

УДК 624.012

## **Методика визначення за спрощеними формулами характеристичних значень максимальних літніх і зимових вітрових параметрів на висотах горизонталей топографічних карт Закарпатської області**

**Гук Я. С.**, канд. техн. наук

Ужгородський національний університет, Україна

**Анотація.** Максимальні швидкості вітру і вітрові тиски досліджено для 9-ти метеостанцій Закарпатської області за спостереженнями у 1948–2015 роках. Детальне визначення даних параметрів для гірських територій не проводилося. З використанням досліджених максимальних вітрових швидкостей (в січні і липні) на 9-ти метеостанціях за 8-ма напрямками між метеостанціями, висотних коефіцієнтів та висот горизонталей на топографічних картах виведено спрощені формули для обчислення максимальних вітрових літніх і зимових параметрів на території Закарпатської області. За спрощеними формулами зручно визначати максимальні вітрові параметри в будь-якій точці території Закарпатської області, для якої відома висота над рівнем Балтійського моря. Дані параметри рекомендовано застосувати для розрахунку максимальних вітрових тисків на вертикальні споруди, що будуються на території Закарпатської області, а також для проектування вітрових електростанцій. Подані обчислення рекомендовано також внести у зміни до діючих будівельних норм і правил в Україні.

**Ключові слова:** максимальні літні й зимові швидкості вітру, вітрові тиски, напрямки між метеостанціями, висотні коефіцієнти, висоти горизонталей топографічних карт.

### **Вступ**

Вітер – один з основних та мінливих характеристик стану атмосфери, що значно впливає на умови життя та господарську діяльність. Нерідко сильний вітер приносить збитки, руйнує будівлі, сприяє переносу снігу і нерівномірному його розподілу на території. Дія вітру може бути і корисною: він виносить із населених пунктів забруднені речовини, пил, сприяє запиленню рослин, зменшує літню спеку.

Гірські масиви впливають на розподіл вітру, формуючи хвильову структуру під час руху повітряного потоку великої вертикальної потужності й утворюють сезонні вітри схилів, що виникають внаслідок нерівномірного прогрівання повітря на різних висотах.

В Українських Карпатах напрям вітру визначають за розташуванням гірських хребтів і долин. Мінливість швидкості вітру в Україні за окремі місяці є незначна, за винятком гірських районів Карпат. Особливий режим максимальної швидкості вітру відмічають у Карпатах – до 45–50 м/с, а в Закарпатській низині – до 20–25 м/с. У Карпатах гірсько-долинні вітри бувають у літній період року, взимку вони виражені до 15 днів.

### Методика досліджень максимальних вітрових параметрів

Для дослідження максимальних швидкостей вітру (літніх, зимових) на території Закарпатської області використано дані спостережень на 9-ти метеостанціях у 1948–2015 роках, які наведено в таблиці 1, а також вітрові параметри [1–9] восьми напрямків між дев'ятьма метеостанціями:

Берегово, 113 м – Плай, 1330 м; Ужгород, 114,6 м – Плай, 1330 м; Хуст, 166 м – Плай, 1330 м; В. Березний, 209 м – Плай, 1330 м; Міжгір'я, 456 м – Плай, 1330 м; Н. Ворота, 500 м – Плай, 1330 м; Н. Студений, 615 м – Плай, 1330 м

та висоти горизонталей топографічних карт у межах: 100 м (м. Чоп) – 2061 м (г. Говерла), в інтервалі через 100 м, а також формули висотних коефіцієнтів:

$$V_{\text{макс.зим.,літ.,X}} = V_{\text{макс.зим.,літ.,1}} + K_{\text{макс.зим.,літ.,1-2}}(H_X - H_1), \quad (1)$$

$$K_{\text{макс.зим.,літ.,1-2}} = \frac{V_{\text{макс.зим.,літ.,2}} - V_{\text{макс.зим.,літ.,1}}}{H_2 - H_1}, \quad (2)$$

де  $V_{\text{макс.зим.,літ.,X}}$ ,  $V_{\text{макс.зим.,літ.,1}}$ ,  $V_{\text{макс.зим.,літ.,2}}$  – максимальні зимові й літні швидкості вітру на метеостанціях 1, 2, станції X (на висотах горизонталей топографічних карт), м/с;  $H_X$ ,  $H_1$ ,  $H_2$  – висоти станцій 1, 2, X (горизонталей топокарт) над рівнем Балтійського моря, м.

Таблиця 1

### Результати спостережень у 1948–2015 роках за максимальними літніми й зимовими швидкостями вітру та вітровими тисками на 9-ти метеостанціях Закарпатської області

| № з/п | Назва метеостанцій | Висота над рівнем Балтійського моря, м | Максимальні швидкості вітру, м/с |        | Максимальні вітрові тиски, Па |        |
|-------|--------------------|--|----------------------------------|--------|-------------------------------|--------|
|       |                    |  | липень                           | січень | липень                        | січень |
| 1     | 2                  | 3                                      | 4                                | 5      | 6                             | 7      |
| 1.    | Берегово           | 113,0                                  | 24                               | 20     | 351,36                        | 244,00 |
| 2.    | Ужгород            | 114,6                                  | 26                               | 24     | 412,36                        | 351,36 |
| 3.    | Хуст               | 166,0                                  | 20                               | 20     | 244,00                        | 244,00 |
| 4.    | Великий Березний   | 209,0                                  | 25                               | 20     | 381,25                        | 244,00 |
| 5.    | Рахів              | 438,0                                  | 30                               | 20     | 549,00                        | 244,00 |
| 6.    | Міжгір'я           | 456,0                                  | 35                               | 24     | 747,25                        | 351,36 |
| 7.    | Нижні Ворота       | 500,0                                  | 21                               | 20     | 269,01                        | 244,00 |
| 8.    | Нижній Студений    | 615,0                                  | 18                               | 24     | 197,64                        | 351,36 |
| 9.    | Плай               | 1330,0                                 | 40                               | 40     | 976,00                        | 976,00 |

Літні та зимові максимальні вітрові тиски обчислено за формулою:

$$P_{\text{макс.зим.,літ.},X} = 0,61 \cdot (V_{\text{макс.зим.,літ.},X})^2 \quad (3)$$

де  $P_{\text{макс.зим.,літ.},X}$  – максимальний зимовий і літній вітровий тиск на станції X, Па;  
 $V_{\text{макс.зим.,літ.},X}$  – максимальна зимова, літня швидкість вітру на станції X, м/с.

