

Я.С. Гук, к.т.н., доцент  
Ужгородський національний університет

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТ ГОРИЗОНТАЛЕЙ НА ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТАХ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ, ЩО ВІДПОВІДАЮТЬ МАКСИМАЛЬНИМ ЗИМОВИМ І ЛІТНІМ ВІТРОВИМ ТИСКАМ

*Запропонованою методикою обчислені зимові і літні максимальні вітрові швидкості і тиски, що відповідають висотам горизонталей на топографічних картах Закарпатської області.*

**Ключові слова:** зимові і літні максимальні швидкості вітру, зимові і літні максимальні вітрові тиски, метеостанції, перехідні станції, напрямки, висотні коефіцієнти, висоти горизонталей на топографічних картах, районування території за максимальним вітровим тиском.

Я.С. Гук, к.т.н., доцент  
Ужгородский национальный университет

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТ ГОРИЗОНТАЛЕЙ НА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ ЗАКАРПАТСКОЙ ОБЛАСТИ, КОТОРЫЕ СООТВЕТСТВУЮТ МАКСИМАЛЬНЫМ ЗИМНИМ И ЛЕТНИМ ВЕТРОВЫМ ДАВЛЕНИЯМ

*Предложенной методикой определены зимние и летние максимальные ветровые скорости и давления, что соответствуют высотам горизонталей на топографических картах Закарпатской области.*

**Ключевые слова:** зимние и летние максимальные скорости ветра, зимние и летние максимальные ветровые давления, метеостанции, переходные станции, направления, высотные коэффициенты, высоты горизонталей на топографических картах, районирование территории за максимальным ветровым давлением.

Y. Huk, PhD, Associate Professor  
Uzhgorod National University

## METHOD OF DETERMINING HORIZONTAL HEIGHTS ON TOPOGRAPHIC MAPS OF TRANSCARPATHIAN REGION, CORRESPONDING TO THE MAXIMUM WINTER AND SUMMER WIND PRESSURE

*Winter and summer maximum wind pressures were computed corresponding to height contour lines on topographic maps of Transcarpathian region by provided technique.*

**Keywords:** winter and summer maximum wind speed, winter and summer maximum wind pressure, weather stations, transitional station areas for high ratios of height contours on topographic maps, zoning of the maximum wind pressure.

**Вступ.** Зимові (в січні) та літні (в липні) максимальні швидкості вітру детально вивчені за 125 річними спостереженнями (1899-2014рр.) на 9 метеостанціях Закарпатської області, але являються недостатніми для застосування їх у розрахунках висотних споруд і будівель в населених пунктах, на перевалах і вершинах Українських Карпат.

**Аналіз попередніх досліджень.** Висоти горизонталей на топографічних картах Закарпатської області, що відповідають максимальним зимовим і літнім вітровим тискам, детально не визначались.

Постановка мети і задач досліджень. Для обчислення максимальних швидкостей вітру за січень (зимові) та липень (літні), які зафіксовані на 9 метеостанціях Закарпатської протягом 125 річного періоду спостережень (1899–2014 рр.) слід врахувати додатково особливості рельєфу, тобто нерівності земної поверхні.

Нерівності приводять до поривів вітру і залежать від висоти над поверхнею землі, що особливо характерно для Карпат.

Коефіцієнт поривів,  $K$ , [1] показує логарифмічну величину поривів вітру від висоти метеостанцій над рівнем Балтійського моря і визначається за формулою

$$K^2 = \frac{k}{\ln \frac{Z_{ref}}{Z_0}}, \quad (1)$$

де  $k$  – константа Кармана ( $k = 0,4$ );

$Z_{ref}$  – відносна висота, висота заміру швидкості вітру ( $Z_{ref} = 10$  м, висота флюгеля);

$Z_0$  – розмір (глибина) нерівностей (0,003 для рельєфу Закарпаття) або з врахуванням широти розміщення метеостанції:

$$V(Z)_{обч.} = V(Z)_{вим.} + 5,75 \cdot b \cdot \sin \varphi, \quad (2)$$

де:  $V(Z)_{обч.}$  – обчислена максимальна швидкість вітру на метеостанціях (в січні та липні), м/с;

$V(Z)_{вим.}$  – виміряна максимальна швидкість вітру на метеостанціях на висоті флюгера 10 м (зимових і літніх), м/с;

$b$  – коефіцієнт нерівностей рельєфу (для території Закарпатської області  $b=0,17667336$ );

$\varphi$  – широта розташування метеостанції, градуси, мінути.

