

**Н.И. ШВЕНЬ***Центральная геофизическая обсерватория, г. Киев***ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ВЕТРА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ОТ ЗАЩИЩЕННОСТИ ВЕТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ**

*Выявлены причины и характер влияния защищенности ветроизмерительных приборов на характеристики ветра, определена зависимость скорости ветра от закрытости горизонта, измеренной в угловых градусах, что дает возможность учитывать степень достоверности (репрезентативности) измерений характеристик ветра для окружающей местности.*

Скорость ветра в свободной атмосфере значительно больше, чем у поверхности земли. Вблизи поверхности земли или воды воздушные потоки тормозятся трением, создаваемым неровностями подстилающей поверхности.

Теоретически считают, что на уровне мелких неровностей (трава и пр.) скорость ветра равна нулю. С удалением от поверхности Земли эффект трения уменьшается и скорость ветра возрастает, в приземном слое быстро, а затем все медленнее. Распределение скорости ветра  $u$  в приземном слое атмосферы при безразличной стратификации хорошо описывается логарифмической формулой.

$$u = u_0 \frac{\ln z - \ln z_0}{\ln z_1 - \ln z_0} \quad (1)$$

где:  $u_0$  – скорость ветра на высоте  $z_1 = 1$  м, а  $z_0$  – так называемый параметр шероховатости, или высота, на которой  $u = 0$ .

В действительности, как утверждается в [1], логарифмический профиль применим только начиная с высоты в несколько  $z_0$ , а ниже этого уровня воздух подвергается действию местных сил давления, возникающих около индивидуальных элементов шероховатости. При больших значениях  $z_0$  (высокая трава, деревья) вводится высота вытеснения  $d$ , т.е. уровень, от которого следует отсчитывать логарифмический профиль ветра, и тогда в формуле 1 вместо  $z$  используют  $(z - d)$ .

Фактический ветер внутри слоя шероховатости подчиняется другой закономерности.

Интенсивностью турбулентности обычно называют отношение стандартного отклонения пульсаций того или иного компонента вектора скорости к средней скорости потока. При этом используют локальную скорость потока, тогда

$$I_{u, v, w}(T, \tau, z) = \frac{\sigma_{u, v, w}}{V_z} \quad (2)$$

или же ее масштаб, т. е. скорость геострофического ветра; для практических применений удобна скорость ветра на фиксированном уровне, например, на уровне ветроизмерительного прибора.

Измерений турбулентности над сушей в сильно возмущенных условиях, как отмечено в [1], крайне мало.

Как известно, время приспособления турбулентных образований к структуре средних значений скорости ветра в средних условиях составляет 1 – 2 мин. Временной масштаб существования фронтальной зоны имеет порядок суток, кучево-дождевого облака – порядка часа; характерный масштаб эволюции средней структуры пограничного

слоя при оценке его через высоту и коэффициент турбулентного перемешивания – 2 – 10 ч. [1].

На климатической сети метеорологических станций в соответствии с [2], измеряются такие характеристики ветра:

- средняя скорость ветра за 10 мин.;
- максимальная скорость ветра между сроками измерений;
- максимальная скорость ветра в срок (т. е. за те 10 мин., когда измеряется средняя скорость);
- среднее направление ветра за 2 мин. при наблюдении по анеморумбметру М-63М-1 или флюгеру и за 10 мин. при наблюдении по анемометру МАРК-60.

Стандартная высота установки датчиков ветра на открытой местности – 10 м.

Если на открытой местности датчик ветра не может быть установлен на стандартной высоте, к скорости ветра, которая наблюдается на высоте, отличной от стандартной, можно ввести поправки, чтобы получить оценку ветра на высоте 10 м над уровнем земли. Для этого можно воспользоваться упрощенной формулой Хельмана [3], которая учитывает в среднем изменение скорости ветра с высотой:

$$V_h = V_{10} [0,233 + 0,656 \log(h + 4,75)] \quad (3)$$

где  $V_h$  - скорость ветра на высоте  $h$  м и  $V_{10}$  – скорость ветра на высоте 10 м над поверхностью земли.