**Мета і завдання** досліджень полягає у спрощеному визначенні зимових і літніх вітрових швидкостей і тисків на висотах перехідних станцій і горизонталей топографічних карт над рівнем Балтійського моря для території Закарпатської області.

### Власні теоретичні дослідження

Загальні спрощені формули максимальних літніх і зимових вітрових параметрів виведено на базі формул висотних коефіцієнтів 1–3 за 8-ма напрямками із застосуванням висот горизонталей топографічних карт.

Перший допоміжний коефіцієнт спрощеної формули максимальних літніх і зимових швидкостей вітру визначено за формулою:

$$K_{1,\text{макс.літ.,зим.шв.}} = \frac{\sum \Delta V_{\text{макс.літ.,зим.}}}{\sum \Delta H}, \quad (4)$$

де  $\sum \Delta V_{\text{макс.літ.,зим.}}$  – сума однозначних різниць максимальних літніх (зимових) швидкостей вітру між суміжними горизонталями топокарт, м/с;  
 $\sum \Delta H$  – аналогічна сума однозначних різниць висот горизонталей над рівнем Балтійського моря, м.

Другий допоміжний коефіцієнт обчислено за формулою:

$$K_{2,\text{макс.вітр.шв.}} = V_{\text{макс.вітр.шв.}} - K_{\text{доп.,макс.вітр.шв.}} \cdot H_X, \quad (5)$$

де  $K_{\text{доп.,макс.шв.}}$  – другий допоміжний коефіцієнт спрощеної формули для літньої (зимової) швидкості вітру, м/с, по середині однозначних значень між суміжними горизонталями суми різниць максимальних швидкостей вітру (літніх, зимових);  
 $V_{\text{макс.вітр.шв.}}$  – обчислені значення літніх (зимових) швидкостей вітру по середині горизонталей для однозначних сум різниць даних параметрів між горизонталями, м/с (із таблиць 2а, 2б, 3а, 3б).

У таблицях 2а, 2б, 3а, 3б наведено результати обчислення максимальних літніх і зимових швидкостей вітру на горизонталях топографічних карт. Зведені спрощені формули максимальних літніх і зимових швидкостей вітру та вітрових тисків наведено в таблицях 4, 5.

Таблиця 2а

**Результати обчислення максимальних літніх швидкостей вітру та вітрових тисків на висотах горизонталей топографічних карт Закарпатської області для виведення спрощених формул**

| № з/п   | Назва напрямків, висота станцій над рівнем Балтійського моря, м | Різниця висот, м | Максимальна швидкість вітру, м/с | Максимальний вітровий тиск, Па | Різниця швидкостей вітру, м/с | Висотний коеф. максимальної швидкості вітру | Висоти горизонталей топографічних карт, м |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |
|---|---|------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
|   |   |                  |                                  |                                |                               |   | 100                                       | 200    | 300    | 400    | 500    | 600    | 700    | 800    | 900    | 1000   |  |
| 1   | 2   | 3                | 4                                | 5                              | 6                             | 7   | 8   | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     |  |
| 1.  | Берегово, 113 м – Плай, 1330 м                                  | 1217,0           | 24<br>40                         | 351,36<br>976                  | 16                            | 0,013147                                    | 23,829                                    | 25,143 | 26,458 | 27,773 | 29,087 | 30,402 | 31,717 | 33,031 | 34,346 | 35,660 |  |
| 2.  | Ужгород, 114,6 м – Плай, 1330 м                                 | 1215,4           | 26<br>40                         | 412,36<br>976                  | 14                            | 0,0115188                                   | 25,831                                    | 26,983 | 28,135 | 29,287 | 30,439 | 31,591 | 32,743 | 33,894 | 35,046 | 36,198 |  |
| 3.  | Хуст, 166 м – Плай, 1330 м                                      | 1164,0           | 20<br>40                         | 244<br>976                     | 20                            | 0,017182                                    | 18,865                                    | 20,584 | 22,302 | 24,020 | 25,738 | 27,456 | 29,175 | 30,893 | 32,611 | 34,329 |  |
| 4.  | В.Березний, 209 м – Плай, 1330 м                                | 1121,0           | 25<br>40                         | 381,25<br>976                  | 15                            | 0,0133809                                   |   |        | 26,217 | 27,555 | 28,893 | 30,231 | 31,570 | 32,908 | 34,246 | 35,584 |  |
| 5.  | Рахів, 438 м – Плай, 1330 м                                     | 892,0            | 30<br>40                         | 549<br>976                     | 10                            | 0,0112107                                   |   |        |        |        | 30,695 | 31,816 | 32,937 | 34,058 | 35,179 | 36,300 |  |
| 6.  | Міжстр'я, 456 м – Плай, 1330 м                                  | 874,0            | 35<br>40                         | 747,25<br>976                  | 5                             | 0,0057208                                   |   |        |        |        | 35,251 | 35,823 | 36,395 | 36,967 | 37,540 | 38,112 |  |
| 7.  | Н.Ворова, 500 м – Плай, 1330 м                                  | 830,0            | 21<br>40                         | 269,01<br>976                  | 19                            | 0,0228915                                   |   |        |        |        |        | 23,289 | 25,578 | 27,867 | 30,156 | 32,445 |  |
| 8.  | Н.Стулений, 615 м – Плай, 1330 м                                | 715,0            | 18<br>40                         | 197,64<br>976                  | 22                            | 0,030769                                    |   |        |        |        |        |        | 20,615 | 23,692 | 26,769 | 29,846 |  |
| Обчислені максимальні найбільші швидкості вітру за висотними коефіцієнтами, м/с |   |                  |                                  |                                |                               |   | 22,841                                    | 24,236 | 25,778 | 27,158 | 30,017 | 30,087 | 30,091 | 31,664 | 33,236 | 34,809 |  |
| Різниця обчислень між горизонтальними для максимальних літніх вітрів, м/с       |   |                  |                                  |                                |                               |   | 1,395                                     | 1,542  | 1,380  | 2,859  | 0,070  | 0,004  | 1,573  | 1,572  | 1,573  |        |  |

