

## ЗАСТОСУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГЕОГРАФІЧНОЇ ВИСОТИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІТРОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ У ГІРСЬКИХ РАЙОНАХ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ <sup>1</sup>

© Кінаш Р.І., Гук Я.С., 2013

Подано методику та результати обчислення коефіцієнта географічної висоти для визначення вітрового навантаження  $C_{alt}$  за даними 9-ти метеостанцій Закарпатської області. За ДБН В.1.2-2:2006 коефіцієнт географічної висоти застосовують для обчислення вітрового тиску при розміщенні будівельного об'єкта: на висоті до 0.5 км він дорівнює 1, на висоті більше ніж 0.5 км – визначається за формулою  $C_{alt} = 4H - 1$ . За допомогою запропонованої методики за 23-а напрямками та висотно-вітрові коефіцієнти, а також даних метеоспостережень у 1955–2005 рр. обчислено коефіцієнти географічної висоти для визначення вітрових навантажень у липні та січні для кожного населеного пункту, вершин і перевалів для Закарпатської області Українських Карпат.

**Ключові слова:** вітрове навантаження, коефіцієнт географічної висоти, будівельні конструкції, Закарпатська область, метеостанція, гірський район.

The paper presents methods and results of computation of the geographical height to determine wind load  $C_{alt}$  according to 9 weather stations Transcarpathian region. For DBN V.1.2-2: 2006 geographical factor is used to calculate the height of wind pressure when placing building project: at an altitude of 0.5 km it is 1, at an altitude of more than 0.5 km – given by  $C_{alt} = 4H - 1$ . With the proposed method for the 23rd areas and high altitude wind factors and meteorological data in the years 1955-2005 calculated coefficients geographical height to determine wind loads in July and January of each settlement, peaks and passes to Transcarpathia Ukrainian Carpathians.

**Keywords –** wind load, the coefficient of geographical altitude, constructions, Transcarpathian region, weather station, mountainous region.

### Вступ

Вплив вітру, який враховують у розрахунках будівельних конструкцій, визначають за такими взаємозалежними величинами: швидкості вітру, яка залежить від кліматичних умов, а також від типу місцевості та від висоти над нею; від зовнішньої форми будівлі, тобто від архітектурного та конструктивного вирішення, а також від динамічних властивостей, які з цього випливають. Кожна з наведених величин є мінливою випадковою, яка залежить від багатьох чинників. Крім того, характеристичні та розрахункові навантаження залежать від прийняття критеріїв надійності конструкцій.

Вітрове навантаження як основний вид впливу, якого не можна уникнути, порівняно з іншими видами вітрових впливів, таких як: збурення вихорів, флатер або галопування – якими можна запобігти – подають у вигляді однієї із загальних залежностей характеристичної величини, наприклад, як навантаження, яке діє на одиницю поверхні.

Регіон Українських Карпат охоплює майже 4% території України. Він розташований практично в географічному центрі Європи. Проте будівництво в районі Карпат, як і взагалі в

<sup>1</sup> Робота виконана в рамках статутних досліджень AGH Науково-технічного університету в Кракові (Польща) № 11.11.100.197

гірських районах, має свою специфіку, пов'язану з підвищеним рівнем сейсмічних, вітрових, снігових навантажень на будівлі та споруди, можливістю повеней, брудно-кам'яних потоків, геологічних зсувів, лавин тощо.

Тому виникла необхідність у детальному дослідженні та точному визначенні параметрів вітрових навантажень для Закарпатської області, 80 % якої становлять гірські території, за методикою напрямків із застосуванням висотних, висотно-логіфімічних, широтних і довготних коефіцієнтів, і перевіркою їх за методикою барометричного нівелювання.

### Методика визначення коефіцієнта географічної висоти

Згідно з ДБН В.1.2-2:2006 експлуатаційне розрахункове значення вітрового навантаження,  $W_e$ , [4] визначають за формулою:

$$W_e = g_{fe} \cdot W_o \cdot C, \quad (1)$$

де  $g_{fe}$  – коефіцієнт надійності за експлуатаційним розрахунковим значенням вітрового навантаження;  $W_o$  – характеристичне значення вітрового тиску, Па;  $C$  – загальний коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$C = C_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d, \quad (2)$$

де  $C_{aer}$  – аеродинамічний коефіцієнт;  $C_h$  – коефіцієнт висоти споруд;  $C_{alt}$  – коефіцієнт географічної висоти;  $C_{rel}$  – коефіцієнт рельєфу;  $C_{dir}$  – коефіцієнт напрямку;  $C_d$  – коефіцієнт динамічності.

