



ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ  
МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ  
METAL CONSTRUCTIONS**

2017, ТОМ 23, НОМЕР 4, 163–176  
УДК 624.012

(17)-0368-0

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНЫХ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК НА ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ПЛОСКОСТЬ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАКАРПАТСКОЙ ОБЛАСТИ ПО УПРОЩЕННЫМ ФОРМУЛАМ**

**Я. С. Гук, И. Ф. Найбауэр, Э. И. Новак, А. С. Гук**

*Ужгородский национальный университет,*

*46, ул. Подгорная, г. Ужгород, Закарпатская обл., Украина, 88000.*

*E-mail: space@univ.uzhgorod.ua*

*Получена 30 октября 2017; принята 24 ноября 2017.*

**Анотация.** Отечественными учёными на ранней стадии исследований максимальные снеговые нагрузки для территории Закарпатской области определялись только по исходным данным снежного покрова III климатической зоны, позже – по отдельным осадочным наблюдениям на метеостанциях, в последние годы – по наблюдениям в 1948–2015 годах на 9 метеостанциях Закарпатской области и по 23 направлениям между метеостанциями и переходными станциями при исследовании высотных и высотно-логарифмических коэффициентов. В настоящей публикации использовано 8 направлений (для максимальной плотности снега) и 6 направлений (для максимальной высоты снежного покрова) между 8 начальными метеостанциями с высотами над уровнем Балтийского моря: Берегово – 113 м, Ужгород – 114,6 м, В. Березный – 209 м, Рахов – 438 м, Межгорье – 456 м, Н. Ворота – 500 м, Н. Студеный – 615 м и конечной метеостанцией Плай – 1 330 м, высотные коэффициенты, высоты горизонталей топографических карт в интервале через 100 м, на основании чего выведены упрощенные формулы максимальных снеговых параметров: высоты снежного покрова, плотности снега, максимальных снеговых нагрузок на горизонтальную плоскость.

**Ключевые слова:** метеостанции, максимальные высоты и плотности снежного покрова, максимальные снеговые нагрузки на горизонтальную плоскость, упрощенные формулы максимальных снеговых параметров, горизонталы топографических карт.

## **МЕТОДИКА ОБЧИСЛЕННЯ МАКСИМАЛЬНИХ СНІГОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ГОРИЗОНТАЛЬНУ ПЛОЩИНУ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА СПРОЩЕНИМИ ФОРМУЛАМИ**

**Я. С. Гук, І. Ф. Найбауер, Е. Й. Новак, О. С. Гук**

*Ужгородський національний університет,*

*46, вул. Підгірна, м. Ужгород, Закарпатська обл., Україна, 88000.*

*E-mail: space@univ.uzhgorod.ua*

*Отримана 30 жовтня 2017; прийнята 24 листопада 2017.*

**Аннотація.** Вітчизняними вченими на ранній стадії досліджень максимальне снігове навантаження для території Закарпатської області визначалось тільки за вихідними даними снігового покриву III кліматичної зони, пізніше – за окремими опадовими спостереженнями на метеостанціях, останніми роками – за спостереженнями у 1948–2015 роках на 9 метеостанціях Закарпатської області і за 23 напрямками між метеостанціями і перехідними станціями із застосуванням висотних і висотно-логарифмічних коефіцієнтів. У даній публікації використано 8 напрямків (для максимальних густин снігу) і 6 напрямків (для максимальних висот снігового покриву) між 8 початковими метеостанціями з висотами над рівнем Балтійського моря: Берегово – 113 м, Ужгород – 114,6 м, Великий Березний – 209 м,

Рахів – 438 м, Міжгір'я – 456 м, Нижні Ворота – 500 м, Нижній Студений – 615 м і кінцевою метеостанцією Плай – 1 330 м, висотні коефіцієнти, висоти горизонталей топографічних карт в інтервалі через 100 м. На основі вищенаведених даних виведені спрощені формули для максимальних снігових параметрів: висот снігового покриву, густин снігу, максимальних снігових навантажень на горизонтальну площину.

**Ключові слова:** метеостанції, максимальні висоти і густини снігового покриву, максимальне снігове навантаження на горизонтальну площину, спрощені формули максимальних снігових параметрів, горизонталі топографічних карт.

## METHOD OF CALCULATION OF MAXIMUM SNOW LOADS ON THE HORIZONTAL AREA ON THE TERRITORY OF THE TRANSCARPATHIAN REGION BY RENDERED FORMS

Yaroslav Huk, Ivan Naybauer, Elvira Novak, Aleksandr Huk

*Uzhgorod National University,  
46, Podgornaya Str., Uzhgorod, Ukraine, 88000.  
E-mail: space@univ.uzhgorod.ua*

*Received 30 October 2017; accepted 24 November 2017.*

**Abstract.** The domestic scientists at the early stage of research revealed that maximum snow loads for the territory of the Transcarpathian region were determined only by the initial data of the snow cover of the III climatic zone, and later, by separate observations on the meteorological stations, in recent years, by observations in 1948–2015 at 9 meteorological stations of the Transcarpathian region and 23 directions between meteorological stations and transition stations with application of altitude and altitude-logarithmic coefficients. In this publication 8 directions were used (for maximum snow densities), 16 directions (for maximum snow cover heights) between 8 meteorological stations with elevations above the Baltic Sea level: Beregovo – 113 m, Uzhhorod – 114.6 m, Great Berezhny – 209 m, Rakhiv – 438 m, Mizhhirya – 456 m, Lower Gate – 500 m, Lower Studeny – 615 m and the ultimate meteorological station of Plai – 1 330 m, high-altitude coefficients, horizontal topographic maps in intervals of 100 m. Based on the above data, simplified formulas for maximum snow parameters were derived: snow cover heights, snow densities of maximum snow loads on a horizontal plane.

**Keywords:** meteorological stations, maximum height and density of snow cover, maximum snow load on a horizontal plane, simplified formulas of maximum snow parameters, horizontal topographic maps.

### Вступ

Масовий збір статистичних даних про сніг [1–11] почався в усіх розвинених країнах світу лише з початку XX століття в основному для гідрологічних цілей, тобто заміри проводились для визначення еквівалентного вмісту води в кожному снігопаді, а не в процесі накопичення снігу.

Відсутність інформації про інтенсивність сніговідкладення і накопичення снігу на ґрунті утруднювало достовірну оцінку снігового навантаження на ґрунт.

Кожна країна пропонує для створення даних норм свої власні підходи: від моделей випадкових процесів до фіксованого значення розрахун-

кового снігового навантаження. Вигляд представлення результатів також коливається від чітких карт снігових районів до списків параметрів снігового навантаження для всіх пунктів спостережень.

Карпати можна вважати самостійним районом, де снігонакопичення зумовлені вертикальною поясністю і напрямком експозиції схилів.

В особливий район треба виділити Закарпатську низовину, яка внаслідок захищеності з півночі горами відрізняється від гірських територій за сніговими параметрами.