Таблиця 2б

Результати обчислення максимальних літніх швидкостей вітру та вітрових тисків на висотах горизонталей топографічних карт Закарпатської області для виведення спрощених формул. Аналіз результатів

| № з/п   | Назва напрямків, висота станцій над рівнем Балтійського моря, м | Різниця висот, м | Максимальна швидкість вітру, м/с | Максимальний вітровий тиск, Па | Різниця швидкостей вітру, м/с | Висотний коеф. макс-мальної швидкості вітру | Висоти горизонталей топографічних карт, м |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 2061 (с.Гб-верла) |
|---|---|------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|
|   |   |                  |                                  |                                |                               |   | 8   | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     |                   |
| 1.  | Берегово, 113 м – Плай, 1330 м                                  | 1217,0           | 24<br>40                         | 351,36<br>976                  | 16                            | 0,013147                                    | 36,976                                    | 38,290 | 39,605 | 40,920 | 42,234 | 43,549 | 44,864 | 46,178 | 47,493 | 48,808 | 49,610 |                   |
| 2.  | Ужгород, 114,6 м – Плай, 1330 м                                 | 1215,4           | 26<br>40                         | 412,36<br>976                  | 14                            | 0,0115188                                   | 37,35                                     | 38,502 | 39,654 | 40,806 | 41,958 | 43,110 | 44,261 | 45,413 | 46,565 | 47,717 | 48,420 |                   |
| 3.  | Хуст, 166 м – Плай, 1330 м                                      | 1164,0           | 20<br>40                         | 244<br>976                     | 20                            | 0,017182                                    | 36,047                                    | 37,766 | 39,484 | 41,202 | 42,920 | 44,638 | 46,357 | 48,075 | 49,793 | 51,511 | 52,559 |                   |
| 4.  | В.Березний, 209 м – Плай, 1330 м                                | 1121,0           | 25<br>40                         | 381,25<br>976                  | 15                            | 0,0133809                                   | 36,922                                    | 38,260 | 39,598 | 40,936 | 42,274 | 43,612 | 44,950 | 46,289 | 47,627 | 48,965 | 49,781 |                   |
| 5.  | Рахів, 438 м – Плай, 1330 м                                     | 892,0            | 30<br>40                         | 549<br>976                     | 10                            | 0,0112107                                   | 37,421                                    | 38,542 | 39,663 | 40,784 | 41,905 | 43,026 | 44,14  | 45,268 | 46,390 | 47,511 | 48,194 |                   |
| 6.  | Міжгір'я, 456 м – Плай, 1330 м                                  | 874,0            | 35<br>40                         | 747,25<br>976                  | 5                             | 0,0057208                                   | 38,684                                    | 39,256 | 39,828 | 40,400 | 40,972 | 41,544 | 42,116 | 42,688 | 43,260 | 43,832 | 44,181 |                   |
| 7.  | Н.Ворова, 500 м – Плай, 1330 м                                  | 830,0            | 21<br>40                         | 269,01<br>976                  | 19                            | 0,0228915                                   | 34,734                                    | 37,024 | 39,313 | 41,602 | 43,891 | 46,180 | 48,469 | 50,758 | 53,048 | 55,337 | 56,733 |                   |
| 8.  | Н.Студений, 615 м – Плай, 1330 м                                | 715,0            | 18<br>40                         | 197,64<br>976                  | 22                            | 0,030769                                    | 32,922                                    | 35,999 | 39,076 | 42,153 | 45,230 | 48,307 | 51,384 | 54,461 | 57,538 | 60,615 | 62,491 |                   |
| Обчислені максимальні швидкості вітру за висотними коефіцієнтами, м/с     |   |                  |                                  |                                |                               |   | 36,382                                    | 37,954 | 39,527 | 41,100 | 42,673 | 44,245 | 45,817 | 47,391 | 48,964 | 50,537 | 51,496 |                   |
| Різниця обчислень між горизонтальними для максимальних літніх вітрів, м/с |   |                  |                                  |                                |                               |   | 1,572                                     | 1,573  | 1,573  | 1,573  | 1,573  | 1,572  | 1,572  | 1,574  | 1,573  | 1,573  |        |                   |