В таблиці 1 наведені географічні координати, висоти над рівнем Балтійського моря, виміряні і обчислені максимальні швидкості вітру і відповідні вітрові тиски для 9 метеостанцій Закарпатської області (за січень і липень).

Максимальний вітровий тиск (зимовий, літній) обчислено за формулою:

$$P_{з.,л.} = 0,61 \cdot V_{з.,л.}^2, \quad (3)$$

де  $P_{з.,л.}$  – максимальний вітровий тиск (зимовий, літній). КПа;

$V_{з.,л.}^2$  – квадрат максимальної швидкості вітру (зимовий, літній).

Для обчислення висот горизонталей на топографічних картах, що відповідають заданим вітровим тискам (зимовим і літнім), використані три напрямки між найнижчими за висотою над рівнем Балтійського моря метеостанціями [2-7]: Берегово – 113м, Ужгород – 114,6м, В.Березний – 209м та найвищою метеостанцією – Плай – 1330м:

Берегово – 113м (1) – Плай – 1330м (2);

Ужгород – 114,6м (1) – Плай – 1330м (2);

В.Березний – 209м (1) – Плай – 1330м (2).

Таблиця 1. Географічні координати, висоти над рівнем Балтійського моря, результати вимірювань та обчислених максимальних зимових і літніх швидкостей вітру та вітрових тисків для 9 метеостанцій Закарпатської області за 125 річними спостереженнями (1889-2014рр.)

№ п/п	Назва метеостанцій	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Географічні координати		Максимальні швидкості вітру, виміряні, м/с		Максимальні швидкості вітру, обчислені, м/с	
			широта, ° , '	довгота, ° , '	літні	зимові	літні	зимові
1.	Берегово	113,0	48° 13'	22° 36'	24 0,35	20 0,24	24,758	20,758
2.	Ужгород	114,6	48 06	22 30	26 0,41	24 0,35	26,762	24,762
3.	Хусг	166,0	48 01	23 17	20 0,24	20 0,24	20,757	20,757
4.	В.Березний	209,0	48 09	22 50	25 0,38	20 0,24	25,765	20,765
5.	Рахів	438,0	48 00	24 02	30 0,55	20 0,24	30,756	20,756
6.	Міжгір'я	456,0	48 17	23 38	35 0,75	24 0,35	35,761	24,761
7.	Н.Ворота	500,0	48 51	22 49	21 0,27	20 0,24	21,764	20,764
8.	Н.Студений	615,0	48 39	23 30	18 0,20	24 0,35	18,763	24,763
9.	Плай	1330,0	48 35	22 52	40 0,98	40 0,98	40,763	40,763

Обчислення висот горизонталей на топографічних картах Закарпатської області за заданими літніми та зимовими вітровими тисками 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,35 КПа, проведено за формулою:

$$H_{X, вис.гор.} = \frac{(P_{з.,л.,X} - P_{з.,л.,1})(H_2 - H_1)}{(P_{з.,л.,2} - P_{з.,л.,1})} + H_1, \quad (4)$$

де  $H_{X, вис.гор.}$  – висоти горизонталей на топографічних картах, що відповідають відповідним заданим зимовим і літнім вітровим тискам, м;

$P_{з.,л.,X}$  – заданий вітровий тиск (зимовий, літній), для якого визначається висота горизонталей на топографічній карті, КПа,;

$P_{з.,л.,1}$  – зимовий, літній вітрові тиски на станції 1 напрямку 1-2, КПа;

$P_{з.,л.,2}$  – зимовий, літній вітрові тиски на станції 2 напрямку 1-2, КПа;

$H_1, H_2$  – висоти над рівнем Балтійського моря на станціях 1, 2 напрямку 1-2, м.

