

ПРО ПРИВЕДЕННЯ ШВИДКОСТІ ВІТРУ ДО УМОВ ВІДКРИТОГО РІВНОГО МІСЦЯ

Адаптовано коефіцієнти змін швидкості вітру в різних формах рельєфу України порівняно з відкритим рівним місцем. Враховуючи фактор орографії та захищеність метеорологічних майданчиків, зроблено розрахунки для оцінки вітрового потенціалу деяких районів України.

Вступ

Характеристики вітру в межах визначеної території дуже відрізняються. Вітрові потоки у приземному шарі повітря викривляються не тільки елементами орографії (гори, пагорби, долини рік), а й рослинністю, будівлями.

Дані про напрям і швидкість вітру, які визначаються на метеорологічних станціях на висоті 10 м над підстильною поверхнею, можна поширити лише на ділянки території, подібні до умов розташування метеорологічної станції. Вважається, що режим рівнинної території відображає метеостанція, розміщена на відкритому рівному місці (закритість горизонту по будь-якому румбу не перевищує 3°). Її дані будуть репрезентативні тільки для відкритих рівних місць. Якщо ж станція розміщена на схилі пагорба, то поширювати дані можна тільки на аналогічні схили відповідної орієнтації.

У пересіченій місцевості повітряний потік зазнає динамічного впливу, який проявляється у зміні швидкості і напрямку вітру в різних формах рельєфу. Посилення вітру спостерігається на вершинах пагорбів, навітряних схилах, іноді на схилах, що паралельні до напрямку вітру. Зменшення швидкості вітру відбувається за перешкодами, на підвітряних схилах і у від'ємних формах рельєфу.

У зв'язку з розвитком вітроенергетики питання про вивчення вітрового режиму місцевості зі складною орографією та елементами захищеності є дуже актуальним.

Про перерахунок швидкості вітру для умов відкритого рівного місця

Учені ряду країн намагалися знайти способи врахування ступеня захищеності вітровимірювальних приладів в умовах пересіченої місцевості і за наявності елементів захищеності, що змінюють повітряний потік (ліс, будівлі і т.п.) для оцінки реальної швидкості вітру. Зокрема, пропонувалися математичні моделі з використанням простих розрахунків для визначення впливу рельєфу на вітер [6].

Згадані математичні моделі доцільно застосовувати для спрощених форм рельєфу (одного чи кількох окремих пагорбів), а всі неоднорідності орографічного, ландшафтного чи антропогенного походження, що реально існують усередині гірських масивів, врахувати у таких моделях практично неможливо.

У роботах Є.Н.Романової [2-4] наведено коефіцієнти K зміни швидкості вітру у різних умовах рельєфу порівняно з відкритим рівним місцем, отримані на основі натурних мікрокліматичних досліджень у містах і на території з порізаним рельєфом. Є.Н.Романова на основі експедиційних даних анемометричних зйомок показала можливість застосування одержаних коефіцієнтів K' (табл. 1) не тільки для умов горбистого рельєфу, а й усередині гірських масивів [1].

Таблиця 1

Мезокліматичні коефіцієнти змінення швидкості вітру K'

Місце розташування метеостанції	K'	
	найменший	найбільший
Рівнини, широкі долини (> 4 км)	1,0	1,0
Вузькі долини: повздовжні	1,5	1,8
поперечні	0,6 і менше	0,6
Перевали, сідловини,	1,8	2,5
Котловини, впадини	0,4	0,9
Схили: навітряні	1,2	2,0
підвітряні	0,7	0,9
Плато, вершини	2,0	4,0
Острови, узбережжя	1,5	2,0
Миси, коси	2,0	3,0

Розміщення долин та схилів вказано відносно переважного напрямку вітру.

Використовуючи наведені вище коефіцієнти K та K' , які характеризують відношення швидкості вітру над різними типовими формами рельєфу і на рівному місці, нами було зроблено перерахунок швидкості вітру до умов рівного місця на станціях, розташованих у місцевостях зі складною орографією.

Для оцінки розміщення станцій серед елементів орографії і вибору відповідних коефіцієнтів використовувалися топографічні карти масштабу 1:100000, фізико-географічні описи метеорологічних станцій, використовувались також відомості з доповнень до облікових карток станцій ГМ-10, фото- та відеоматеріали.