Таблиця 3а

**Результати обчислення максимальних зимових швидкостей вітру та вітрових тисків на висотах горизонталей топографічних карт Закарпатської області для виведення спрощених формул. Аналіз результатів**

| № з/п   | Назва напрямків, висота станції над рівнем Балтійського моря, м | Різниця висот, м | Максимальна швидкість вітру, м/с | Максимальна швидкість вітровий тиск, Па | Різниця швидкостей вітру, м/с | Висотний коеф. максимальної швидкості вітру | Висоти горизонталей топографічних карт, м |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |
|---|---|------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
|   |   |                  |                                  |   |                               |   | 100                                       | 200    | 300    | 400    | 500    | 600    | 700    | 800    | 900    | 1000   |  |
|   | 2   | 3                | 4                                | 5                                       | 6                             | 7   | 8   | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     |  |
| 1.  | Берегово, 113 м – Плай, 1330 м                                  | 1217,0           | 20<br>40                         | 244<br>976                              | 20                            | 0,0164338                                   | 19,786                                    | 21,429 | 23,073 | 24,716 | 26,359 | 28,00  | 29,646 | 31,290 | 32,933 | 34,576 |  |
| 2.  | Ужгород, 114,6 м – Плай, 1330 м                                 | 1215,4           | 24<br>40                         | 351,36<br>976                           | 16                            | 0,01316439                                  | 23,807                                    | 25,124 | 26,440 | 27,757 | 29,073 | 30,380 | 31,706 | 33,022 | 34,339 | 35,655 |  |
| 3.  | Хуст, 166 м – Плай, 1330 м                                      | 1164,0           | 20<br>40                         | 244<br>976                              | 20                            | 0,01718213                                  | 18,865                                    | 20,584 | 22,302 | 24,020 | 25,738 | 27,457 | 29,175 | 30,893 | 32,611 | 34,329 |  |
| 4.  | В.Березний, 209 м – Плай, 1330 м                                | 1121,0           | 20<br>40                         | 244<br>976                              | 20                            | 0,017841213                                 |   |        | 21,623 | 23,407 | 25,191 | 26,975 | 28,760 | 30,544 | 32,328 | 34,112 |  |
| 5.  | Рахів, 438 м – Плай, 1330 м                                     | 892,0            | 20<br>40                         | 244<br>976                              | 20                            | 0,022421524                                 |   |        |        |        | 21,390 | 23,632 | 25,874 | 28,116 | 30,358 | 32,600 |  |
| 6.  | Міжгір'я, 456 м – Плай, 1330 м                                  | 874,0            | 24<br>40                         | 351,36<br>976                           | 16                            | 0,018306636                                 |   |        |        |        | 24,805 | 26,636 | 28,466 | 30,297 | 32,128 | 33,958 |  |
| 7.  | Н.Ворога, 500 м – Плай, 1330 м                                  | 830,0            | 20<br>40                         | 244<br>976                              | 20                            | 0,024096385                                 |   |        |        |        | 22,409 | 24,819 | 27,228 | 29,638 | 32,048 |        |  |
| 8.  | Н.Студений, 615 м – Плай, 1330 м                                | 715,0            | 24<br>40                         | 351,36<br>976                           | 16                            | 0,022377622                                 |   |        |        |        |        |        | 25,902 | 28,139 | 30,377 | 32,615 |  |
| Обчислені максимальні найбільші швидкості вітру за висотними коефіцієнтами, м/с |   |                  |                                  |   |                               |   | 20,819                                    | 22,379 | 23,359 | 24,975 | 25,426 | 26,498 | 28,043 | 29,941 | 31,839 | 33,736 |  |
| Різниця обчислень між горизонталями для максимальних зимових вітрів, м/с        |   |                  |                                  |   |                               |   |   | 1,56   | 0,98   | 1,616  | 0,451  | 1,072  | 1,545  | 1,898  | 1,898  | 1,897  |  |

Таблиця 3б

Результати обчислення максимальних зимових швидкостей вітру та вітрових тисків на висотах горизонталей топографічних карт Закарпатської області для виведення спрощених формул. Аналіз результатів

| № з/п   | Назва напрямків, висота станції над рівнем Балтійського моря, м | Різниця висот, м | Максимальна швидкість вітру, м/с | Максимальний вітровий тиск, Па | Різниця швидкостей вітру, м/с | Висотний коеф. максимально і швидкості вітру | Висоти горизонталей топографічних карт, м |        |        |        |        |        |        |        |        |        |                  |       |
|---|---|------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|-------|
|   |   |                  |                                  |                                |                               |  | 1100                                      | 1200   | 1300   | 1400   | 1500   | 1600   | 1700   | 1800   | 1900   | 2000   | 2061 (г.Говерла) |       |
| 1   | 2   | 3                | 4                                | 5                              | 6                             | 7  | 8   | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18               |       |
| 1.  | Берегово, 113 м – Плай, 1330 м                                  | 1217,0           | 20<br>40                         | 244<br>976                     | 20                            | 0,0164338                                    | 36,220                                    | 37,863 | 39,506 | 41,150 | 42,793 | 44,437 | 46,080 | 47,723 | 49,367 | 51,010 | 52,013           |       |
| 2.  | Ужгород, 114,6 м – Плай, 1330 м                                 | 1215,4           | 24<br>40                         | 351,36<br>976                  | 16                            | 0,01316439                                   | 36,972                                    | 38,288 | 39,605 | 40,921 | 42,237 | 43,554 | 44,870 | 46,187 | 47,503 | 48,820 | 49,623           |       |
| 3.  | Хуст, 166 м – Плай, 1330 м                                      | 1164,0           | 20<br>40                         | 244<br>976                     | 20                            | 0,01718213                                   | 36,048                                    | 37,766 | 39,484 | 41,202 | 42,920 | 44,639 | 46,357 | 48,075 | 49,793 | 51,512 | 52,560           |       |
| 4.  | В.Березний, 209 м – Плай, 1330 м                                | 1121,0           | 20<br>40                         | 244<br>976                     | 20                            | 0,017841213                                  | 35,896                                    | 37,680 | 39,464 | 41,248 | 43,033 | 44,817 | 46,601 | 48,385 | 50,169 | 51,953 | 53,041           |       |
| 5.  | Рахів, 438 м – Плай, 1330 м                                     | 892,0            | 20<br>40                         | 244<br>976                     | 20                            | 0,022421524                                  | 34,843                                    | 37,085 | 39,327 | 41,569 | 43,811 | 46,053 | 48,295 | 50,538 | 52,780 | 55,022 | 56,390           |       |
| 6.  | Міжгір'я, 456 м – Плай, 1330 м                                  | 874,0            | 24<br>40                         | 351,36<br>976                  | 16                            | 0,018306636                                  | 35,789                                    | 37,620 | 39,450 | 41,281 | 43,112 | 44,942 | 46,773 | 48,604 | 50,434 | 52,265 | 53,382           |       |
| 7.  | Н.Ворога, 500 м – Плай, 1330 м                                  | 830,0            | 20<br>40                         | 244<br>976                     | 20                            | 0,024096385                                  | 34,457                                    | 36,867 | 39,277 | 41,686 | 44,096 | 46,506 | 48,915 | 51,325 | 53,734 | 56,144 | 57,614           |       |
| 8.  | Н.Студений, 615 м – Плай, 1330 м                                | 715,0            | 24<br>40                         | 351,36<br>976                  | 16                            | 0,022377622                                  | 34,853                                    | 37,090 | 39,328 | 41,566 | 43,804 | 46,041 | 48,279 | 50,517 | 52,755 | 54,993 | 56,358           |       |
| Обчислені максимальні найбільші швидкості вітру за висотними коефіцієнтами, м/с |   |                  |                                  |                                |                               |  | 35,634                                    | 37,532 | 39,430 | 41,327 | 43,225 | 45,123 | 47,021 | 48,919 | 50,816 | 52,714 | 53,872           |       |
| Різниця обчислень між горизонталлями для максимальних зимових вітрів, м/с       |   |                  |                                  |                                |                               |  | 1,898                                     | 1,898  | 1,897  | 1,897  | 1,897  | 1,898  | 1,898  | 1,898  | 1,897  | 1,898  | 1,897            | 1,898 |