Порівняння результатів обчислень [8-14] проведено за формулами:

$$P_{X,з.,л.} = P_{1,з.,л.} + K_{з.,л.}(H_X - H_1), \quad (5)$$

$$K_{з.,л.} = \frac{P_{2,з.,л.} - P_{1,з.,л.}}{H_2 - H_1}, \quad (6)$$

де  $P_{X,з.,л.}$  – максимальний вітровий тиск (зимовий, літній) на висоті горизонталі  $H_X$ , КПа;

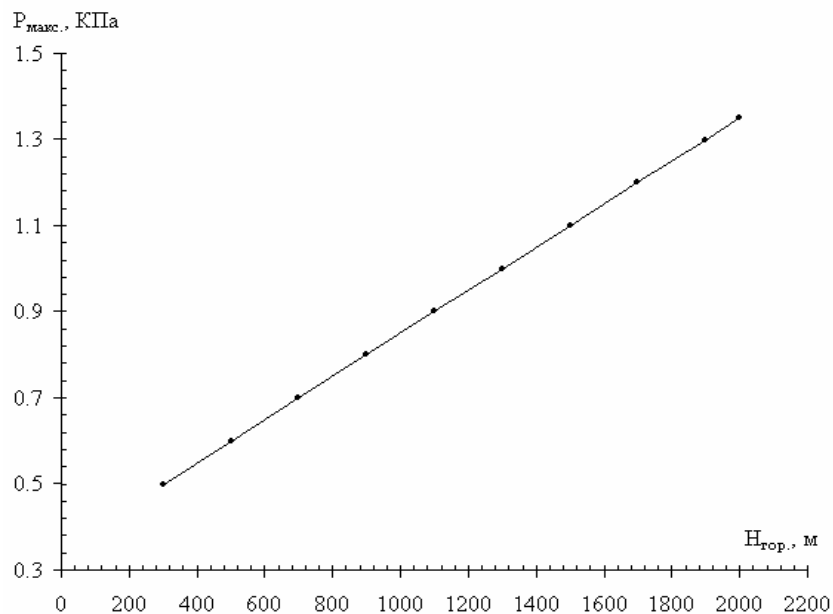
$P_{1,з.,л.}$  – максимальний вітровий тиск (зимовий, літній) на станції 1 напрямку 1-2, КПа;

$H_X, H_1, H_2$  – висоти над рівнем Балтійського моря на відповідній висоті горизонталі  $X$ , станціях 1, 2 напрямку 1-2, м;

$K_{з.,л.}$  – висотний коефіцієнт вітрового тиску (зимового, літнього) між станціями 1, 2 напрямку 1-2, КПа/м.

**Результати досліджень.** Результати досліджень висот горизонталей на топографічних картах, що відповідають максимальним зимовим і літнім вітровим тискам наведені в таблицях 2-5. Розходження обчислень складають від 0 до 5.9%, що допустимо при складному гірському рельєфі.

На рис.1 і 2 відображена залежність зміни висот горизонталей від зміни літніх і зимових максимальних вітрових тисків.



**Рис. 1. Залежність зміни максимального літнього вітрового тиску від висот горизонталей на топографічних картах**

**Таблиця 2. Результати обчислень висот горизонталей на топографічних картах, що відповідають заданим максимальним літнім вітровим тискам для території Закарпатської області**