Характеристичне значення вітрового тиску  $W_o$  дорівнює середній (статичній) складовій тиску вітру на висоті 10 м над поверхнею землі, який може бути перевищений у середньому один раз на 50 років.

Характеристичне значення вітрового тиску  $W_o$  визначається залежно від вітрового району по карті або за додатком Е [4].

У необхідних випадках  $W_o$  допускається визначати шляхом статистичного оброблення результатів строкових вимірювань швидкості вітру.

Коефіцієнт географічної висоти,  $C_{alt}$ , вітрового тиску враховує висоту  $H$  (км) розміщення будівельного об'єкта над рівнем Балтійського моря і обчислюється за формулами:

$$C_{alt} = 4H - 1 \quad (H > 0.5 \text{ км}), \quad (3)$$

$$C_{alt} = 1 \quad (H < 0.5 \text{ км}). \quad (4)$$

Формули (3, 4) використовуються для об'єктів, які розташовані в гірській місцевості і дають орієнтовне значення в запас надійності. За наявності результатів метеорологічних спостережень характеристичне значення вітрового навантаження обчислюється шляхом статистичного оброблення результатів строкових замірів швидкостей вітру і при цьому  $C_{alt}$  приймають за 1.

Коефіцієнт  $C_{alt}$  обчислено для 9-ти метеостанцій Закарпатської області [1–3] використовуючи базову метеостанцію Берегово, найнижче розташовану над рівнем Балтійського моря (висота – 113 м).

Для розрахунку фактичних значень коефіцієнта  $C_{alt}$  використано обчислені за даними спостереження у 1955-2005 роках на метеостанціях максимальні вітрові навантаження в липні та січні і формула:

$$C_{alt} = \frac{W_{o,ст.X}}{W_{o,ст.Берегово}}, \quad (5)$$

де  $W_{o,ст.X}$  – обчислені максимальні вітрові навантаження в липні і січні на метеостанції  $X$ , Па;  $W_{o,ст.Берегово}$  – обчислені максимальні вітрові навантаження в липні і січні на базовій, найнижче розміщеній за висотою над рівнем Балтійського моря, ст.Берегово, Па.

Згідно з формулою (4) для шести метеостанцій: В.Березний, Міжгір'я, Н.Ворота, Рахів, Ужгород, Хуст, які розташовані вище і не більше 0.5 км від ст.Берегово, коефіцієнт  $C_{alt} = 1$ . Згідно з формулою (5) коефіцієнт  $C_{alt}$  для метеостанції Плай дорівнює 4.08, для метеостанції Н.Студений – 1.008, відповідно  $\Delta H_{Плай} = 1.27$  км,  $\Delta H_{Н.Студений} = 0.502$  км.

### Результати обчислення коефіцієнта географічної висоти та вітрового навантаження

Результати обчислення коефіцієнта географічної висоти,  $C_{alt}$ , за ДБН В.1.2-2:2006 і даними спостережень за вітровими навантаженнями у 1955–2005 рр. на 9-ти метеостанціях Закарпатської області наведено в табл.1.

Таблиця 1

### Результати обчислення коефіцієнта географічної висоти, $C_{alt}$ , за ДБН В.1.2-2:2006 і даними спостережень за вітровими навантаженнями у 1955–2005 рр. на 9-ти метеостанціях Закарпатської області

№ з/п	Назва метеостанції	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот між ст. Берегово та іншими метеостанціями, м	$C_{alt} = 4H - 1$	Максимальне вітрове навантаження в липні за даними спостережень у 1955–2005 рр., Па	Максимальне вітрове навантаження в січні за даними спостережень у 1955–2005 рр., Па	$C_{alt}$ в липні	$C_{alt}$ в січні
1.	Берегово	113	–	1	350	240	1	1
2.	В.Березний	209	96	1	380	240	1.08	1
3.	Міжгір'я	456	343	1	740	320	2.11	1.33
4.	Н.Студений	615	502	1.008	200	320	0.57	1.33
5.	Н.Ворота	500	387	1	270	240	0.77	1
6.	Рахів	438	325	1	550	240	1.57	1
7.	Ужгород	114.6	1.6	1	410	320	1.17	1
8.	Хуст	166	53	1	240	240	0.68	1
9.	Плай	1330	1270	4.08	970	970	2.77	4.04