У деяких випадках, коли станція розміщена у складних орографічних умовах, коефіцієнти вибиралися за двома варіантами.

Наприклад, сніголавинна станція Пожежевська розміщена дещо на північний схід від центральної частини Українських Карпат на середній терасі гори Пожежевська, яка закриває для станції вітрові потоки південно-південно-західного сектора горизонту. Для інших напрямів горизонт не захищений. Тому застосовувався коефіцієнт 2,2 (для вершини). Оскільки переважний вітер південно-західного напрямку обминає гору Пожежевська з правого боку, то був застосований і коефіцієнт 1,3 (для повздовжнього схилу).

Для науково-дослідної геофізичної обсерваторії Карадаг, де метеомайданчик зазнає впливу переважних вітрів і з гір, і з моря, також застосовано подвійний коефіцієнт.

Для метеостанції Нижній Студений, яка розміщена у вузькій долині, вздовж якої дме переважний вітер північного напрямку, був вибраний коефіцієнт 0,6, оскільки долина, на дні якої розміщена станція, на півночі замикається гірським хребтом, що перешкоджає проходженню повітряного потоку північного напрямку. Результати зазначеного перерахунку наведено в табл. 2.

Станцій, захищеність яких визначається тільки рельєфом, небагато. Здебільшого, крім впливу рельєфу, накладається вплив забудови, деревної рослинності й інших перешкод поблизу метеомайданчика. Станції Могилів-Подільський, Київ, Ялта, Нікітський Сад, для яких проводився перерахунок, найбільше захищені з боку переважного вітру, що вплинуло на значення приведеної швидкості вітру.

Таблиця 2

Повторюваність (%) переважного напрямку вітру та його швидкість,
приведена до умов рівного місця

Станція	Нап- рям	Пов- тор., %	Кіль- кість штилів, %	Швидкість вітру, м/с		Середн. коэф. К, К'
				вимір.	привед.	
Вишгород	С	18	5	4,4	2,9	1,5
Київ	З	21	5	2,3	1,9	1,2
Баришівка	ПдЗ	20	18	3,3	2,9	1,2
Дрогобич	З	22	43	4,4	4,0	1,1
Стрий	З	38	43	3,3	3,0	1,1
Турка	Пд	30	33	2,9	3,6	0,8
Славське	Пд	60	48	2,4	3,4	0,7
Шепетівка	З	25	5	3,1	2,4	1,3
Ямпіль	ПнЗ	28	12	5,8	4,1	1,4
Могилів- Подільський	З	30	38	2,1	3,0	0,7
Черкаси	ПнЗ	20	15	4,2	3,8	1,1
Долина	ПдЗ	21	14	4,0	3,1	1,3
Яремча	ПдЗ	39	19	2,4	3,4	0,7
Пожежевська	ПдЗ	78	33	9,6	3,4	2,2+1,3
Нижні Ворота	Пд	29	37	2,7	3,9	0,7
Маріуполь	В	20	4	5,9	4,5	1,3
Нижній Студений	С	44	23	1,8	3,0	0,6
Плай	Пд-З	46	9	7,6	3,5	2,2
Міжгір'я	Пд	40	67	2,1	3,5	0,6
Рахів	ПдЗ	19	32	1,2	3,0	0,4
Селятин	Пд	24	42	1,2	3,0	0,4
Кирилівка	С	18	11	3,4	3,4	1,0
Генічеськ	ПнС	18	3	5,6	4,7	1,2
Карадаг	С	26	4	4,1	3,0	0,8+1,7
Нікітський Сад	ПнС	28	4	2,7	2,7	1,0
Ангар. Перевал	ПнЗ	34	12	2,7	3,4	0,8
Ялта	З	19	2	1,4	2,0	0,7
Ай-Петрі	ПнЗ	30	6	6,3	2,6	2,4

Швидкість вітру, приведену до умов рівного місця, можна застосовувати як вихідну при перерахунку для різних форм рельєфу конкретної місцевості.

Істотно знизити швидкість вітру може не тільки порізанисть рельєфу, але й лісистість місцевості, наявність лісосмуг, чагарників, будівель та інших перешкод на шляху повітряного потоку. Як стверджується в [4], у саду швидкість вітру майже вдвічі менша, ніж на відкритому місці, а в лісі на відстані 150–200 м від узлісся під кронами навіть сильний вітер зменшується до штилю.