№ п/п	Назва напрямків, висота станцій над рівнем Балтійського моря, м	Різнниця висот, м	Обчислений максимальний тиск вітру в липні, КПа	Різниця максимальних тисків у липні, КПа	Заданий максимальний літній тиск, КПа										
					Відповідна висота горизонталей на топографічних картах, м										
					0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,35	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1.	Берегово – 113м (1) – Плай – 1330м (2)	1217,0	0,373904	0,638685	352,00	543,14	733,39	923,64	1113,89	1304,14	1494,39	1684,64	1874,89	1970,02	
			1,013589												
2.	Ужгород – 114,6м (1) – Плай – 1300м (2)	1215,4	0,436884	0,576705	247,63	458,42	669,20	879,98	1090,77	1301,55	1512,34	1723,12	1933,90	2039,20	
			1,013589												
3.	В.Березний – 209м (1) – Плай – 1330м (2)	1121,0	0,404939	0,608650	384,08	568,25	752,43	936,61	1120,79	1304,97	1489,15	1673,32	1857,50	1949,59	
			1,013589												
Обчислені висоти горизонталей, м					317,90	513,30	708,30	903,40	1098,50	1293,50	1488,60	1683,70	1878,80	1976,30	
Прийняті нормативні висоти горизонталей, м					300	500	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	2000	
Різниця прийнятих нормативних висот горизонталей від обчислених, %					-5,9	-2,6	-1,1	-0,3	+0,1	+0,5	+0,8	+1,0	+1,9	+1,2	

**Таблиця 3. Результати обчислення максимальних літніх вітрових тисків, що відповідають заданим висотам горизонталей на топографічних картах Закарпатської області**

№ п/п	Назва напрямків, висота станцій над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Обчислений максимальний тиск вітру в липні, КПа	Різниця максимальних тисків у липні, КПа	Висотний коефіцієнт максимального літнього тиску вітру, КПа/м	Висоти горизонталей на топокартах, м									
						300	500	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	2000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.	Берегово – 113м (1) Плай – 1330м (2)	1217,0	0,373904	0,638685	0,00052562	0,472	0,577	0,682	0,788	0,893	0,998	1,103	1,208	1,313	1,366
			1,013589			0,524	0,620	0,715	0,809	0,904	0,999	1,094	1,189	1,284	1,331
2.	Ужгород – 114,6м (1) – Плай – 1300м (2)	1215,4	0,436884	0,576705	0,00047442	0,454	0,563	0,672	0,780	0,888	0,997	1,106	1,214	1,323	1,377
			1,013589			0,524	0,620	0,715	0,809	0,904	0,999	1,094	1,189	1,284	1,331
3.	В.Березний – 209м (1) – Плай – 1330м (2)	1121,0	0,404939	0,608650	0,00054295	0,483	0,587	0,690	0,790	0,895	0,998	1,100	1,200	1,306	1,358
			1,013589			0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,35
Обчислені максимальні літні вітрові тиски, КПа						0,483	0,587	0,690	0,790	0,895	0,998	1,100	1,200	1,306	1,358
Прийняті нормативні максимальні літні вітрові тиски, КПа						0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,35
Різниця прийнятих нормативних максимальних літніх вітрових тисків від обчислених, КПа						+3,3	+2,2	+1,5	+0,9	+0,5	+0,2	–	–	-0,5	-0,4