Графіки зміни коефіцієнта географічної висоти  $C_{alt}$ , обчисленого за формулами ДБН В.1.2-2:2006 та формули (5), а також обчисленими за максимальними вітровими навантаженнями на метеостанціях за спостереженнями у 1955–2005 рр, наведено на рис. 1.

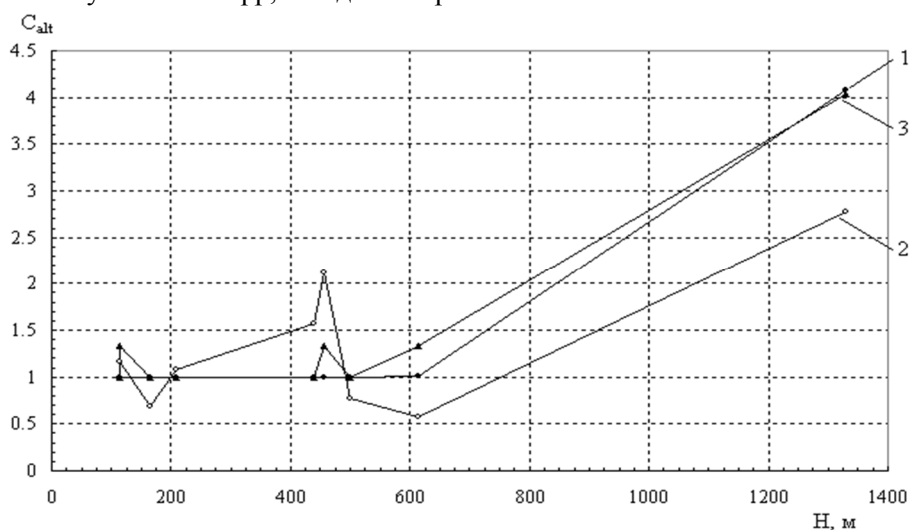


Рис. 1. Залежність зміни коефіцієнта географічної висоти  $C_{alt}$  від розміщення метеостанцій Закарпатської області над рівнем Балтійського моря: 1 – коефіцієнт  $C_{alt}$ , обчислений за формулами ДБН В.1.2-2:2006:

$C_{alt} = 4H - 1$  ( $H > 0.5$  км),  $C_{alt} = 1$  ( $H < 0.5$  км); 2 – коефіцієнт  $C_{alt}$ , обчислений за результатами спостережень у липні за формулою (5); 3 – коефіцієнт  $C_{alt}$ , обчислений за результатами спостережень у січні за формулою (5)

У табл. 2 наведені результати порівняння значень середньої складової вітрового тиску,  $W_o$ , обчислених за спостереженнями у 1955–2005 рр. на 9-ти метеостанціях Закарпатської області з нормами СНиП 2.01.07-85 [5] і ДБН В.1.2-2:2006 [4].

За даними табл. 2 побудовані графіки (рис. 2) зміни середньої складової вітрового тиску,  $W_o$ , за результатами спостережень у 1955–2005 роках та нормами СНиП 2.01.07-85 і ДБН В.1.2-2:2006 залежно від висоти розташування 9-ти метеостанцій Закарпатської області над рівнем Балтійського моря.

**Результати порівняння значень середньої складової вітрового тиску,  $W_0$ , обчислених за спостереженнями на 9-ти метеостанціях Закарпатської області у 1955–2005 рр. та нормами СНиП 2.01.07-85 і ДБН В.1.2-2:2006**