Достоверность измеренных характеристик ветра очень сильно зависит от защищенности метеостанций. Препятствия (строения, деревья), окружающие ветроизмерительные приборы, могут значительно исказить как направление, так и скорость ветра. Поэтому оценка защищенности метеорологической станции является одним из наиболее важных элементов оценки репрезентативности станции для измерения характеристик ветра.

Защищенной считается площадка, окруженная препятствиями, расположенными на расстояниях, меньших, чем 10-кратная их высота (закрытость горизонта более 7 градусов).

Закрытость горизонта определяется из центра метеоплощадки при помощи эклиметра (или другого инструмента, дающего возможность измерять вертикальные углы с точностью около 1 градуса) по 16 румбам.

Открытой считается площадка в тех случаях, когда препятствия расположены дальше, чем 20-кратная их высота, а закрытость горизонта не более 3 градуса.

Расчеты, проведенные нами по материалам наблюдений метеорологических станций Украины за 1990 г., показали, что коэффициент корреляции между средней скоростью ветра и закрытостью горизонта в среднем по сети составляет – 0,51. Исключив станции, на которых сказывается влияние фактора орографии, получили коэффициент корреляции –0,69 [4], который можно считать достаточно значимым.

Полученная нами зависимость скорости ветра от закрытости горизонта представлена на рис.1.

Для получения более надежного количественного выражения зависимости средней скорости ветра от защищенности метеорологической площадки нами были подобраны две пары станций, находящиеся на небольших (до 40 – 50 км) расстояниях друг от друга. Причем контрольная пара станций (Смела – Черкассы) расположена в условиях открытой местности, а во второй паре (Белая Церковь – Фастов) станция Белая Церковь находится в условиях открытой, а Фастов – защищенной местности.

Была выбрана средняя годовая скорость ветра по 16-ми румбам за 2000-2002 гг., найден коэффициент изменения скорости ветра в зависимости от закрытости горизонта по каждому румбу ( $K_z$ ) как отношение скорости ветра на открытой станции к скорости

ветра на защищенной станции, и разность защищенности на двух станциях по соответствующим румбам.