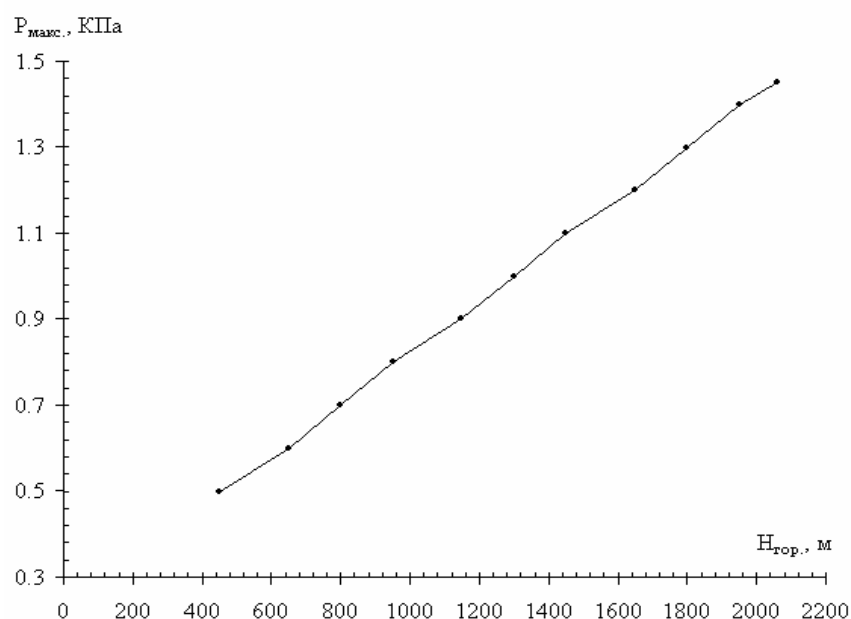
**Таблиця 4. Результати обчислення висот горизонталей на топографічних картах, що відповідають заданим максимальним зимовим вітровим тискам, для території Закарпатської області**

№ п/п	Назва напрямків, висота станції над рівнем Балтійського моря, м	Різна-ця висот, м	Обчис-лені макси-мальні зимові вітрові тиски, КПа	Різнаця макси-мальних зимових вітрових тисків, КПа	Максимальні літні тиски вітру, КПа											
					Висоти горизонталей на топокартах, м											
					6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	2	3	4	5	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,45	
1.	Берегово – 113м (1) – Плай – 1330м (2)	1217,0	0,26284 1,01358	0,75074	497,45	659,55	821,66	983,77	1145,88	1307,90	1470,09	1632,20	1794,30	1956,41	2037,46	
2.	Ужгород – 114,6м (1) – Плай – 1300м (2)	1215,4	0,37402 1,01358	0,63956	354,05	544,00	734,18	924,25	1114,32	1304,38	1494,45	1684,52	1874,59	2064,66	2159,69	
3.	В.Березний – 209м (1) – Плай – 1330м (2)	1121,0	0,263029 1,01358	0,75056	562,90	712,29	861,65	1011,00	1160,36	1309,71	1459,07	1608,42	1757,78	1907,13	1981,81	
Обчислені висоти горизонталей, м					471,48	638,61	805,83	973,00	1140,18	1307,33	1474,53	1641,71	1808,89	1975,84	2059,65	
Прийняті нормативні висоти горизонталей, м					450	650	800	950	1150	1300	1450	1650	1800	1950	2061	
Різнаця прийнятих нормативних висоти горизонталей від обчислених, %					-4,6	+1,8	-0,7	-2,4	+0,9	-0,5	-1,6	+2,2	-0,4	-1,3	+0,1	

**Таблиця 5. Результати обчислення максимальних зимових вітрових тисків за відповідно заданими висотами горизонталей на топографічних картах для Закарпатської області**

№ п/п	Назва напрямків, висота станцій над рівнем Балтійського моря, м	Різняця висот, м	Обчислені максимальні зимові вітрові тиски, КПа	Різняця максимальних зимових вітрових тисків, КПа	Висотний коефіцієнт максимальних зимових вітрових тисків, КПа/м	Задані висоти горизонталей на топокартах, м										
						450	650	800	950	1150	1300	1450	1650	1800	1950	2061
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1.	Берегово – 113м (1) Плай – 1330м (2)	1217,0	0,26284	0,75074	0,000616877	0,4707	0,5941	0,6866	0,7792	0,9025	0,9951	1,0876	1,2109	1,3035	1,3960	1,4645
			1,01358													
2.	Ужгород – 114,6м (1) – Плай – 1300м (2)	1215,4	0,37402	0,63956	0,000526127	0,5504	0,6557	0,7346	0,8135	0,9188	0,9977	1,0766	1,1818	1,2608	1,3397	1,3981
			1,01358													
3.	В.Березний – 209м (1) – Плай – 1330м (2)	1121,0	0,263029	0,75056	0,000669545	0,4243	0,5582	0,6587	0,7591	0,8931	0,9935	1,0989	1,2278	1,3283	1,4286	1,5030
			1,01358													
Обчислені максимальні зимові вітрові тиски, КПа						0,4818	0,6027	0,6933	0,7839	0,9047	0,9954	1,0860	1,2060	1,2980	1,3881	1,4552
Прийняті нормативні максимальні зимові вітрові тиски, КПа						0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,45
Різняця нормативних максимальних зимових вітрових тисків від обчислених, %						+3,7	-0,4	+0,9	+2,0	-0,5	-0,5	+1,3	-0,5	+0,2	+0,9	-0,3