Для обчислення снігових параметрів за висотними коефіцієнтами застосовані 8 напрямків (для максимальних густин снігу) і 6 напрямків

(для максимальної висоти снігового покриву) між метеостанціями з висотами над рівнем Балтійського моря (рис. 1): Берегово (113 м) – Плай (1 330 м); Ужгород (114,6 м) – Плай (1 330 м); Великий Березний (209 м) – Плай (1 330 м); Рахів (438 м) – Плай (1 330 м); Міжгір'я (456 м) – Плай (1 330 м); Нижні Ворота (500 м) – Плай (1 330 м); Нижній Студений (615 м) – Плай (1 330 м), а також висоти горизонталей топографічних карт Закарпатської області в межах 100 м (м. Чоп) – 2 061 м (г. Говерла) в інтервалі через 100 м.

Базові дані снігових параметрів за спостереженнями на 9 метеостанціях у 1948–2015 роках: максимальної висоти снігового покриву, максимальної густини снігового покриву, подані в розрахункових таблицях 1–3.

Максимальні снігові параметри обчислені за формулами висотних коефіцієнтів:

$$\Pi_{X_{\max.сн.}} = \Pi_{1_{\max.сн.}} + K_{\max.сн.,ст.1-2}(H_X - H_1), \quad (1)$$

$$K_{\max.сн.,ст.1-2} = \frac{\Pi_{2_{\max.сн.}} - \Pi_{1_{\max.сн.}}}{H_2 - H_1}, \quad (2)$$

де  $\Pi_{X_{\max.сн.}}$ ,  $\Pi_{1_{\max.сн.}}$ ,  $\Pi_{2_{\max.сн.}}$  – максимальні показники (висоти і густини) снігового покриву на станціях X, 1, 2 (на висотах горизонталей на топографічних картах), м, кг/м<sup>3</sup>;

$K_{\max.сн.,ст.1-2}$  – висотний коефіцієнт максимальних (висот, густин) снігового покриву, м, кг/м<sup>3</sup>;

$H_X$ ,  $H_1$ ,  $H_2$  – висоти станцій X, 1, 2, (горизонталей на топографічних картах) над рівнем Балтійського моря, м.

Максимальне снігове навантаження,  $P_{X_{\max.сн.}}$ , обчислено за формулою:

$$P_{\max.сн.,X} = 9,8\rho_{\max.сн.,X} \cdot h_{\max.сн.,X}, \quad (3)$$

де  $\rho_{\max.сн.,X}$  – максимальна густина снігу на станції X, кг/м<sup>3</sup>;

$h_{\max.сн.,X}$  – максимальна висота снігового покриву на станції X, м;

9,8 – перевідний коефіцієнт з кг/м<sup>3</sup> в Па.

Результати обчислень максимальних снігових параметрів на висотах перехідних станцій і горизонталей топографічних карт подані в таблицях 1–3.

**Мета і завдання дослідження** полягає у виведенні спрощених формул максимальних снігових параметрів на базі заданих висот над рівнем Бал-

тійського моря станції або висот горизонталей топографічних карт Закарпатської області.

### Власні теоретичні дослідження

У попередніх дослідженнях максимальних снігових параметрів: висоти снігового покриву, густини снігу, снігового навантаження [12–25] використовувалась методика висотних коефіцієнтів і 23 напрямків (рис. 1) між метеостанціями і перехідними станціями і формули 1, 2.

З метою дотримання точності і надійності обчислень обмежено кількість напрямків до 8 (для максимальної густини снігу) і до 6 (для максимальної висоти снігового покриву) і тільки між базовими 9 метеостанціями, для яких зафіксовані дані спостережень за максимальними сніговими параметрами у 1948–2015 роках, при тому обчислення проведено в межах дії висот названого одного із 8 і 6 напрямків.

Для виведення спрощених формул визначення висот максимальних снігових покривів і максимальних густин снігу спочатку обчислювались дані параметри за формулами 1, 2 для висот горизонталей топографічних карт в інтервалі через 100 м (від Чопа – 100 м до г. Говерли – 2 061 м). Далі визначалась сума однозначних різниць висоти снігового покриву, густин снігу між суміжними горизонталями, яка ділилась на однозначну різницю висот, і виводився перший допоміжний коефіцієнт спрощеної формули:

$$K_{сн.,доп.} = \frac{\Sigma \Delta R}{\Sigma \Delta H_{гор.}}, \quad (4)$$

де  $\Sigma \Delta R$  – сума різниць однозначних показників максимальних параметрів снігу між суміжними горизонталями (максимальних висот снігового покриву, максимальних густин снігу) м, кг/м<sup>3</sup>;

$\Sigma \Delta H$  – сума різниць висот між горизонталями, в інтервалі яких діють однозначні показники снігових параметрів, м.

Спрощені формули виведені для суми кожної різниці однозначних показників з використанням даних ближчої базової метеостанції.

Другий допоміжний коефіцієнт спрощеної формули для інтервалу однозначних сум різниць максимальних снігових параметрів між суміжними горизонталями визначається за формулою:

**Таблиця 1а.** Результати обчислення максимальних висот снігового покриву за 6 напрямками і висотними коефіцієнтами для території Закарпатської області з виведенням спрощених формул, аналіз обчислень

№ п/п	Назва напрямків, висоти метеостанцій над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Максимальна висота снігового покриву, м	Різниця максимальних висот снігового покриву, м	Висотний коеф. макс. висоти снігового покриву	Висоти горизонталей, м									
						100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.	Берегово (113 м) – Н. Ворота (500 м)	387,0	0,60 1,16	0,56	0,00144700	0,581	0,725	0,870	1,015	1,159					
2.	Ужгород (114,6 м) – Н. Ворота (500 м)	385,4	0,65 1,16	0,51	0,00132300	0,630	0,762	0,895	1,027	1,159					
3.	Хуст (166 м) – Н. Ворота (500 м)	334,0	0,75 1,16	0,41	0,00122700	0,669	0,791	0,914	1,037	1,159					
4.	В. Березний (209 м) – Н. Ворота (500 м)	291,0	0,68 1,16	0,48	0,00164900	0,500	0,694	0,830	0,994	1,159					
5.	Міжгір'я (438 м) – Плай (1 330 м)	874,0	1,17 1,19	0,02	0,00002288					1,171	1,173	1,175	1,178	1,180	1,182
6.	Н. Ворота (500 м) – Плай – (1 330 м)	830,0	1,16 1,19	0,03	0,00003614					1,160	1,163	1,167	1,170	1,174	1,178
Середні значення обчислених максимальних висот снігового покриву за висотними коефіцієнтами, м						0,595	0,743	0,877	1,018	1,161	1,168	1,171	1,174	1,177	1,180
Обчислені максимальні висоти снігового покриву за спрощеними формулами, м						0,594	0,736	0,877	1,018	1,161	1,166	1,169	1,172	1,175	1,178
Різниця обчислень, м						–0,001	–0,007	0,000	0,000	0,000	–0,002	–0,002	–0,001	–0,002	–0,002
Різниця обчислень, %						–0,160	–0,940	0,000	0,000	0,000	–0,170	–0,170	–0,080	–0,080	–0,170

