

Таким чином, використані алгоритми визначення несучої здатності стиснутих сталезалізобетонних елементів, у яких сумісна робота сталі та бетону забезпечується за допомогою склеювання, свідчать про прийнятну точність розрахунків. Розбіжність результатів експериментальних досліджень з теоретичними значеннями при забезпеченні сумісної роботи складових до повного руйнування досліджуваного елементу не перевищила 6% для стійок висотою 2 м та 4% для коротких стійок висотою 0,63 м. Отже, можна говорити про можливість застосування запропонованих методик при розрахунку стійок, в яких сумісна робота сталі та бетону забезпечується з допомогою клейового з'єднання.

1.Золотов М.С. Анкерні болти: конструкція, розрахунок, проектування / М.С. Золотов. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 121 с.

2.Нижник О.В. Стиснуті елементи зі сталевих складених двотаврів із боковими порожнинами, заповненими бетоном: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / О.В. Нижник. – Полтава, 2005. – 20 с.

3.Стороженко Л.І. Сталезалізобетон / Л.І. Стороженко. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 386 с.

4.Стороженко Л.І. Залізобетонні конструкції в незнімній опалубці / Л.І. Стороженко, О.І. Лапенко. – Полтава: АСМІ, 2008. – 312 с.

5.Стороженко, Л.І. Конструкції зі сталевих двотаврів із боковими порожнинами, заповненими бетоном / Л.І. Стороженко, О.І. Лапенко, О.Г. Горб // Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сб. науч. тр. – Вып.14. Ч.2. – Одесса: ОГАСА, 2010. – С.150-155.

Отримано 27.04.2012

УДК 624.042.42 (477)

С.Ф.ПІЧУГІН, д-р техн. наук, Н.М.ПОПОВИЧ, І.Б.ПОПОВИЧ
Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ВПЛИВ ОСОБЛИВО НЕБЕЗПЕЧНИХ СНІГОПАДІВ НА ФОРМУВАННЯ СНІГОВОГО ПОКРИВУ

На підставі аналізу даних про особливо небезпечні снігопади встановлено їх статистичні характеристики та зв'язок з результатами систематичних снігомірних зйомок. Показано, що результати снігомірних зйомок включають також дані про особливо небезпечні снігопади.

На основании анализа данных об особенно опасных снегопадах установлены их статистические характеристики и связь с результатами систематических снегомерных съемок. Показано, что результаты снегомерных съемок включают также данные об особенно опасных снегопадах.

According to data analysis on particularly dangerous snowfall the of statistical characteristics and relations with the results of systematic snow surveys are found. It is shown that the results of snow surveys also include information on particular hazardous snowfalls.

Ключові слова: снігове навантаження, нормування снігового навантаження, особливо небезпечні снігопади, снігомірні зйомки, статистичні характеристики.

На утеплених покрівлях опалюваних будівель сніг накопичується протягом усієї зими, що дозволяє встановлювати розрахункові значення снігового навантаження за результатами снігомірних зйомок на поверхні ґрунту. На покрівлях будівель з надлишковими виділеннями тепла сніговий покрив утворюється лише під час сильних снігопадів, інтенсивність яких перевищує швидкість танення снігу на покрівлі. Це обумовлює необхідність вивчення особливо небезпечних снігопадів, які дають значний приріст снігового навантаження, з метою розроблення окремої методики нормування снігового навантаження на покрівлі оранжерей, теплиць та виробничих будівель з надлишковими виділеннями тепла.

Аналіз останніх досліджень снігового навантаження на будівлі [1-4] показав, що в них не вивчалися особливо небезпечні снігопади як окреме природне явище, не розглядалися особливості формування снігового покриву на покрівлях будівель з надлишковими виділеннями тепла. Розрахункові значення снігового навантаження, встановлені ДБН [5], відносяться до звичайних покрівель і лише частково враховують можливість підтавання снігу коефіцієнтом режиму експлуатації $C_e=0,8$. Норми проектування теплиць і парників [6] містять не досить детальну карту територіального районування України, яка потребує уточнення з урахуванням впливу особливо небезпечних снігопадів.