№ з/п	Назва метеостанцій	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Середня складова максимального вітрового тиску, $W_0$ , Па				Відмінності середньої складової максимального вітрового тиску, $W_0$ , за спостереженнями на метеостанціях у 1955–2005 рр. від нормативних даних (чисельник в абсолютних величинах, знаменник – у відсотках)			
			за СНиП 2.01.07-85	за ДБН В.1.2-2:2006	за спостереженнями на метеостанціях в 1955–2005 рр.		СНиП 2.01.07-85 (літні)	СНиП 2.01.07-85 (зимові)	ДБН В.1.2-2:2006 (літні)	ДБН В.1.2-2:2006 (зимові)
					літні	зимові				
1.	Берегово	113	480	400	350	240	-130 / -27.1	-240 / -50.0	-50 / -12.5	-160 / -40.0
2.	В.Березний	209	480	450	380	240	-100 / -20.8	-240 / -50.0	-70 / -15.6	-210 / -46.7
3.	Міжгір'я	456	480	450	740	320	+260 / +54.2	-160 / -33.3	+290 / +64.4	-130 / -28.9
4.	Н.Студений	615	480	450	200	320	-280 / -58.33	-160 / -33.3	-250 / -55.6	-130 / -28.9
5.	Н.Ворога	500	480	450	270	240	-210 / -43.7	-240 / -50.0	-180 / -40.0	-210 / -46.7
6.	Рахів	438	480	450	550	240	+70 / +14.6	-240 / -50.0	+100 / +22.2	-210 / -46.7
7.	Ужгород	114.6	480	400	410	320	-70 / -14.6	-160 / -33.3	+10 / +2.5	-80 / -20.0
8.	Хуст	166	480	400	240	240	-240 / -50.0	-240 / -50.0	-160 / -40.0	-160 / -40.0
9.	Плай	1330	480	450	970	970	+490 / +102.1	+490 / +102.1	+520 / +115.0	+520 / +115.0

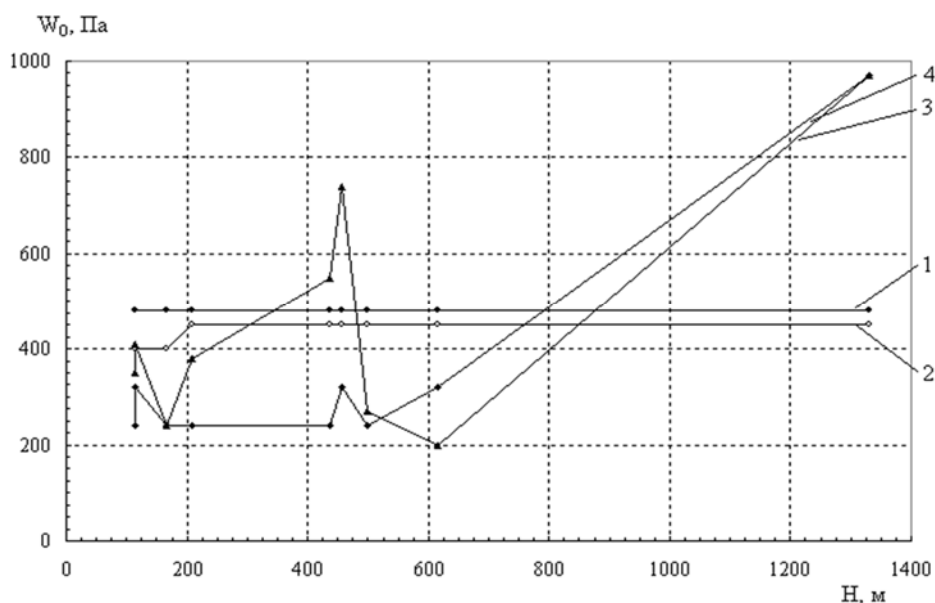


Рис. 2. Залежність зміни середньої складової максимального вітрового тиску,  $W_0$ , за СНиП 2.01.07-85, ДБН В.1.2-2:2006 і даними спостережень у 1955–2005 рр. на 9-ти метеостанціях Закарпатської області від висоти розміщення метеостанції над рівнем Балтійського моря:

1 – за СНиП 2.01.07-85; 2 – за ДБН В.1.2-2:2006;

3 – за спостереженнями на метеостанціях у 1955–2005 рр. (літні);

4 – за спостереженнями на метеостанціях у 1955–2005 рр. (зимові)

Характеристичне значення вітрового тиску,  $W_0$ , нормоване СНиП 2.01.07-85 для Закарпатської області – 480 Па. Порівняно із обробленими статистичними даними на 9-ти метеостанціях за спостереженнями у 1955–2005 рр. у липні: для шести метеостанцій фактичні значення максимального вітрового тиску  $W_0$  завищені в межах від 14.6 % до 58.3 %; для трьох метеостанцій

$W_o$  занижені в межах від 14.6 % до 102.1 %; у січні: – для восьми метеостанцій  $W_o$  завищені в межах від 33.3 % до 50.0 %, – для метеостанції Плай  $W_o$  занижені на 102.1 %.