**Таблиця 16.** Результати обчислення максимальних висот снігового покриття за 6 напрямками і висотними коефіцієнтами для території Закарпатської області з виведенням спрощених формул, аналіз обчислень

№ п/п	Назва напрямків, висоти метеостанції над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Максимальні висоти снігового покриття, м	Різниця максимальних висот снігового покриття, м	Висотний коеф. макс. висоти снігового покриття	Висоти горизонталей, м										
						1 100	1 200	1 300	1 400	1 500	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000	2 061
1.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1.	Берегово (113 м) – Н. Ворота (500 м)	387,0	0,60 1,16	0,56	0,00144700											
2.	Ужгород (114,6 м) – Н. Ворота (500 м)	385,4	0,65 1,16	0,51	0,00132300											
3.	Хуст (166 м) – Н. Ворота (500 м)	334,0	0,75 1,16	0,41	0,00122700											
4.	В. Березний (209 м) – Н. Ворота (500 м)	291,0	0,68 1,16	0,48	0,00164900											
5.	Міжгір'я (438 м) – Плай (1 330 м)	874,0	1,17 1,19	0,02	0,00002288	1,184	1,187	1,189	1,191	1,193	1,196	1,198	1,201	1,201	1,205	1,207
6.	Н. Ворота (500 м) – Плай – (1 330 м)	830,0	1,16 1,19	0,03	0,00003614	1,181	1,185	1,188	1,192	1,196	1,199	1,203	1,206	1,210	1,214	1,216
Середні значення обчислених максимальних висот снігового покриття за висотними коефіцієнтами, м						1,183	1,186	1,189	1,192	1,195	1,198	1,200	1,203	1,205	1,209	1,213
Обчислені максимальні висоти снігового покриття за спрощеними формулами, м						1,181	1,184	1,187	1,190	1,193	1,196	1,199	1,202	1,205	1,208	1,210
Різниця обчислень, м						-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,001	-0,001	0,000	-0,001	-0,003
Різниця обчислень, %						-0,170	-0,170	-0,170	-0,170	-0,170	-0,170	-0,080	-0,080	0,000	-0,080	-0,240

**Таблиця 2а.** Результати обчислення максимальних густин снігового покриву за 8 напрямками між метеостанціями і висотними коефіцієнтами на висотах горизонталей топографічних карт Закарпатської області в інтервалі через 100 м для виведення спрощених формул

№ п/п	Назва напрямків, висоти метеостанцій над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Максимальна на густину снігового криву , кг/м <sup>3</sup>	Різниця максималь- них густин снігового покриву, кг/м <sup>3</sup>	Висотний коеф. макс. густини снігового покриву	Висоти горизонталей на топографічних картах, м										900	1 000
						100	200	300	400	500	600	700	800	12	13		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1.	Берегово (113 м) – Плай (1 330 м)	1 217,0	138 340	202	0,165980	135,85	152,44	169,03	185,63	202,23	218,83	235,43	252,02	268,62	285,22		
2.	Ужгород (114,6 м) – Плай (1 330 м)	1 215,4	138 340	202	0,166200	135,57	152,19	168,81	185,43	202,05	218,67	235,29	251,91	268,53	285,15		
3.	Хуст (156 м) – Плай (1 330 м)	1 164,0	171 340	169	0,145180		175,93	190,45	204,97	219,49	234,00	248,52	263,04	277,56	292,08		
4.	В. Березний (209 м) – Плай (1 330 м)	1 121,0	166 340	174	0,155210		164,60	180,12	195,64	211,16	226,68	242,20	257,72	273,25	288,77		
5.	Рахів (438 м) – Плай (1 330 м)	892,0	218 340	122	0,136770					226,47	240,15	253,83	267,51	281,18	294,86		
6.	Міжгір'я (456 м) – Плай (1 330 м)	874,0	295 340	45	0,051487					297,26	302,41	308,48	312,71	317,86	323,00		
7.	Н. Ворота (500 м) – Плай (1 330 м)	830,0	255 340	85	0,102400					255,00	265,24	275,48	285,72	295,96	306,20		
8.	Н. Студений (615 м) – Плай (1 330 м)	715,0	331 340	9	0,012587						330,81	332,06	333,32	334,58	335,84		
Середні значення обчислених максимальних густин снігового покриву за висотними коефіцієнтами, кг/м <sup>3</sup>						135,71	161,29	177,10	192,91	230,52	254,60	266,41	277,99	289,69	301,39		
Різниця обчислених максимальних густин снігового покриву між горизонталлями, кг/м <sup>3</sup>						25,58	15,81	15,81	15,81	37,61	24,08	11,81	11,58	11,70	11,70		
Обчислені максимальні густини снігового покриву за спрощеними формулами, кг/м <sup>3</sup>						135,710	161,290	177,100	192,910	230,520	254,600	266,308	278,000	289,700	301,390		
Різниця обчислень, м						0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,102	+0,010	+0,010	0,000	
Різниця обчислень, %						0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,040	+0,004	+0,004	0,000	

**Таблиця 26.** Результати обчислення максимальних густин снігового покриву за 8 напрямками між метеостанціями і висотними коефіцієнтами на висотах горизонталей топографічних карт Закарпатської області в інтервалі через 100 м для виведення спрощених формул

№ п/п	Назва напрямків, висоти метеостанцій над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Максималь- ні висоти снігового покриву, м	Різниця максималь- них висот снігового покриву, м	Висотний коэф. макс. висоти сні- гового по- криву	Висоти горизонталей, м										2 000	2 061
						1 100	1 200	1 300	1 400	1 500	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1.	Берегово (113 м) – Плай (1 330 м)	1 217,0	138 340	202	0,165980	301,82	318,42	335,01	351,61	368,21	384,81	401,41	418,00	434,60	451,20	461,32	
2.	Ужгород (114,6 м) – Плай (1 330 м)	1 215,4	138 340	202	0,166200	301,77	318,39	335,01	351,63	368,25	384,87	401,49	418,11	434,73	451,35	461,49	
3.	Хуст (166 м) – Плай (1 330 м)	1 164,0	171 340	169	0,145180	306,59	321,11	335,63	350,15	364,67	379,18	393,71	408,22	422,74	437,26	446,11	
4.	В. Березний (209 м) – Плай (1 330 м)	1 121,0	166 340	174	0,155210	304,29	319,81	335,33	350,85	366,37	381,89	397,41	412,93	428,46	443,98	453,44	
5.	Рахів (438 м) – Плай (1 330 м)	892,0	218 340	122	0,136770	308,54	322,21	335,89	349,57	363,24	376,92	390,60	404,28	417,95	431,63	439,97	
6.	Міжгір'я (456 м) – Плай (1 330 м)	874,0	295 340	45	0,051487	328,15	333,30	338,45	343,60	348,75	353,90	359,04	364,19	369,34	374,49	377,63	
7.	Н. Ворота (500 м) – Плай (1 330 м)	830,0	255 340	85	0,102400	316,44	326,68	336,92	347,16	357,40	367,64	377,88	388,12	398,36	408,60	414,84	
8.	Н. Студений (615 м) – Плай (1 330 м)	715,0	331 340	9	0,012587	337,10	338,36	339,62	340,88	342,13	343,39	344,65	345,91	347,17	348,43	349,20	
Середні значення обчислених максимальних густин снігового покриву за висотними коефіцієнтами, кг/м <sup>3</sup>						313,08	324,78	336,48	348,18	359,87	371,57	383,27	394,97	406,66	418,36	425,50	
Різниця обчислених максимальних густин снігового покриву між суміжними горизонталлями, кг/м <sup>3</sup>						11,78	11,70	11,70	11,70	11,69	11,70	11,70	11,70	11,69	11,70	7,14	
Обчислені максимальні густини снігового покриву за спрощеними формулами, кг/м <sup>3</sup>						313,09	324,79	336,49	348,18	359,88	371,58	383,27	394,97	406,67	418,36	425,50	
Різниця обчислень, м						+0,01	+0,01	+0,01	0,00	+0,01	+0,01	0,00	0,00	+0,01	0,00	0,00	
Різниця обчислень, %						+0,003	+0,003	+0,003	0,000	+0,003	+0,003	0,000	0,000	+0,003	0,000	0,000	