Метою даної роботи є вивчення характеристик особливо небезпечних снігопадів та їх впливу на формування снігового покриву неутеплених покрівель на території України.

Статистичний аналіз проведено за даними метеорологічних щомісячників [7], де наведено інформацію про 147 особливо небезпечних снігопадів, які спостерігалися на території України протягом 20 років. Особливо небезпечними в метеорології [7] вважаються снігопади, які дають приріст запасу води в сніговому покриві не менше 20 мм, що відповідає приросту снігового навантаження понад 200 Па. Узагальнені характеристики цих снігопадів наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристики особливо небезпечних снігопадів на території України

Параметри снігопадів	Мінімум	Максимум
Середньорічна кількість сильних снігопадів в Україні	1	24
Кількість опадів (запас води в міліметрах)	19,1	125,3
Тривалість снігопаду в годинах	3,0	36,0
Середня інтенсивність снігопаду в мм/годину	0,6	15,4

Протягом обраного двадцятирічного періоду спостережень особливо небезпечні снігопади спостерігалися на 52 метеостанціях України. На 40 метеостанціях (76%) реалізувалося усього 1-2 сильних снігопади; 3-4

снігопади спостерігалися на 7 метеостанціях (14%), і лише на 5 метеостанціях (10%), розміщених в гірській місцевості, зафіксовано від 8 до 32 випадків особливо небезпечних снігопадів. З цього слідує, що особливо небезпечні снігопади характерні лише для гірських метеостанцій України, а на рівнинних метеостанціях вони спостерігаються вкрай рідко. Середні значення основних характеристик особливо небезпечних снігопадів для окремих гірських і рівнинних метеостанцій України наведено в табл.2.

Таблиця 2 – Характеристики особливо небезпечних снігопадів на метеостанціях України

Пункти спостереження		Висота над рівнем моря, м	Кількість спостережених снігопадів	Середні по метеостанції характеристики снігопадів		
				кількість опадів, мм	тривалість годин	інтенсивність, мм/год.
1	Ай-Петрі	1180	32	44,7	11,0	4,40
2	Пожежевська	1429	9	29,0	11,0	2,69
3	Хуст	164	9	26,6	12,3	2,26
4	Плай	1330	8	25,7	11,2	2,39
5	Нижній Студений	629	4	25,1	12,5	2,01
6	Кирилівка	49	3	30,7	21,0	1,70
7	Покошичі	193	3	25,8	13,3	1,93
8	Гадяч	154	3	20,9	10,8	2,01
9	Комсомольське	102	3	20,8	12,0	1,73

Кількість особливо небезпечних снігопадів зростає із збільшенням висоти над рівнем моря, про що свідчить коефіцієнт кореляції 0,65. Середній запас води в снігопаді та його інтенсивність мало залежать від висоти над рівнем моря. Метеостанції, розташовані на висоті понад 400 м над рівнем моря, виділимо в групу гірських, як це зроблено в [3].

В табл.3 наведено результати статистичної обробки характеристик особливо небезпечних снігопадів: кількості опадів в одному снігопаді (запасу води в міліметрах), тривалості снігопаду в годинах, середньої інтенсивності снігопаду в міліметрах за годину. Для кожного показника вказана кількість снігопадів N , мінімальне X_{\min} , максимальне X_{\max} і середнє M значення, стандарт S , коефіцієнти варіації V та асиметрії A .

Якщо тривалості снігопадів на гірських і рівнинних метеостанціях досить близькі, то кількості опадів та інтенсивності снігопадів у горах

більші, ніж на рівнинних місцевостях. Удвічі більші коефіцієнти варіації всіх показників вказують на більшу мінливість характеристик снігопадів у гірській місцевості. Гістограми розподілів усіх проаналізованих показників мають виражену правосторонню асиметрію і мають форму, близьку до закону розподілу Вейбулла з інтегральною функцією та густиною розподілу:

$$F(x) = 1 - \exp(-\beta x^\alpha); \quad f(x) = \alpha \beta x^{\alpha-1} \exp(-\beta x^\alpha). \quad (1)$$