Таблиця 4

**Спрощені формули максимальних літніх швидкостей вітру та вітрових тисків на висотах горизонталей топографічних карт Закарпатської області**

| № з/п | Висоти горизонталей | Спрощені формули для обчислення максимальних літніх швидкостей вітру, м/с | Спрощені формули для обчислення максимальних літніх вітрових тисків, Па |
|-------|---------------------|---|---|
| 1     | 2                   | 3   | 4   |
| 1.    | 100–200             | $V_{\text{макс.літ.,X}} = 21,436 + 0,01395H_X$                            | $W_{\text{макс.літ.,X}} = 0,61 \times (21,436 + 0,01395H_X)^2$          |
| 2.    | 200–300             | $V_{\text{макс.літ.,X}} = 21,152 + 0,01542H_X$                            | $W_{\text{макс.літ.,X}} = 0,61 \times (21,152 + 0,01542H_X)^2$          |
| 3.    | 300–400             | $V_{\text{макс.літ.,X}} = 21,641 + 0,01380H_X$                            | $W_{\text{макс.літ.,X}} = 0,61 \times (21,641 + 0,01380H_X)^2$          |
| 4.    | 400–500             | $V_{\text{макс.літ.,X}} = 15,717 + 0,0286H_X$                             | $W_{\text{макс.літ.,X}} = 0,61 \times (15,717 + 0,0286H_X)^2$           |
| 5.    | 500–600             | $V_{\text{макс.літ.,X}} = 25,887 + 0,007H_X$                              | $W_{\text{макс.літ.,X}} = 0,61 \times (25,887 + 0,007H_X)^2$            |
| 6.    | 600–700             | $V_{\text{макс.літ.,X}} = 30,063 + 0,00004H_X$                            | $W_{\text{макс.літ.,X}} = 0,61 \times (30,063 + 0,00004H_X)^2$          |
| 7.    | 700–2061            | $V_{\text{макс.літ.,X}} = 19,075 + 0,0157323H_X$                          | $W_{\text{макс.літ.,X}} = 0,61 \times (19,075 + 0,0157323H_X)^2$        |

Таблиця 5

**Спрощені формули максимальних зимових швидкостей вітру та вітрових тисків на висотах горизонталей топографічних карт Закарпатської області**

| № з/п | Висоти горизонталей | Спрощені формули для обчислення максимальних зимових швидкостей вітру, м/с | Спрощені формули для обчислення максимальних зимових вітрових тисків, Па |
|-------|---------------------|--|--|
| 1     | 2                   | 3  | 4  |
| 1.    | 100–200             | $V_{\text{макс.зим.,X}} = 19,259 + 0,0156H_X$                              | $W_{\text{макс.зим.,X}} = 0,61(19,259 + 0,0156H_X)^2$                    |
| 2.    | 200–300             | $V_{\text{макс.зим.,X}} = 20,419 + 0,0098H_X$                              | $W_{\text{макс.зим.,X}} = 0,61(20,419 + 0,0098H_X)^2$                    |
| 3.    | 300–400             | $V_{\text{макс.зим.,X}} = 18,511 + 0,01616H_X$                             | $W_{\text{макс.зим.,X}} = 0,61(18,511 + 0,01616H_X)^2$                   |
| 4.    | 400–500             | $V_{\text{макс.зим.,X}} = 23,171 + 0,00451H_X$                             | $W_{\text{макс.зим.,X}} = 0,61(23,171 + 0,00451H_X)^2$                   |
| 5.    | 500–600             | $V_{\text{макс.зим.,X}} = 20,066 + 0,01072H_X$                             | $W_{\text{макс.зим.,X}} = 0,61(20,066 + 0,01072H_X)^2$                   |
| 6.    | 600–700             | $V_{\text{макс.зим.,X}} = 17,228 + 0,01545H_X$                             | $W_{\text{макс.зим.,X}} = 0,61(17,228 + 0,01545H_X)^2$                   |
| 7.    | 700–2061            | $V_{\text{макс.зим.,X}} = 14,759 + 0,0189776H_X$                           | $W_{\text{макс.зим.,X}} = 0,61(14,759 + 0,0189776H_X)^2$                 |