**Таблиця 3а.** Результати обчислень максимальних снігових навантажень на горизонтальну площину з виведенням спрощених формул для території Закарпатської області. Аналіз результатів обчислень

№ п/п	Назва складових максимального снігового навантаження в улоговинах	Висоти горизонталей на топографічних картах, м									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000
1.	Максимальна висота снігового покриву, м, обчислена:										
	а) за висотними коефіцієнтами – чисельник;	0,595	0,743	0,877	1,018	1,161	1,168	1,171	1,174	1,177	1,180
	б) за спрощеними формулами – знаменник.	0,594	0,736	0,877	1,018	1,161	1,166	1,169	1,172	1,175	1,178
2.	Максимальна густина снігу, кг/м <sup>3</sup> , обчислена:										
	а) за висотними коефіцієнтами – чисельник;	135,71	161,29	177,10	192,91	230,52	254,60	266,41	277,99	289,69	301,39
	б) за спрощеними формулами – знаменник.	135,71	161,29	177,10	192,91	230,52	254,60	266,31	278,00	289,70	301,39
3.	Максимальне снігове навантаження, кг/м <sup>2</sup> , обчислене:										
	а) за висотними коефіцієнтами – чисельник;	80,61	119,83	155,31	196,38	267,63	297,37	311,96	326,36	340,96	355,64
	б) за спрощеними формулами – знаменник.	80,61	118,70	155,31	196,38	267,63	297,86	311,31	325,82	340,39	355,03
4.	Максимальне снігове навантаження, Па, обчислене:										
	а) за висотними коефіцієнтами – чисельник;	789,97	1174,33	1522,03	1924,52	2622,77	2914,22	3057,20	3198,32	3341,40	3485,27
	б) за спрощеними формулами – знаменник.	789,97	1163,26	1522,03	1924,52	2622,77	2909,22	3050,83	3193,03	3335,82	3479,29
Різниця обчислень:		0	-11,07	0	0	0	-5,00	-6,37	-5,29	-5,58	-5,98
в Па – чисельник; в % – знаменник.		0	0,94	0	0	0	-0,17	-0,20	-0,16	-0,16	-0,17

**Таблиця 3б.** Результати обчислень максимальних снігових навантажень на горизонтальну площину з виведенням спрощених формул для території Закарпатської області. Аналіз результатів обчислень

№ п/п	Назва складових максимального снігового навантаження	Висоти горизонталей на топографічних картах, м									
		1 100	1 200	1 300	1 400	1 500	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000
1.	Максимальна висота снігового покриву, м, обчислена:										
	а) за висотними коефіцієнтами – чисельник;	1,183	1,186	1,188	1,192	1,195	1,198	1,200	1,203	1,205	1,213
	б) за спрощеними формулами – знаменник.	1,181	1,184	1,187	1,190	1,193	1,196	1,199	1,202	1,205	1,210
2.	Максимальна густина снігу, кг/м <sup>3</sup> , обчислена:										
	а) за висотними коефіцієнтами – чисельник;	313,08	324,78	336,48	348,18	359,87	371,57	383,27	394,97	406,66	425,50
	б) за спрощеними формулами – знаменник.	313,09	324,79	336,49	348,18	359,88	371,58	383,27	394,97	406,67	425,50
3.	Максимальне снігове навантаження, кг/м <sup>2</sup> , обчислене:										
	а) за висотними коефіцієнтами – чисельник;	369,74	384,86	399,73	415,03	430,40	445,51	461,07	476,33	490,02	517,40
	б) за спрощеними формулами – знаменник.	369,75	384,55	399,41	414,33	429,33	444,40	459,54	474,75	490,03	514,86
4.	Максимальне снігове навантаження, Па, обчислене:										
	а) за висотними коефіцієнтами – чисельник;	3623,45	3771,62	3917,35	4067,29	4217,92	4365,99	4518,48	4668,03	4802,19	4956,74
	б) за спрощеними формулами – знаменник.	3616,49	3768,59	3914,21	4060,43	4207,43	4355,12	4503,49	4652,55	4802,29	4952,62
Різниця обчислень:		-6,96	-3,03	-3,14	-6,86	-10,49	-10,87	-14,99	-15,48	+0,100	-24,90
в Па – чисельник; в % – знаменник.		-0,19	-0,08	-0,08	-0,16	-0,24	-0,24	-0,33	-0,33	+0,002	-0,08