Характеристичне значення вітрового тиску,  $W_o$ , нормоване ДБН В.1.2-2:2006 для низинних районів Закарпатської області, становить 400 Па (1-й район), для гірських районів – 450 Па (2-й район). Порівняно із одержаними статистичними даними на 9-ти метеостанціях Закарпатської області за спостереженнями у 1955–2005 рр. у липні:

– для п'яти метеостанцій фактичні значення максимального вітрового тиску  $W_o$  завищені в межах від 12.5 % до 55.6 %;

– для чотирьох метеостанцій  $W_o$  занижені в межах від 2.5 % до 115 %;

у січні:

– для восьми метеостанцій фактичні значення  $W_o$  завищені в межах від 20 % до 46.7 %;

– для метеостанцій Плай фактичні значення  $W_o$  занижені до 115 %.

### Висновки

1. Коефіцієнт географічної висоти  $C_{alt}$  для визначення вітрового навантаження у Закарпатській області, обчислений за формулами ДБН В.1.2-2:2006, не завжди відповідає фактичним значенням, які було одержано на основі дослідження даних метеоспостережень у 1955–2005 рр. на 9-ти метеостанціях.

2. Значення коефіцієнта  $C_{alt}$ , наведене у ДБН В.1.2-2:2006, збігається зі значенням, одержаним за даними метеоспостережень у січні на 5-ти метеостанціях, для 3-х метеостанцій воно занижене, для метеостанції Плай – менше від нормативного на 0.04, а порівняно з літнім періодом на 3-х метеостанціях воно вище за 1.

3. Використовуючи запропоновану у [1, 2] методику за 23-а напрямками та висотно-вітрові коефіцієнти, а також дані метеоспостережень у 1955–2005 рр., обчислено коефіцієнти географічної висоти для визначення вітрових навантажень у липні та січні для кожного населеного пункту, вершин і перевалів для Закарпатської області Українських Карпат.

4. Для точного визначення вітрового навантаження у гірських районах необхідно використовувати матеріали багаторічних метеоспостережень за швидкістю вітру на метеостанціях даного регіону та запропоновану методику.

1. Кінаш Р.І., Гук Я.С. Методика розрахунку параметрів вітру для населених пунктів Закарпатської області, вершин і перевалів Карпат / Р.І. Кінаш, Я.С. Гук. – Макіївка // *Металеві конструкції*. – 2006. – № 3. – С.209–216. 2. Кінаш Р.І. Методика визначення параметрів будівельної кліматології для населених пунктів, вершин і перевалів Закарпатської області / Р.І. Кінаш, Я.С. Гук. – Львів: *Problems of the Technical Meteorology*, 22–26 мая, 2006. – 2006. – Р.50–56. 3. Kinash R. *Technique of Determination the Parameters of snowloads for Towns, peaks and Passes of Carnation region* / R.I. Kinash, J.S. Huck. – Canada: *Snow Engineering VI*, June 1–5, 2008. – P.121–128. 4. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи – К.: Мінбуд України, 2006. (З урахуванням Зміни 1 введеної від 1 жовтня 2007 р.). – К.: Мінбуд України, 2006. – 78 с. 5. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 2009. – 36 с. 6. Кінаш Р.І., Гук Я.С. Дослідження параметрів кліматичних навантажень і впливів для гірських районів Закарпаття України // *Металеві конструкції*. – Том 17. – 2008. – №4 (2008). – С. 36–42. 7. Кінаш Р.І., Бурнаєв О.М. Вітрове навантаження і вітроенергетичні ресурси в Україні. – Львів, Видавництво науково-технічної літератури. – 2006. – 1152 с. 8. Кінаш Р.І. Застосування коефіцієнта географічної висоти для визначення снігових навантажень у гірських районах Закарпатської області Р.І. Кінаш, Я.С. Гук // *Металеві конструкції*. – Макіївка: Вид. УАМК, 2012. – Т. 18. – № 4. – С. 219–226.