Порівняння обчислених максимальних вітрових параметрів за висотними коефіцієнтами і спрощеними формулами подано в таблиці 6. Дані обчислень максимальних літніх і зимових швидкостей вітру (№ з/п 1, 3) і вітрових тисків (№ з/п 2, 4) обчислені за висотними коефіцієнтами (чисельник) та за спрощеними формулами (знаменник) на висотах горизонталей топокарт Закарпатської області. Різниця обчислень (№ з/п 1'–4'): для максимальних швидкостей вітру: м/с – чисельник, % – знаменник; для максимальних вітрових тисків: Па – чисельник, % – знаменник.



Таблиця 6

Порівняльна таблиця обчислень максимальних літніх і зимових швидкостей вітру та вітрових тисків на метеостанціях за висотними коефіцієнтами і спрощеними формулами на висотах горизонталей топографічних карт Закарпатської області

| № з/п                           | Висоти горизонталей топографічних карт Закарпатської області, м |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |                  |  |
|---------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------|--|
|                                 | 100 (Чоп)   | 200    | 300    | 400    | 500    | 600    | 700    | 800    | 900    | 1000   | 1100   | 1200   | 1300   | 1400    | 1500    | 1600    | 1700    | 1800    | 1900    | 2000    | 2061 (г.Говерла) |  |
| <b>Літні вітрові параметри</b>  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |                  |  |
| 1.                              | 22,841  | 24,236 | 25,778 | 27,158 | 30,017 | 30,087 | 30,091 | 31,664 | 32,236 | 34,809 | 36,382 | 37,954 | 39,527 | 41,100  | 42,673  | 44,245  | 45,817  | 47,391  | 48,964  | 50,537  | 51,496           |  |
| 1'.                             | 0   | 0      | +0,003 | -0,001 | 0      | 0      | -0,004 | -0,003 | 32,234 | 34,807 | 36,380 | 37,954 | 39,527 | 41,100  | 42,673  | 44,246  | 45,819  | 47,393  | 48,966  | 50,539  | 51,499           |  |
|                                 | 0   | 0      | +0,011 | -0,004 | 0      | 0      | -0,013 | -0,009 | -0,006 | -0,002 | -0,002 | 0      | 0      | 0       | 0       | +0,001  | +0,002  | +0,002  | +0,002  | +0,002  | +0,003           |  |
|                                 | 0   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | -0,006 | -0,005 | -0,005 | 0      | 0      | 0       | 0       | +0,002  | +0,004  | +0,004  | +0,004  | +0,004  | +0,006           |  |
| 2.                              | 318,24  | 358,30 | 405,34 | 449,91 | 549,62 | 552,18 | 552,33 | 611,59 | 673,82 | 739,11 | 807,42 | 878,71 | 953,05 | 1030,42 | 1110,80 | 1194,15 | 1280,51 | 1370,00 | 1462,45 | 1557,93 | 1617,62          |  |
| 2'.                             | 0   | 0      | +0,10  | -0,04  | 0      | 0      | -0,14  | -0,11  | -0,08  | -0,08  | 0      | 0      | 0      | 0       | 0       | +0,05   | +0,11   | +0,11   | +0,08   | +0,12   | +0,18            |  |
|                                 | 0   | 0      | +0,02  | -0,03  | 0      | 0      | -0,02  | -0,02  | -0,01  | -0,01  | 0      | 0      | 0      | 0       | 0       | +0,04   | +0,08   | +0,08   | +0,05   | +0,07   | +0,01            |  |
| <b>Зимові вітрові параметри</b> |   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |                  |  |
| 3.                              | 20,819  | 22,379 | 23,359 | 24,975 | 25,426 | 26,498 | 28,043 | 29,941 | 31,839 | 33,736 | 35,634 | 37,532 | 39,430 | 41,327  | 43,225  | 45,123  | 47,021  | 48,919  | 50,816  | 52,714  | 53,872           |  |
| 3'.                             | 0   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0                |  |
|                                 | 0   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0                |  |
| 4.                              | 264,39  | 305,49 | 332,84 | 380,49 | 394,35 | 428,31 | 479,71 | 546,84 | 618,37 | 694,25 | 774,57 | 859,28 | 948,38 | 1041,83 | 1139,72 | 1242,01 | 1348,69 | 1459,77 | 1575,18 | 1695,05 | 1770,33          |  |
| 4'.                             | 0   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0                |  |
|                                 | 0   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0                |  |

За формулами 1–6 побудовано графіки (рис.1–4) залежності максимальних вітрових параметрів (літніх, зимових) від висоти розміщення висот горизонталей топографічних карт над рівнем Балтійського моря.