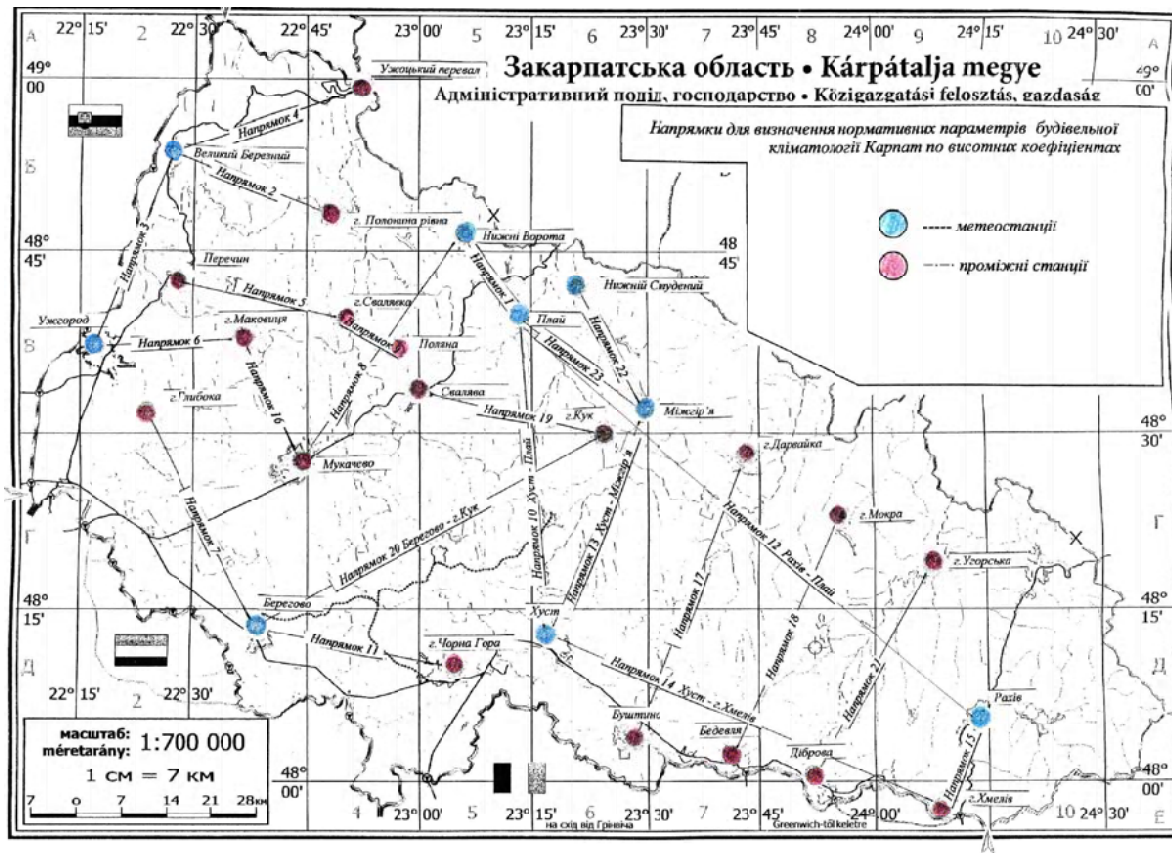


Рисунок 1. Схема напрямків між базовими метеостанціями і перехідними станціями Закарпатської області для визначення нормативних кліматичних параметрів.

$$K_{2\text{сн.,дод.}} = P_{\text{сн.макс.}} - K_{1\text{сн.,дод.}} \cdot H_X, \quad (5)$$

де  $K_{2\text{сн.,дод.}}$  – другий допоміжний коефіцієнт спрощеної формули для максимальних висот снігового покриву і максимальної густини снігу, м, кг/м<sup>3</sup>;

$P_{\text{сн.макс.}}$  – обчислений сніговий параметр (максимальна висота снігового покриву, м, максимальна густина снігу, кг/м<sup>3</sup>) посередині горизонталей інтервалу однозначних сум різниць снігових параметрів (з таблиць 1а, 1б–3);

$K_{1\text{сн.,дод.}}$  – перший додатковий висотний коефіцієнт снігових параметрів (визначений за формулою 4);

$H_X$  – висота станції X над рівнем Балтійського моря, м.

Загальна формула максимальних снігових параметрів на станції X матиме вигляд:

$$P_{\text{макс.сн.,ст.X}} = (P_{\text{сн.макс.}} - K_{1\text{сн.,дод.}} \cdot H_X) + K_{1-2,\text{сн.макс.}} \cdot H_X, \quad (6)$$

де  $P_{\text{макс.сн.,ст.X}}$  – максимальні снігові параметри на станції X, м, кг/м<sup>3</sup>;

$K_{1-2,\text{сн.макс.}}$  – висотний коефіцієнт максимальних снігових параметрів (максимальної висоти снігового покриву, м, максимальної густини снігу, кг/м<sup>3</sup>) між станціями 1–2.

Результати обчислень подані в таблицях 1а, 1б – 3. Виведені спрощені формули подані в таблиці 4.

Аналіз обчислень максимальних снігових навантажень, які обчислені за висотними коефіцієнтами (чисельник) і за спрощеними формулами (знаменник), поданий в таблиці 3. На графіках (рис. 2–4) відображені зміни максимальних параметрів від розміщення станцій над рівнем Балтійського моря.

## Висновки

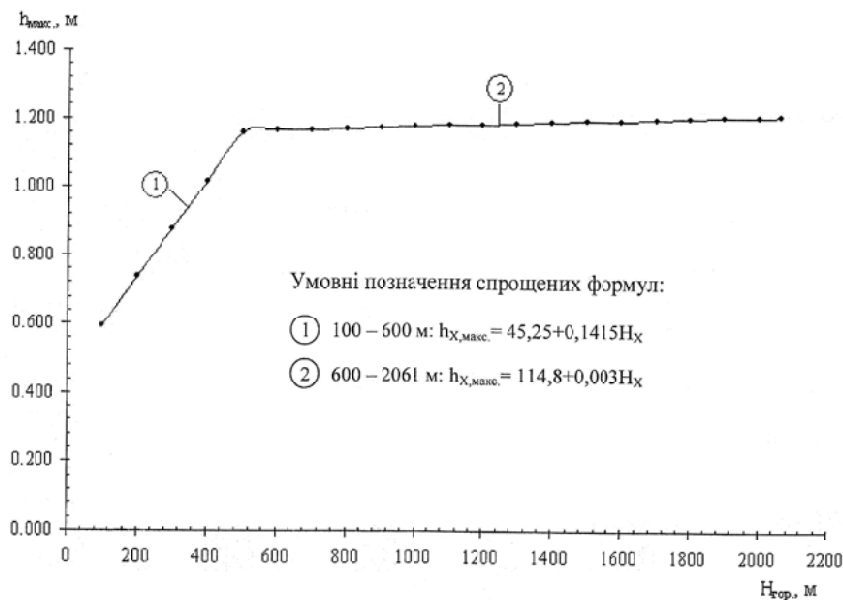
1. Спрощені формули максимальних снігових параметрів подані вперше. Достатньо мати

висоту точки над рівнем Балтійського моря для того, щоб визначити максимальні снігові параметри: висоти снігового покриву, густини снігу, снігове навантаження на горизонтальну площину. Розходження обчислень за методикою висотних коефіцієнтів і спрощеними формулами незначне (0,0–1,0 %).