Спробу оцінки впливу цієї захищеності, вираженої у куті закритості горизонту, було зроблено Є.А. Федоровою [5] та групою дослідників, яку очолювала Є.Н. Романова [4].

У табл. 3 наведено коефіцієнти зміни швидкості вітру під впливом лісосмуг, розраховані на основі анеометричних зйомок (на висоті 2 м).

Таблиця 3

Коефіцієнти зміни швидкості вітру під впливом лісосмуг

Тип смуги	Віддаленість від смуги			
	3 Н	15 Н	19 Н	20 Н
Продувається вітром	0,50	0,60	0,70	0,85
Ажурна	0,35	0,40	0,60	0,80
Не продувається вітром	0,25	0,60	0,85	0,90

Примітка: Н – висота дерев у лісосмузі

Можна застосовувати ці коефіцієнти до значень швидкості вітру на метеорологічних станціях, які розміщені серед дерев. Зокрема, це зроблено для метеорологічної станції Могилів-Подільський, яка розміщена на верхньому схилі долини р. Дністер (табл. 4).

Враховуючи орієнтацію долини (із заходу на схід) та повторюваність вітру західного та східного напрямку, можна стверджувати, що внаслідок ефекту “труби” вимірювана швидкість вітру цих румбів на метеорологічній станції завищена порівняно з іншими напрямками.

Таблиця 4

Повторюваність (%) напрямку вітру та його швидкість(м/с), приведена до умов відкритого рівного місця на метеостанції Могилів-Подільський, 2000 р.

Напрямок	Повторюваність, %	Середня швидкість, м/с		
		виміряна	приведена до умов рівного місця	приведена до умов відкритого рівного місця
Пн	9	1,8	1,4	2,8
ПнС	7	1,8	1,4	2,8
С	20	1,8	2,4	4,8
ПдС	11	1,9	2,5	4,2
Пд	8	2,0	2,3	4,6
ПдЗ	5	1,9	2,2	4,4
З	24	1,9	1,8	3,2
ПнЗ	16	2,0	1,8	3,2

Висновки

Для кліматичної оцінки конкретної території доцільно використовувати дані спостережень за характеристиками вітру на найближчій метеорологічній станції, що розташована на відкритому рівному місці. Закритість горизонту, тобто захищеність перешкодами по кожному румбу, не повинна перевищувати 3°.

За середньою багаторічною розою вітрів можна зробити висновок про переважний напрям вітру в даному районі. Для мікрокліматичної характеристики режиму вітру цілком достатньо шляхом проведення серійних анеометричних зйомок визначити зміни швидкості вітру на окремих ділянках горбистого рельєфу при різних напрямках вітру, порівнюючи з аналогічними даними в контрольній точці, або ж застосувати перевідні коефіцієнти, як це показано вище.

* *

Адаптированы коэффициенты изменения скорости ветра в различных формах рельефа Украины в сравнении с открытой ровной местностью. Учитывая фактор орографии и защищенности метеорологических площадок, произведены расчеты для оценки ветрового потенциала некоторых районов Украины.

* *

1. Методические указания по производству микроклиматических обследований в период изысканий. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – С. 19-23.
2. Методические указания по применению кода характеристик местоположения метеорологических станций. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – С. 42-46.
3. *Романова Е.Н.* Возможности пространственной интерполяции скорости ветра в приземном слое воздуха в горах // Тр. ГГО. – 1973. – Вып. 306. – С. 108-113.
4. *Романова Е.Н., Гобарова Е.О., Жильцова Е.Л.* Методы мезо- и микроклиматического районирования для целей оптимизации размещения сельскохозяйственных культур с применением технологии автоматизированного расчета. – С.Пб.: Гидрометеиздат, 2003. – С. 40-47.
5. *Федорова Е.А.* Учет степени защищенности станций при вычислении скорости ветра на уровне установки осадкомера // Тр. ГГО. – 1966. – Вып. 195. – С. 63-69.
6. *J.L. Walmsley, P.A. Taylor and T.Keith.* A Simple Model of Neutrally Stratified Boundary-Layer Flow over Complex Terrain with Surface Roughness Modulations // Boundary Layer Meteorology. – 1986. – Vol. 36. – P. 157-186.

Центральна геофізична обсерваторія, Київ