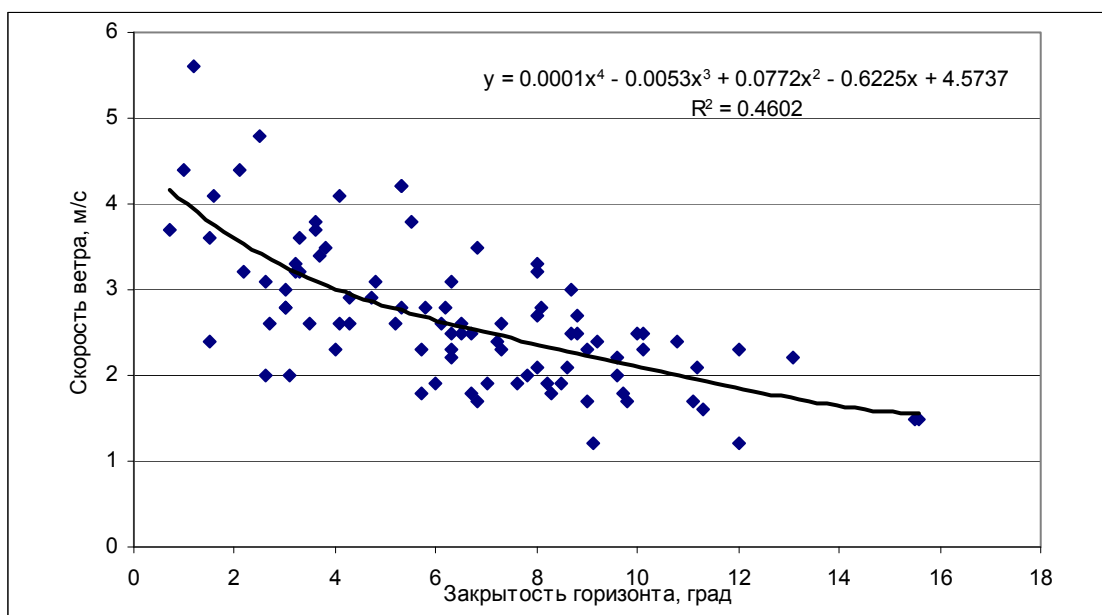


Рис.1. График зависимости скорости ветра от закрытости горизонта

Был рассчитан коэффициент корреляции между закрытостью горизонта и коэффициентом  $K_z$ , который составил за 2000, 2001 и 2002 гг. соответственно 0,82, 0,79 и 0,93. Таким образом, учитывая отличия в скорости ветра в зависимости от румба, получаем более тесную зависимость скорости ветра и защищенности. Полученные результаты представлены на рис. 2.

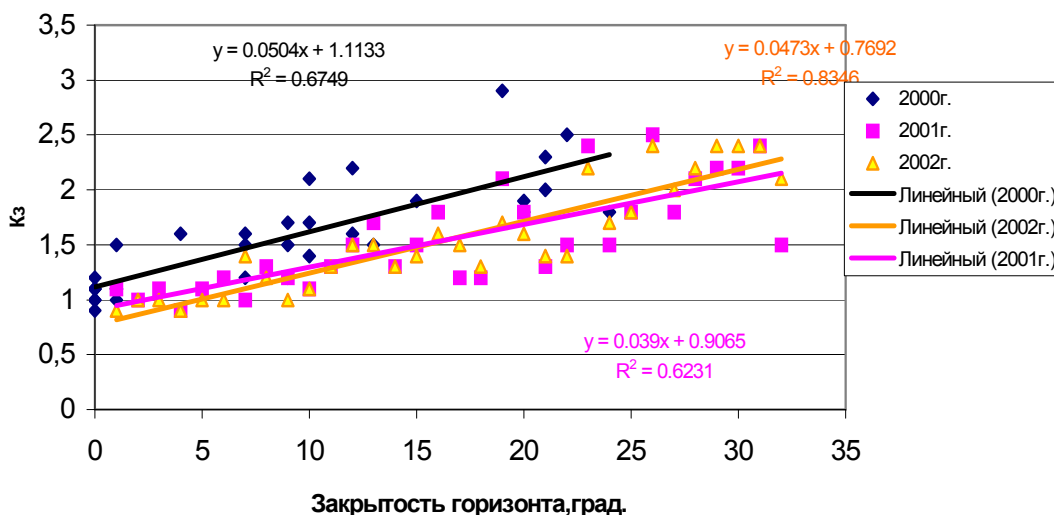


Рис. 2. Зависимость коэффициента изменения скорости ветра от закрытости горизонта.

Характеристики наблюдаемого ветра должны быть репрезентативны для данной местности (по крайней мере, на расстоянии нескольких километров). Данные о направлении и скорости ветра, определяемые на метеостанциях на высоте 10 м над

подстилающей поверхностью, можно распространить лишь на участки территории, сходные по местоположению с условиями метеорологической станции. Считается, что режим равнинной территории отражает метеостанция, расположенная на открытом ровном месте. Ее данные будут репрезентативны только для открытых ровных мест. Если же станция находится на склоне холма, то распространять данные можно только на аналогичные склоны соответствующей ориентировки.

Станций, защищенность которых определяется только рельефом, не так уж много. В большинстве случаев на влияние форм рельефа накладывается влияние застройки, древесной растительности и других препятствий в ближайшем окружении метеорологической площадки [5].