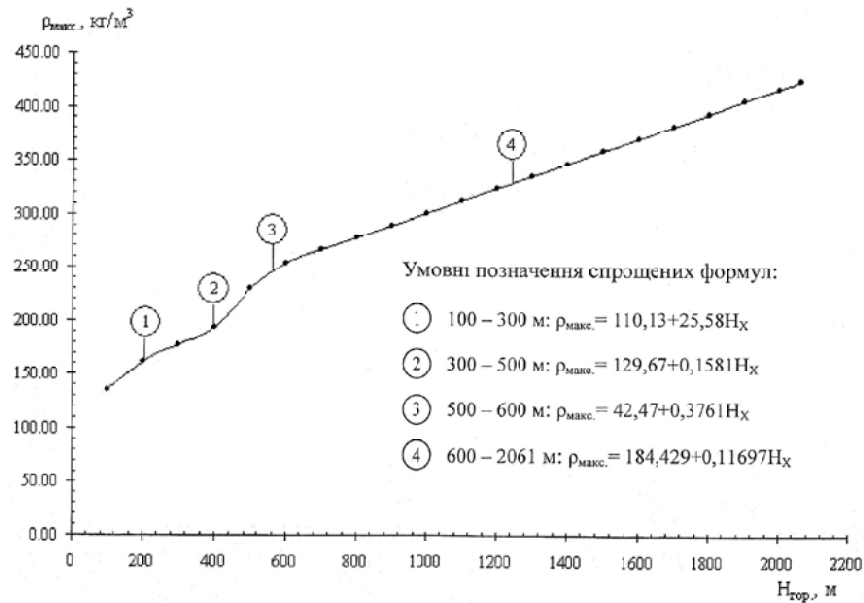
- Дані параметри застосовують для проектування дахів і споруд, лижних баз на гірських територіях, а також для визначення запасів снігу при можливих паводках.
- Подані нормативні максимальні параметри снігу необхідно використати при коригуванні державних будівельних норм для Карпат.

**Таблиця 4.** Зведена таблиця спрощених формул для обчислення максимальних: висот снігового покриву, густини снігу, снігових навантажень на висотах горизонталей топографічних карт Закарпатської області

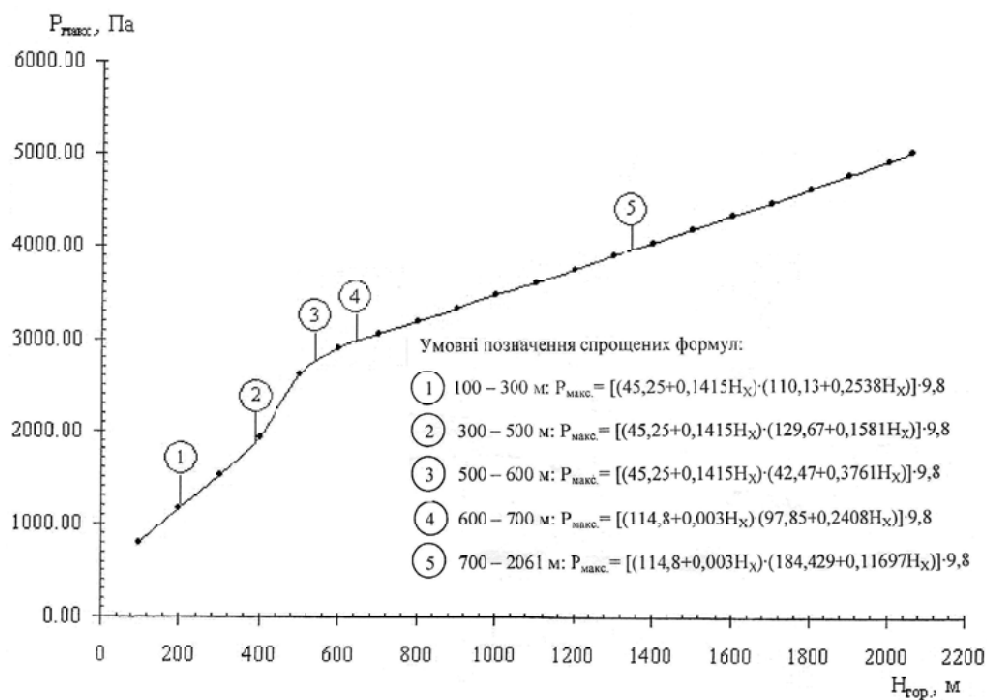
№ п/п	Висоти горизонталей топографічних карт, м	Спрощені формули максимальної висоти снігового покриву	Висоти горизонталей топографічних карт, м	Спрощені формули максимальної густини снігу	Висоти горизонталей топографічних карт, м	Спрощені формули максимальних снігових навантажень
1	2	3	4	5	6	7
1.	100–600	$h_{\text{макс.сн.Х}} = 45,25 + 0,1415H_X$	100–300	$\rho_{\text{макс.сн.Х}} = 110,13 + 0,2558H_X$	100–300	$P_{\text{сн.}} = \left[ \frac{(45,25 + 0,1415H_X) \cdot (110,13 + 0,2538H_X)}{100} \right] \cdot 9,8$
2.	600–2061	$h_{\text{макс.сн.Х}} = 114,8 + 0,003H_X$	300–500	$\rho_{\text{макс.сн.Х}} = 129,67 + 0,1581H_X$	300–500	$P_{\text{сн.}} = \left[ \frac{(45,25 + 0,1415H_X) \cdot (129,67 + 0,1581H_X)}{100} \right] \cdot 9,8$
3.			500–600	$\rho_{\text{макс.сн.Х}} = 42,47 + 0,3761H_X$	500–600	$P_{\text{сн.}} = \left[ \frac{(45,25 + 0,1415H_X) \cdot (42,47 + 0,3761H_X)}{100} \right] \cdot 9,8$
			600–2 061	$\rho_{\text{макс.сн.Х}} = 184,429 + 0,11697H_X$	600–700	$P_{\text{сн.}} = \left[ \frac{(114,8 + 0,003H_X) \cdot (97,85 + 0,2408H_X)}{100} \right] \cdot 9,8$
					700–2 061	$P_{\text{сн.}} = \left[ \frac{(114,8 + 0,003H_X) \cdot (184,429 + 0,11697H_X)}{100} \right] \cdot 9,8$



**Рисунок 2.** Залежність зміни максимальної висоти снігового покриву від висот розташування станцій (горизонталей на топографічних картах) над рівнем Балтійського моря для території Закарпатської області.



**Рисунок 3.** Залежність зміни максимальних густин снігового покриву від висот розташування станцій (горизонталей на топографічних картах) для території Закарпатської області.



**Рисунок 4.** Залежність зміни максимального снігового навантаження від висот розташування станцій (висот горизонталей на топографічних картах) для території Закарпатської області.