Таблиця 3 – Статистичні характеристики особливо небезпечних снігопадів

Показники	<i>N</i>	X_{\min}	X_{\max}	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>A</i>
Рівнинні метеостанції (42 станції)							
Кількість опадів, мм	71	19,1	42,1	24,18	4,85	0,201	1,77
Тривалість снігопаду, год.	71	4,0	36,0	12,10	4,84	0,400	2,44
Інтенсивність, мм/год.	71	0,6	5,1	2,21	0,76	0,344	1,62
Гірські метеостанції (10 станції)							
Кількість опадів, мм	76	20,0	125,3	34,14	21,34	0,625	2,79
Тривалість снігопаду, год.	76	3,0	21,0	10,88	2,93	0,270	0,35
Інтенсивність, мм/год.	76	1,6	15,4	3,35	2,27	0,678	2,97

Параметри α і β розподілу (1) визначаються через математичне сподівання *M* і коефіцієнт варіації *V*.

Аналіз сезонних змін середньомісячних характеристик особливо небезпечних снігопадів показав, що вони можуть виникати в період з листопада по березень. Кількість снігопадів і середній запас води в снігопаді зростають протягом зими, досягаючи максимального значення в лютому. Коефіцієнт кореляції між середньомісячною кількістю сильних снігопадів і запасом води в них дорівнює 0,86.

Незначна кількість даних про особливо небезпечні снігопади, недостатня для нормування снігового навантаження, спонукає до аналізу їх зв'язку з результатами регулярних снігомірних зйомок, які проводяться кожні п'ять діб на всіх пунктах спостереження України, а тому є більш інформативними. Для цього вибрані п'ятиденки, у період яких відбувалися проаналізовані вище сильні снігопади, й обчислені значення приростів ваги снігового покриву між суміжними в часі снігомірними зйомками. Нижче вони позначені через *D* і виражені в міліметрах запасу води в мм, або в кгс/м². З ними порівнювалися значення величини особливо небезпечного снігопаду *Z*, виражені в тих же одиницях, та інтенсивності снігопаду *Y*, виражені в мм/год. Побудовані графіки вказують на існування залежностей *Z* і *Y* від *D*.

Для побудови умовних законів розподілу випадкових величини *Z* і *Y* при різних значеннях *D* усі наявні дані розділені на три групи відпо-

відно до значень приросту ваги снігового покриву: $0 < D < 20$ мм, $20 < D < 40$ мм, $D > 40$ мм. Результати статистичної обробки кожної з трьох отриманих вибірок значень Z і Y наведено в табл.4, перша строчка якої містить середні значення приросту ваги снігу в обраному інтервалі M_D , до яких слід віднести наведені нижче статистичні характеристики та розподіли величини Z і Y .

Таблиця 4 – Статистичні характеристики особливо небезпечних снігопадів

Статистичні характеристики та розмірності	Позначення	Значення, відповідні приростам ваги снігового покриву в мм		
		0-20	20-40	40-140
Середній приріст ваги снігу 1т мм=1 кг/м ²	M_D	9,9	27,6	69,8
Середня величина снігопаду 1 мм=1 кг/м ²	M_Z	26,2	27,0	43,3
Стандарт величини снігопаду 1 мм=1 кг/м ²	S_Z	5,30	8,40	32,70
Середня інтенсивність снігопаду 1 мм/год=1 кг/(м ² ×год)	M_Y	2,54	2,76	3,87
Стандарт інтенсивності снігопаду 1 мм/год=1 кг/(м ² ×год)	S_Y	1,04	1,59	3,20

Зростання середніх значень і стандартів величин Z і Y при збільшенні приросту ваги снігового покриву D можна описати лінійними функціями:

для середньої величини снігопаду

$$M_Z = 0,33 D + 19,5; \quad (2)$$

для стандарту величини снігопаду

$$S_Z = 0,39 D - 0,2; \quad (3)$$

для середньої інтенсивності снігопаду

$$M_Y = 0,024 D + 2,21; \quad (4)$$

для стандарту інтенсивності снігопаду

$$S_Y = 0,036 D + 0,64. \quad (5)$$

На рис.1 зображено приклади гістограм розподілу величини Z та інтенсивності Y особливо небезпечних снігопадів для значень приросту ваги снігу $20 < D < 40$ мм. Такі ж гістограми для інших значень D мають аналогічний характер. З рис.1 видно, що гістограми розподілу інтенсивності снігопадів мають пагорбоподібний асиметричний характер, близький до вигляду густини розподілу Вейбулла (1). Перевірка за критерієм узгодженості Пірсона [8] показала, що розподіли (1) вони не суперечать дослідним даним на рівні значимості 0,05.