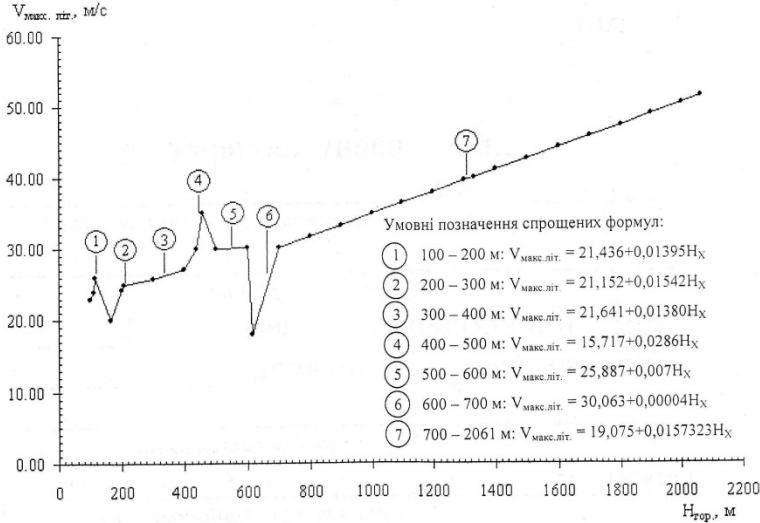


Рис. 1. Залежність максимальних літніх швидкостей вітру від розміщення висот горизонталей на топографічних картах в інтервалі через 100 м і висот перехідних станцій над рівнем Балтійського моря, обчислених за спрощеними формулами

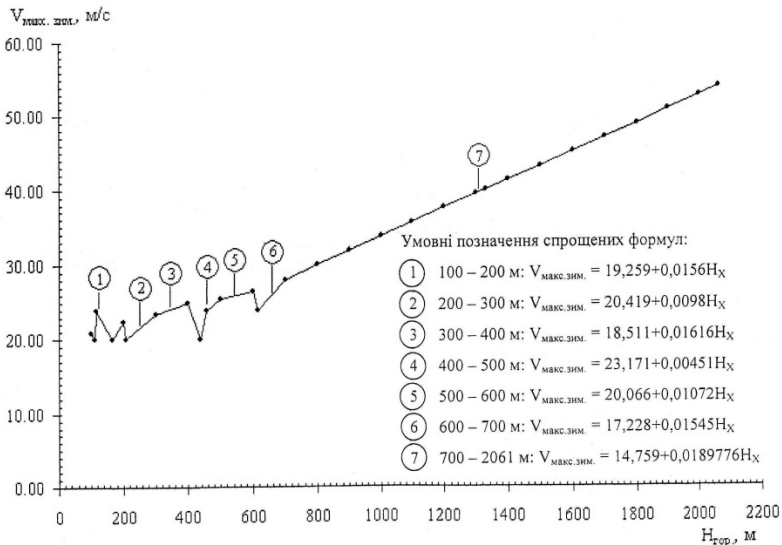


Рис. 2. Залежність максимальних зимових швидкостей вітру від розміщення висот горизонталей на топографічних картах в інтервалі через 100 м і висот перехідних станцій над рівнем Балтійського моря, обчислених за спрощеними формулами

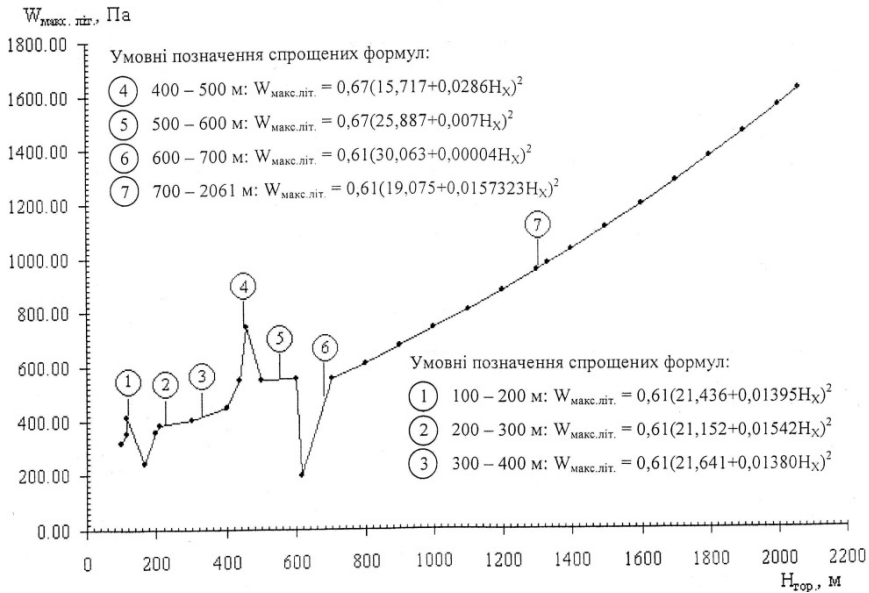


Рис. 3. Залежність максимальних літніх вітрових тисків від розміщення висот горизонталей на топографічних картах в інтервалі через 100 м і висот перехідних станцій над рівнем Балтійського моря, обчислених за спрощеними формулами

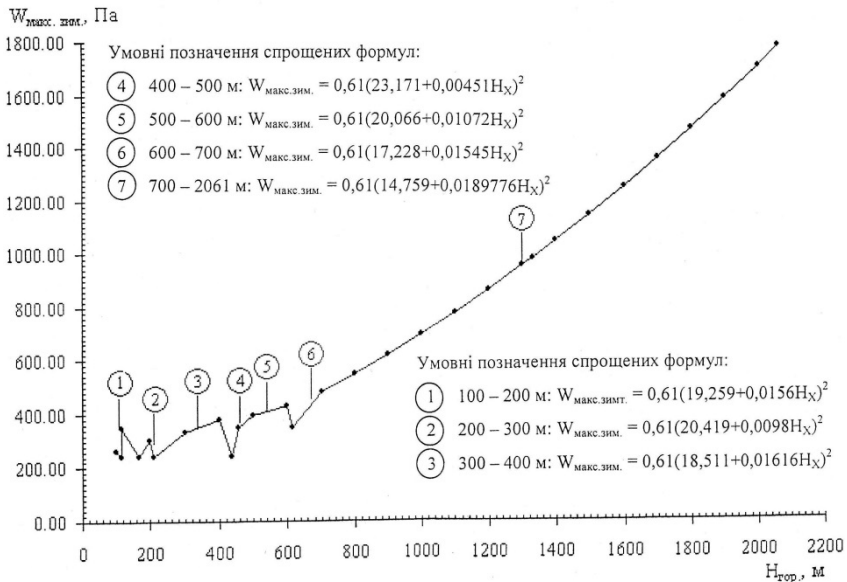


Рис. 4. Залежність максимальних зимових вітрових тисків від розміщення висот горизонталей на топографічних картах в інтервалі через 100 м і висот перехідних станцій над рівнем Балтійського моря, обчислених за спрощеними формулами