## Література

1. Бабиченко, В. Н. Клімат Ужгорода [Текст] / В. Н. Бабиченко. – Л. : Гидрометеоздат, 1991. – 190 с.
2. Бабиченко, В. Н. Продолжительность зимнего сезона на Украине [Текст] / В. Н. Бабиченко, М. И. Щербань // Метеорология, климатология и гидрология. 1974. Вып. 10. С. 84–90.
3. Будыко, М. И. Клімат в прошлом и будущем [Текст] / М. И. Будыко. – Л. : Гидрометеоздат, 1980. – 351 с.
4. Бучинский, И. Е. Клімат Украины [Текст] / И. Е. Бучинский. – Л. : Гидрометеоздат, 1960. – 130 с.
5. Гук, М. І. Клімат Української РСР [Текст] / М. І. Гук, І. К. Половко, Г. Ф. Прихотько. – К. : Радянська школа, 1958. – 72 с.
6. Гук, Я. С. Статистичні розрахунки снігового навантаження на дах за даними спостережень на 9-ти метеостанціях Закарпатської області (1948–2014 роки) [Текст] / Я. С. Гук, І. Ф. Найбауер, Е. Й. Новак // Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції, м. Ужгород, 21–22 травня 2009 року / Ужгородський національний університет. – Ужгород : Карпати, 2009. – С. 119–122.
7. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.0785 ; надано чинності 2007–01–01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 78 с.
8. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [Текст]. – На заміну СНиП 2.01.01-82 і таблиці 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 ; введ. 2011–11–01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
9. Кінаш, Р. І. Методика визначення снігових навантажень в географічно-довготних напрямках для населених пунктів і вершин Українських Карпат в межах Закарпатської області [Текст] / Р. І. Кінаш, Я. С. Гук // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць / Нац. ун-т водн. госп-ва та природокористування ; Акад. буд-ва України ; відп. ред. Є. М. Бабич. – Рівне : НУВГП, 2008. – Вип. 16. Частина 1. – С. 170–178.
10. Кінаш, Р. І. Методика визначення снігових навантажень в географічно-широтних напрямках для населених пунктів і вершин Українських Карпат в межах Закарпатської області [Текст] / Р. І. Кінаш, Я. С. Гук // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Теорія і практика будівництва». 2008. Випуск 627. С. 10–15.
11. Кінаш, Р. І. Методика визначення параметрів будівельної кліматології для населених пунктів, вершин і перевалів Закарпатської області [Текст] / Р. І. Кінаш, Я. С. Гук // Problems of the technical meteorology : 3rd international conference : Lviv, Ukraine, 22–26 May 2006 : proceeding / ed. board:

## References

1. Babichenko, V. N. Climate Uzhgorod. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991. 190 p. (in Russian)
2. Babichenko, V. N.; Shcherban, M. I. Ціттейк Winter season duration in Ukraine. In: *Meteorology, Climatology, and Hydrology*. 1974, Issue 10, pp. 84–90. (in Russian)
3. Budyko, M. I. The climate in the past and the future. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980. 351 p. (in Russian)
4. Buchinskiy, I. E. The climate of Ukraine. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1960. 130 p. (in Russian)
5. Huk, M. I.; Polovko, I. K.; Prihotko, G. F. Climate Ukrainian SSR. Kyiv: Soviet School, 1958. 72 p. (in Ukrainian)
6. Huk, Ya. S.; Naybauer, I. F.; Novak, E. Y. Statistics calculations of snow loads on the roof according to the data of 9 meteorological stations of the Transcarpathian region (1948–2014) In: *Uzhhorod National University. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, Uzhhorod, May 21–22, 2009*. Uzhhorod: Carpathians, 2009, pp. 119–122. (in Ukrainian)
7. DBN V.1.2-2:2006. System reliability and safety of construction projects. Pressures and impacts. Design standards. Kyiv: Ukraine Ministry of Construction, 2006. 78 p. (in Ukrainian)
8. DSTU-N B V.1.1-27:2010. Protection against the dangerous geological processes, harmful operational influences, against the fire. Building climatology. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2011. 123 p. (in Ukrainian)
9. Kinash, R. I.; Huk, Ya. S. Method of definition of snow load in geographical and longitudinal direction for inhabited localities and peaks of Ukrainian Carpathians within the boundaries of Transcarpathian Region. In: *Collections of scientific works «Resource-Intensive Materials, Constructions, Buildings and Structures»*. Rivne: NUWMNRU, 2008. Issue 16, Part 1, pp. 170–178. (in Ukrainian)
10. Kinash, R. I.; Huk, Ya. S. Method of definition of snow load in geographical and latitudinal direction for inhabited localities and peaks of Ukrainian Carpathians within the boundaries of Transcarpathian Region. In: *Mercury of National University «Lviv polytechnic»*. Series «Theory and practice of building», 2008, Issue 627, pp. 10–15. (in Ukrainian)
11. Kinash, R. I.; Huk, J. S. Method for determining parameters of building climatology for Human Currency, peaks and passes of the Transcarpathian region. In: *Problems of the technical meteorology: 3rd international conference: Lviv, Ukraine, 22–26 May 2006: proceeding / ed. board: A. Flaga, Y. V. Horokhov, R. I. Kinasz*. Lviv, 2006, pp. 50–56. (in Ukrainian)
12. Kinash, R. I.; Huk, Ya. S. Zoning of the territory of the Transcarpathian region according to the maximal snow loads. In: *OJSC «V. Shimanovsky UkrRDSteelconstruction». The Build Constructions of Sporting and Spatial Buildings: State-of-the-Art and*