**Рис. 2. Залежність зміни максимального зимового вітрового тиску від висот горизонталей на топографічних картах**

### **Висновки.**

1. На топографічних картах точно нанесені горизонталі висот, що відображають характер рельєфу території, тому методика визначення горизонталей висот, що відповідають максимальним вітровим тискам (зимовим і літнім) більш досконала і дає точну характеристику максимальному тиску вітру в окремих точках території Закарпатської області.

2. Дані параметри застосовують як доповнення до існуючих нормативних документів, а також для розрахунку вертикальних споруд і будівель.

3. Для проектування вертикальних споруд і будівель, що розташовані у створі напрямку між метеостанціями, обчислюють максимальний вітровий тиск (літній, зимовий) за висотними коефіцієнтами в межах висот початкової (1) і кінцевої (2) метеостанцій напрямку 1-2, оскільки метеостанції знаходяться в улоговинах Карпат.

### **Література**

1. ASCE 7-93 1993 and Draft of ASCE 7-95, 1995. *Minimum design loads for buildings and other structures*. American Society of Civil Engineers, New York. – P.10 – 12.
2. Андреева Г.К. *Некоторые вопросы построения климатических карт [текст]* / Андреева Г.К., Бабиченко В.Н. – К.: Укр НиГМИ. Вып. 131. – 1974. – С.106 – 116.
3. Бабиченко В.Н. *Климат Ужгорода [текст]* / Бабиченко В.Н. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 190 с.
4. Будыко М.И. *Климат в прошлом и будущем [текст]* / Будыко М.И. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 351 с.
5. Бучинский И.Е. *Климат Украины [текст]* / Бучинский И.Е. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 130с.
6. Гук М.И. *Климат Украинської РСР [текст]* / Гук М.И., Половко І.К., Прихотько Г.Ф. – К.: Радянська школа, 1958. – 72 с.

7. Гук Я.С. *Визначення рекомендованих нормативних параметрів тиску для населених пунктів, окремих вершин і перевалів Закарпатської області / Гук Я.С. – Ужгород: Науковий вісник УжНУ. Серія Фізика. Вип.19. – 2006. – С.206 – 208.*
7. ДСТУ НБ В.1.1-21:2010 *Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Будівельний стандарт України. – К.: 2010. – 55 с.*
8. *Закарпатська область. Загальногеографічна карта м-б 1:250 000. – К.: АГП. – 2006. – 1 лист.*
9. Кінаш Р.І. *Методика визначення параметрів будівельної кліматології для населених пунктів, вершин і перевалів Закарпатської області / Кінаш Р.І., Гук Я.С. – Львів: Problems of the Technical Meteorology, 22-26 may, 2006. – 2006. – Р. 50 – 56.*
10. *Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування ДБН В.1.2-2:2006 / – К.: Мінбуд України. – 2006. – 35с.*
11. СНиП 2.01.07-85 *Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат. – 1985. – 35 с.*
12. СНиП 2.01.01.82 *Строительная климатология и геофизика. – М.: Стройиздат. – 1983. – 136 с.*
13. *Kinash Roman Technique of Determination the Parameters of snowloads for Towns, peaks and Passes of Carpatian region / Kinash R.I., Huck J.S. – Canada: Snow Engineering VI, june 1-5, 2008.*

© Я.С. Гук  
Надійшла до редакції 09.02.2015