YA.S. Huk // Sovremennyye konstruksyy yz metalla y drevesyny. Sb. nauchn. tr. Chast' 3. – OHASA: Odessa, OOO «Vneshreklamservys», 2011. – S. 63 – 68.
- [32] Pichugin S. Snow Load Investigation for Buildings of Different Heights / S. Pichugin, Y. Dryzhyruk. // Recent Advances in Research on Environmental Effects on Buildings and People. Ed. by A. Flaga and T. Lipecki. – PAWE, Cracow, Poland, 2010. – P. 279 – 286.

- [33] Pichuhin S.F. Vplyv teplovtrat cherez dakhy na velychynu snihovoho navantazhennya / S.F. Pichuhin, I.V. Mol'ka, YU.V. Dryzhyruk // Zb. nauk. prats' (haluz. mashynobuduvannya, budivnytstvo) / Polt. nats. tekhn. un-t im. Yuriya Kondratyuka. – Vyp. 2 (30). – Poltava: PolNTU, 2011. – S. 113 – 117.
- [34] Pichuhin S.F. Imovirnisna model' poslidovnosti snihopadiv dlya normuvannya snihovoho navantazhennya na kholodni pokrivli / S.F. Pichuhin, N.M. Popovych // Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Zb. nauk. prats'. Vyp. 24. – Rivne: NUVHP, 2012. – S. 377 – 384.
- [35] Pichugin S.F. The features of snow loads on building roofs / S.F. Pichugin, Yu.V. Dryzhyruk, N.M. Popovich, I.V. Chernetska // Technical Transactions, iss. 12. Civil Engineering, iss.2- B/2015. – Politechnika Kracowska: Krakow, Poland, 2015 – P. 441 – 449. DOI: 10.4467/2353737XCT.15.149.4186.

СТАТИСТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ НОРМАТИВІВ СНІГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

Пічугін С.Ф., д.т.н., професор

pichugin.sf@gmail.com, ORCID 0000-0001-8505-2130

Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»

Анотація. Забезпечення надійності та безаварійності будівель і споруд у великій мірі залежить від правильного розуміння природи і кількісного опису та нормування навантажень на будівельні конструкції, в тому числі снігових навантажень. Ці навантаження на споруди мають досить складну фізичну природу і мінливий характер, що вимагають знання термодинамічних процесів в атмосфері і на ґрунті, фізичних властивостей снігу, методики метеорологічних спостережень і кліматологічного опису місцевості, мінливості навантажень, характеру відкладення снігу на конструкціях і спорудах. Такі особливості у певній мірі відображаються в розділах норм проектування будівельних конструкцій, що містять нормативи снігового навантаження. Більшість параметрів норм снігового навантаження мають імовірнісну природу і вимагають для свого обґрунтування застосування статистичних методів. Ці методи постійно змінювалися і розвивалися разом з регулярним переглядом норм будівельного проектування. Аналіз еволюції вітчизняних норм снігового навантаження разом з їх статистичними обґрунтуванням є актуальною задачею. Матеріали, присвячені сніговим навантаженням, опубліковані в різних науково-технічних журналах, збірниках статей, матеріалах конференцій. Доступ до цих видань утруднений, а публіковані огляди розвитку нормування снігового навантаження неповні і не включають результати досліджень останніх 15 – 20 років. Стаття містить систематизований огляд публікацій в провідних науково-технічних журналах по проблемі снігового навантаження за 80-річний період з 40-х років ХХ століття до теперішнього часу. Головна увага приділяється аналізу тенденцій розвитку норм проектування конструкцій в частині змін територіального районування та розрахункових коефіцієнтів, призначення нормативних і розрахункових значень снігового навантаження і залучення до цього дослідних статистичних даних. Відзначається високий науковий рівень вітчизняних норм ДБН В.1.2-2006 «Навантаження і впливи», які мають сучасний імовірнісний базис і асоціюються з нормами Єврокод. Виділяються наукові результати, що можуть бути включеними в наступні видання норм снігового навантаження.

Ключові слова: снігові спостереження, снігове навантаження, територіальне районування, нормативне навантаження, розрахункове навантаження.

STATISTICAL SUBSTANTIATION OF SNOW LOAD STANDARDS ON BUILDING STRUCTURES

Pichugin S.F., Dr. Tech. Sc., Professor

pichugin.sf@gmail.com, ORCID 0000-0001-8505-2130

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

Abstract. Ensuring the reliability and safety of buildings and structures largely depends on a proper understanding of nature and quantitative description and rationing of loads on building structures, including snow loads. These loads on structures have a very complex physical nature and changeable nature, requiring knowledge of thermodynamic processes in the atmosphere and soil, physical properties of snow, methods of meteorological observations and climatological description of the terrain, variability of loads, the nature of snow deposition on buildings and structures. Such features are to some extent reflected in the sections of design standards of building structures that contain standards for snow load. Most parameters of snow load norms are probabilistic in nature and require the use of statistical methods to justify them. These methods are constantly changing and evolving along with the regular review of building design codes. Analysis of the evolution of domestic snow load codes together with their statistical substantiation is an urgent task. Materials on snow load have been published in various scientific and technical journals, collections of articles, conference proceedings. Access to these publications is difficult, and published reviews of the development of snow load rationing are incomplete and do not include the results of research over the past 15 – 20 years. The article contains a systematic review of publications in leading scientific and technical journals on the problem of snow load over the 80-year period from the 40s of the twentieth century to the present. The main attention is paid to the analysis of tendencies of development of designing codes concerning changes of territorial zoning and design coefficients, appointment of normative and design values of snow load and involvement in it of experimental statistical data. There is a high scientific level of domestic code DBN B.1.2-2006 "Loads and loadings", which have a modern probabilistic basis and are associated with the codes of Eurocode. Scientific results that can be included in subsequent editions of snow load standards are highlighted.

Key words: snow observations, snow load, territorial zoning, normative load, design