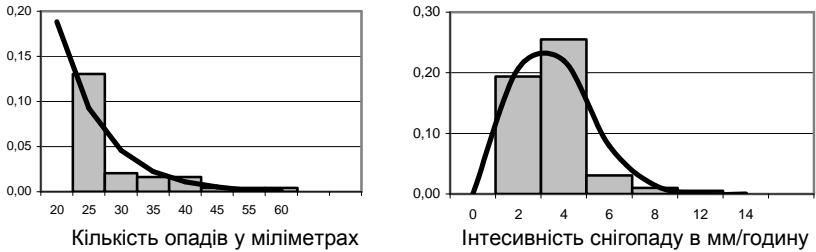


Рис.1 – Гістограми розподілу величини Z та інтенсивності Y снігопаду

Розподіли величини снігопаду мають вигляд експоненти, зміщеної вправо на 20 мм (тобто 20 кгс/м^2). Підставивши до відомих виразів експоненціального розподілу [8] значення $(Z-20)$ замість Z , отримуємо вирази для функції та густини зміщеного експоненціального розподілу величини особливо небезпечного снігопаду:

$$F(Z) = 1 - e^{-\lambda(Z-20)} \text{ при } Z \geq 20 \text{ мм}; F(Z) = 0 \text{ при } Z < 20 \text{ мм}; \quad (6)$$

$$f(Z) = \lambda e^{-\lambda(Z-20)} \text{ при } Z \geq 20 \text{ мм}; f(Z) = 0 \text{ при } Z < 20 \text{ мм}, \quad (7)$$

де параметр $\lambda = 1/(M_Z - 20)$.

Перевірка за критерієм Пірсона підтвердила, що закон розподілу (6), (7) не суперечить дослідним даним на рівні значимості 0,05. Це дозволяє, визначивши математичні сподівання й стандарти за формулами (2)-(5), отримувати розподіли величини особливо небезпечних снігопадів (6), (7) та їх інтенсивності (1) для довільних значень приросту маси снігового покриву, визначених за результатами снігомірних зйомок.

Виявлене зміщення експоненціального закону (6) наштовхує на думку, що розподіл особливо небезпечних снігопадів є правою частиною загального розподілу величини снігопадів. Правомірність такої гіпотези підтверджує рис.2, на якому зображено гістограми розподілу п'ятиденних приростів снігового навантаження D (світлі прямокутники) та величини особливо небезпечних снігопадів Z (темні прямокутники) на метеостанції Ай-Петрі. Для приведення графіків до одного масштабу значення густини розподілу величини Z помножені на ймовірність 0,44 того, що п'ятиденні прирости снігового навантаження перевищують 20 кгс/м^2 . З рисунка видно, що змасштабований розподіл величини Z практично співпадає з правою частиною розподілу D .

Для підтвердження висунутої гіпотези в табл.5 для ряду метеостанцій виконане порівняння середніх значень величини особливо небезпечних снігопадів M_Z та середніх значень M_D п'ятиденних приростів сніго-

вого навантаження, які перевищують 20 кгс/м^2 , тобто мінімальне значення, при якому снігопад вважається особливо небезпечним.