## **Висновки**

1. За спрощеними формулами максимальні вітрові параметри зручно визначати в будь-якій точці території Закарпатської області, для якої відома висота над рівнем Балтійського моря.
2. Максимальне розходження між обчисленими за висотними коефіцієнтами і за спрощеними формулами максимальними вітровими параметрами складає до 0,11%.
3. Дані параметри рекомендовано застосувати для розрахунку максимальних вітрових тисків на вертикальні споруди, що будуються на території Закарпатської області, а також для проектування вітрових електростанцій.
4. Подані обчислення рекомендовано також внести у зміни до діючих в Україні будівельних норм і правил по Карпатах.

## **Література**

- [1] Бабиченко В. Н. Клімат Ужгорода / В. Н. Бабиченко. – Л. : Гидрометеоздат, 1991. – 190 с.
- [2] Будыко М. И. Клімат в прошлом и будущем [текст] / М. И. Будыко. – Л. : Гидрометеоздат, 1980. – 351 с.
- [3] Бучинский И. Е. Клімат Украины / И. Е. Бучинский. – Л. : Гидрометеоздат, 1960. – 130 с.
- [4] Гук М. І. Клімат Української РСР / М. І. Гук, І. К. Половко, Г. Ф. Прихотько. – К. : Радянська школа, 1958. – 72 с.
- [5] Гук Я. С. Визначення рекомендованих нормативних параметрів тиску для населених пунктів, окремих вершин і перевалів Закарпатської області / Я. С. Гук // Науковий вісник УжНУ. Серія: Фізика. – 2006. – Вип. 19. – 206–208 с.
- [6] Гук Я. С. Методика визначення висот горизонталей на топографічних картах Закарпатської області, що відповідають максимальним зимовим і літнім вітровим тискам / Гук Я. С. // Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2015. – Випуск 2 (44). – 10 с.
- [7] Закарпатська область. Загальногеографічна карта м-б 1:250 000 – К. : АГП, 2006. – 1 арк.
- [8] Кінаш Р. І. Методика визначення параметрів будівельної кліматології для населених пунктів, вершин і перевалів Закарпатської області / Р. І. Кінаш, Я. С. Гук // Problems of the Technical Meteorology (Львів : 22–26 травня

2006 р.). – Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2006. – С. 50–56.

- [9] Пічугін С. Ф. Методика визначення характеристичних значень середнього і максимального вітрових тисків у липні і січні для 9 вершин Карпат із районуванням території Закарпатської області / С. Ф. Пічугін, Р. І. Кінаш, Я. С. Гук – К. : Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2017. – № 1. – С.35–44.

## **Методика определения по упрощенным формулам характеристических значений максимальных летних и зимних ветровых параметров на высотах горизонталей топографических карт Закарпатской области**

**Гук Я. С.**, канд. техн. наук

Ужгородский национальный университет, Украина

**Аннотация.** Максимальные скорости ветра и ветровые давления исследованы для 9-ти метеостанций Закарпатской области по наблюдениям в 1948–2015 годах. Детальное определение данных параметров для горных территорий не проводилось. С использованием исследованных максимальных скоростей ветра (в январе и июле) на 9-ти метеостанциях, 8-ми направлений между метеостанциями, высотных коэффициентов и высот горизонталей на топографических картах выведены упрощенные формулы для вычисления максимальных ветровых летних и зимних параметров на территории Закарпатской области. По упрощенным формулам удобно определять максимальные ветровые параметры в любой точке территории Закарпатской области, для которой известна высота над уровнем Балтийского моря. Данные параметры рекомендуется применить для расчета максимальных ветровых давлений на вертикальные сооружения, строящиеся на территории Закарпатской области, а также для проектирования ветровых электростанций. Представленные вычисления рекомендовано также внести в изменения действующих строительных норм и правил в Украине.

**Ключевые слова:** максимальные летние и зимние скорости ветра, ветровые давления, направления между метеостанциями, высотные коэффициенты, высоты горизонталей топографических карт.

## **Method of Simplified Formulas for Determining Characteristic Values of Maximum Summer and Winter Wind Parameters at the Elevation of the Horizons on the Transcarpathian Region Topographic Maps**

**Ya. Huk**, Cand. Sc. (Eng.)

Uzhgorod National University, Ukraine

**Abstract.** The maximum wind speed and wind pressure were investigated for 9 meteorological stations in the Transcarpathian region for observations in 1948–2016.

Detailed determination of parameters for mountainous areas was not carried out. With the use of maximum wind speeds explored (in January and July) at 9 meteorological stations, for 8 directions between meteorological stations, high-altitude coefficients and elevation of the horizons of topographic maps, simplified formulas were derived to calculate the maximum summer and winter wind parameters for the territory of the Transcarpathian region.

Using simplified formulas is convenient to determine the maximum wind parameters at any point in the territory of the Transcarpathian region, for which the height above the Baltic Sea level is known. These parameters are recommended for calculating the maximum wind pressure for vertical structures under construction in the Transcarpathian region, as well as for the design of wind power stations. Presented calculations are also recommended to make changes to existing building codes and regulations in Ukraine.

**Key words:** maximum summer and winter wind speeds, wind pressures, directions between meteorological stations, altitude coefficients, elevation of the horizons of topographic maps.

*Надійшла до редколегії 27.11.2018 р.*