Чтобы оценить влияние препятствий, окружающих метеорологическую площадку, на интенсивность турбулентности ветровых потоков на высоте установки ветроизмерительных приборов, нами было рассмотрено изменение средней многолетней скорости ветра и среднеквадратичного отклонения по многолетним данным (1961 – 1990 гг.) по трем станциям Украины, расположенным в разных климатических зонах и в разных условиях шероховатости подстилающей поверхности (табл.).

Станция Херсонесский Маяк расположена на узком выступающем в море мысе, метеостанция Аскания Нова расположена в степи, а метеостанция Тетерев – в окружении хвойного леса и одноэтажной застройки.

По данным, представленным в таблице, можно судить о годовой амплитуде средней месячной скорости ветра в зависимости от характера подстилающей поверхности.

**Таблица.** Средняя многолетняя скорость ветра ( $\bar{v}$ ), годовая амплитуда ( $A$ ) и среднеквадратичное отклонение ( $\sigma$ )

Пункт		Месяцы												Год	A
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Тетерев	$\bar{v}$	2,4	2,5	2,5	2,4	2,2	2,0	2,0	1,9	1,9	2,1	2,4	2,3	2,2	0,6
	$\sigma$	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,6	0,7	0,5		
Аскания Нова	$\bar{v}$	4,9	5,5	5,1	4,7	4,1	3,7	3,6	3,7	3,7	4,0	4,5	4,5	4,3	1,9
	$\sigma$	1,0	1,5	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,9	0,9	0,6		
Херсонесский Маяк	$\bar{v}$	7,2	6,8	6,3	5,4	4,8	4,5	4,6	4,8	5,1	5,7	6,4	7,2	5,7	2,7
	$\sigma$	1,1	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,8	0,9	1,1	0,9		

Как показано в таблице, в зимние месяцы межгодовая изменчивость скорости ветра характеризуемая величиной  $\sigma$ , больше, чем в теплый период, на всех трех станциях. Однако годовая амплитуда  $A$  скорости ветра больше на той станции, где значения шероховатости наименьшие (Херсонесский Маяк).

Таким образом, при использовании информации о скорости ветра необходимо учитывать условия размещения ветроизмерительных приборов, и в случае их значительной защищенности препятствиями, производить корректировку данных.

1. Бызова Н.Л., Иванов В.Н., Гаргер Е.К. Турбулентность в пограничном слое атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 263 с.

2. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Метеорологические наблюдения на станциях. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – Вып. 3, ч. 1. – 300 с.
3. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений. – ВМО №8, Гл. 6. Женева, 1990. – 14 с.
4. Швень Н.І., Петренко К.В. Залежність вікових змін швидкості вітру в приземному шарі атмосфери від характеру циркуляційної епохи і сонячної активності // Праці ЦГО, 2006. – вип. 2 (16). – с. 52-56.
5. Швень Н.І. Про приведення швидкості вітру до умов відкритого рівного місця // Відновлювана енергетика. – 2006. – №1. – с. 47-50.

#### **Н.І. Швень**

#### **ЗАЛЕЖНІСТЬ ШВИДКОСТІ ВІТРУ В ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ ВІД ЗАХИЩЕНОСТІ ВІТРОВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ**

*Виявлені причини і характер впливу захищеності вітровимірювальних приладів на характеристики вітру, встановлена залежність швидкості вітру від закритості горизонту, виміряної в кутових градусах, що дає можливість враховувати ступінь достовірності (репрезентативності) вимірювань характеристик вітру для оточуючої місцевості.*

#### **N.I. Shven**

#### **DEPENDENCE BETWEEN WIND SPEED IN THE SURFACE LAYER AND SECURITY OF WIND MEASURE DEVICES**

*The reasons and character of influence of local sheltering of wind instruments on wind speed are established. Is defined that speed of surface wind is varies with azimuth of obstacles measured in angular degrees, that gives the possibility to consider availability of measurements of wind speed and direction for surrounding district.*