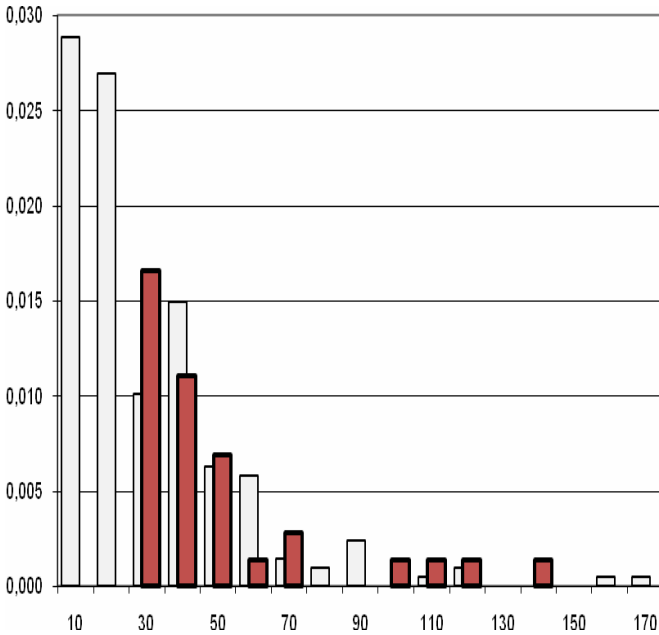


Рис.2 – Гістограми розподілу величин D і Z для метеостанції Ай-Петрі

Таблиця 5 – Характеристики особливо небезпечних снігопадів та п'ятиденних приростів снігового навантаження

		Особливо небезпечні снігопади		Прирости снігового навантаження	
		N_z	M_z	N_D	M_D
1	Ай-Петрі	32	44,7	92	47,0
2	Пожежевська	9	29,0	173	68,9
3	Хуст	9	26,8	38	37,2
4	Плай	8	25,7	120	60,1
5	Нижній Студений	4	25,1	17	35,1
6	Кирилівка	3	30,7	17	35,1
7	Покошичі	3	25,8	17	35,1
8	Гадяч	3	20,9	17	35,1
9	Комсомольське	3	20,8	17	35,1

З таблиці видно, що $M_D \geq M_z$, тобто значення приростів навантаження є більшими за значення особливо небезпечних снігопадів. З цього

слідуює, що п'ятиденні прирости снігового навантаження можуть формуватися за рахунок не одного, а декількох снігопадів, у число яких входять також особливо небезпечні снігопади. Інформація про особливо небезпечні снігопади є складовою частиною результатів снігомірних зйомок, які й слід використовувати для нормування снігового навантаження та покрівлі.

Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Сильні снігопади, які в метеорології вважаються особливо небезпечними, характерні в основному для гірської місцевості Криму і Карпат.
2. Шляхом порівняння з результатами снігомірних зйомок встановлені залежності статистичних характеристик величини та інтенсивності особливо небезпечних снігопадів від приросту ваги снігу протягом п'ятиденки.
3. Особливо небезпечні снігопади є складовою загального розподілу усіх снігопадів, що дозволяє використовувати результати систематичних снігомірних зйомок для нормування снігового навантаження.

1. Пичугін С.Ф. Вероятностное описание снеговых нагрузок для территории Украины // Матеріали І Міжнар. наук.-техн. конф. – ТМК-98 «Технічна метеорологія Карпат». – Львів: Оксарт, 1998. – С.85-90.

2. Федик І.З. Параметри мінливості снігового навантаження в Україні для розрахунків надійності будівельних конструкцій: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / І.З. Федик. – Полтава, 1999. – 18 с.

3. Пашинський В.А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції на території України / В.А. Пашинський. – К.: УкрНДПроектстальконструкція, 1999. – 185 с.

4. Пичугін С.Ф. Аналіз розвитку норм проектування по сніговому навантаженню / С.Ф. Пичугін., Ю.В. Дрижирук // Зб. наук. пр. Українського НДПІ сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського. – К.: Сталь, 2008. – Вип.1. – С.5-15.

5. ДБН В.1.2-2:2006. Система надійності та безпеки в будівництві. Навантаження і впливи. – К.: Мінбуд України, 2006. – 59 с.

6. ДБН В.2.2-2-95. Будинки і споруди. Теплиці та парники. – К.: Укрархбудінформ, 1995.

7. Метеорологический ежемесечник. Ч. II, вып. 10. – Л.: Гидрометеоздат, 1970-1990.

8. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Физматгиз, 1962. – 564 с.

Отримано 27.04.2012