- A. Flaga, Y. V. Horokhov, R. I. Kinasz. – Lviv : [s. n.], 2006. – P. 50–56.
12. Кінаш, Р. І. Районування території Закарпатської області за максимальним сніговим навантаженням [Текст] / Р. І. Кінаш, Я. С. Гук // Будівельні конструкції спортивних та просторових споруд: сьогодення та перспективи розвитку : VI міжнародна науково-технічна конференція, Київ, 6–10 вересня 2010 р. : Тези доп. / УкрНДІпроектсталь-конструкція ім. В. М. Шимановського. – Київ : Сталь, 2010. – С. 246–248.
  13. Кінаш, Р. І. Вплив вітру на додаткове снігове навантаження в Карпатах [Текст] / Р. І. Кінаш, Я. С. Гук // Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та природокористуванні : Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції, 28–30 жовтня 2010 р., Ужгород, Україна / Держ. служба геодез., картогр. та кадастру [та ін.]. – Ужгород, 2010. – С. 97–101.
  14. Кінаш, Р. І. Районування території України за сніговим навантаженням для статистичних розрахунків надійності будівельних конструкцій [Текст] / Р. І. Кінаш, О. М. Бурнаєв // Naukova Conferencia Rzeszowsko-Lwowska / Pod red. Prof. S. Kus. – Rzeszow : Wydawnictwo PRz, 1991. – С. 10–15.
  15. Кінаш, Р. І. Снігове навантаження в Українських Карпатах [Текст] / Р. І. Кінаш, О. М. Бурнаєв. – Львів : Довідник, 1996. – 140 с.
  16. Кінаш, Р. І. Проблеми районування території України за сніговим навантаженням для статистичних розрахунків надійності будівельних конструкцій [Текст] / Р. І. Кінаш, О. М. Бурнаєв, М. М. Шкоропад // Вісник Державного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва. 1996. № 300. С. 14–18.
  17. Kinash, Roman. Technique of Determination the Parameters of snowloads for Towns, peaks and Passes of Carnation region [Текст] / R. I. Kinash, J. S. Huck // Snow Engineering VI, june 1–5, 2008 / Edited by M. O'Rourke. – Canada : ECI, 2008. – P. 121–128.
  18. Кінаш, Р. І. Районування території Закарпатської області за вітровим навантаженням [Текст] / Р. І. Кінаш, Я. С. Гук // Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського. 2010. Вип. 5. С. 117–123.
  19. Кінаш, Р. І. Районування території Закарпатської області за максимальним сніговим навантаженням [Текст] / Р. І. Кінаш, Я. С. Гук // Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського. 2010. Вип. 6. С. 43–52.
  20. Кінаш, Р. І. Застосування коефіцієнта географічної висоти для визначення снігових навантажень у гірських районах Закарпатської області [Текст] / Р. І. Кінаш, Я. С. Гук // Металеві конструкції. 2012. Том 18, № 4. С. 219–226.
  21. Eurocode 1: Actions on Structures [Текст]. Part 1–3: General actions – Snow Loads. – Supersedes ENV Perspectives: VI International Scientific and Technical Conference, Kyiv, 6–10 September, 2010. Kyiv: Steel, 2010, pp. 246–248. (in Ukrainian)
  13. Kinash, R. I.; Huk, Ya. S. The wind influence over the added snow loads in the Carpathians. In: *New technologies in geodesy, land and environmental management: Proceedings of the VI International scientific-practical conference, October 28–30, 2010, Uzhhorod, Ukraine*. Uzhhorod, 2010, pp. 97–1–1. (in Ukrainian)
  14. Kinash, R. I.; Burnaev, O. M. Dividing into districts of lond area of Ukraine under snow load for statistical design of building structural reliability. In: *Naukova Conferencia Rzeszowsko-Lwowska / Pod red. Prof. S. Kus*. Rzeszow: Wydawnictwo PRz, 1991, pp. 10–15. (in Ukrainian)
  15. Kinash, R. I.; Burnaev, O. M. Snow load in Ukrainian Carpathians. Lviv: Handbook, 1996. 140 p. (in Ukrainian)
  16. Kinash, R. I.; Burnaev, O. M.; Shkoropad, M. M. The problems of zoning of the territory of Ukraine according to the snow loads for statistical calculations of building structures durability. In: *Mercury of State University «Lviv polytechnic». Series «Theory and practice of building»*, 1996, No. 300, pp. 14–18. (in Ukrainian)
  17. Kinash, R. I.; Huck, J. S. Technique of Determination the Parameters of snowloads for Towns, peaks and Passes of Carnation region. In: *Snow Engineering VI, june 1–5, 2008 / Edited by M. O'Rourke*. Canada: ECI, 2008, pp. 121–128.
  18. Kinash, R. I.; Huk, Ya. S. Zoning of the territory of the Transcarpathian region according to the wind loads. In: *Proceeding of the V. M. Shimanovsky Ukrainian Research and Design Institute of Steel Construction*, 2010, Issue 5, pp. 117–123. (in Ukrainian)
  19. Kinash, R. I.; Huk, Ya. S. Zoning of the territory of the Transcarpathian region according to the maximal snow loads. In: *Proceeding of the V. M. Shimanovsky Ukrainian Research and Design Institute of Steel Construction*, 2010, Issue 6, pp. 43–52. (in Ukrainian)
  20. Kinash, Roman; Huk, Yaroslav. Application of Factor Geographically Heights for Determining Snow Loads in the Mountainous District Transcarpathian Region. In: *Metal Constructions*, Vol. 18, No. 4, pp. 219–226. (in Ukrainian)
  21. Eurocode 1: Actions on Structures. Part 1–3: General actions – Snow Loads. Supersedes ENV 1991-2-3:1995; July 2003. Brussels: CEN, 2003. 56 p.
  22. ČSN 73 0035. Zatížení stavebních konstrukcí. Zatížení stavebních konstrukcí. Nahrazuje ČSN 73 0035 z 16.4.1976; Účinnost od 1.5.1988. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1986. 172 s.
  23. ISO 2394:1986. General Principles on Reliability for Structures. Geneve: ISO, 1998. 73 p.
  24. 2.12 Snow load. In: *Joint Committee on Structural Safety, JCSS Probabilistic Model Code. Part 2: Load Models*. Zurich: JCSS, 2001, pp. 35–40.

- 1991-2-3:1995 ; July 2003. – Brussels : CEN, 2003. – 56 p.
22. ČSN 73 0035. Zatížení stavebních konstrukcí. Zatížení stavebních konstrukcí [Текст]. – Nahrazuje ČSN 73 0035 z 16.4.1976 ; Účinnost od 1.5.1988. – Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1986. – 172 s.
23. ISO 2394:1986. General Principles on Reliability for Structures [Текст]. – Geneve : ISO, 1998. – 73 p.
24. 2.12 Snow load [Текст] // JCSSL Probabilistic Model Code. Part 2: Load Models / Joint Committee on Structural Safety. – Zurich : JCSSL, 2001. – P. 35–40.
25. Wieringa, J. Representative roughness parameters for homogenous terrain [Текст] / J. Wieringa // Boundary Layer Meteorology. 1993. Vol. 63, No. 4. P. 323–364.

**Гук Ярослав Семёнович** – доцент кафедри городского строительства и хозяйства Ужгородского национального университета. Научные интересы: исследование климатических влияний и нагрузок на строительные материалы и конструкции на территории Карпат, надежность строительных конструкций, метеорологическая климатология.

**Найбауер Иван Фёдорович** – инженер I категории Ужгородского национального университета. Научные интересы: метеорологическая климатология.

**Новак Эльвира Иосифовна** – научный сотрудник Ужгородского национального университета. Научные интересы: метеорологическая климатология.

**Гук Александр Семёнович** – студент-магистрант кафедры городского строительства и хозяйства Ужгородского национального университета. Научные интересы: метеорологическая климатология.

**Гук Ярослав Семенович** – доцент кафедри міського будівництва і господарства Ужгородського національного університету. Наукові інтереси: дослідження кліматичних впливів і навантажень на будівельні матеріали і конструкції на території Карпат, надійність будівельних конструкцій, метеорологічна кліматологія.

**Найбауер Іван Федорович** – інженер категорії Ужгородського національного університету. Наукові інтереси: метеорологічна кліматологія.

**Новак Ельвіра Йосипівна** – науковий співробітник Ужгородського національного університету. Наукові інтереси: метеорологічна кліматологія.

**Гук Олександр Семенович** – студент-магістрант кафедри міського будівництва і господарства Ужгородського національного університету. Наукові інтереси: метеорологічна кліматологія.

**Huk Yaroslav** – Ph.D. (Engineering), Associate Professor; Municipal Engineering and Economy Department, Uzhgorod National University. Scientific interests: research and climatic influences load of building materials and construction on the territory of the Ukrainian Carpathians, Reliability of building structures, Meteorology Climatology.

**Naybauer Ivan** – other category I of Uzhgorod National University. Scientific interests: meteorological climatology.

**Novak Elvira** – Research associate of Uzhgorod National University. Scientific interests: meteorological climatology.

**Huk Aleksandr** – student is the master of the department «Urban construction and economy» Uzhgorod National University. Scientific interests: meteorological climatology.