

УДК 911+502.174.3

А. Н. НЕКОС, канд. геогр. наук, доц., **Я. Є. МОЛОДАН**
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Пл. Свободи, 6, м. Харків, 61022
molodanjana@gmail.com

ОЦІНКА ВІТРОВОГО РЕЖИМУ ТЕРИТОРІЇ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ ЦІЛЕЙ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ

Проаналізовано вітровий режим території Харківської області. Побудовано карту розподілу середньорічних швидкостей вітру. Середня швидкість вітру коливається від 1,61 до 3,63 м/с. Середньорічна швидкість вітру по області складає 2,5 м/с. Встановлено, що швидкість вітру зменшується з північного заходу на південний схід області. У холодний період року (листопада – березень) спостерігається підвищення швидкості вітру, у теплий період (квітень – жовтень) швидкість вітру знижується, переважають малоактивні процеси. Переважають вітри східних напрямків.

Ключові слова: швидкість вітру, вітровий потенціал, вітроенергетичний потенціал

Некос А. Н., Молодан Я. Е. ОЦЕНКА ВЕТРОВОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

Проанализирован ветровой режим территории Харьковской области. Построена карта распределения среднегодовых скоростей ветра. Средняя скорость ветра колеблется от 1,61 до 3,63 м/с. Среднегодовая скорость ветра по области составляет 2,5 м/с. Установлено, что скорость ветра уменьшается с северо-запада на юго-восток области. В холодный период года (ноябрь – март) наблюдается повышение скорости ветра, в теплый период (апрель – октябрь) скорость ветра снижается, преобладают малоактивные процессы. Преобладают ветра восточных направлений.

Ключевые слова: скорость ветра, ветровой потенциал, ветроэнергетический потенциал

Nekos A. N., Molodan Ja. E. EVALUATION WIND REGIME IN KHARKOV AREA FOR WIND ENERGY

Wind regime of Kharkiv region was analyzed. A map of the distribution of average annual wind speeds was created. The average wind speed ranges from 1,61 to 3,63 m/s. The average wind speed for the region is 2,5 m/s. It was found that the wind speed decreases from north-west to south-east part of the region. In the cold season (November – March) there is an increase of wind speed, in the warm season (April – October) the wind speed decreases, low-activity processes are dominated. East wind directions prevail.

Keywords: wind speed, wind potential, wind energy potential

Вступ

Постановка проблеми. Рівень розвитку енергетики є базовим показником економічного і технологічного розвитку країни. Висока енергоємність внутрішнього валового продукту, зростаючий попит на енергетичні ресурси на фоні скорочення запасів традиційних енергоносіїв та зростання світових цін на них посилюють залежність України від імпорту нафти та природного газу для задоволення потреб населення і економіки в енергетичних продуктах, що створює загрозу енергетичній безпеці, яка є однією із важливих складових економічної безпеки нашої держави [1]. Це стало стимулом для зростання зацікавленості у відновлювальних джерелах енергії, серед

яких найбільшого розвитку набули сонячна та вітрова енергія [2].

Розвиток вітрової енергетики значної мірою залежить від вітроенергетичного потенціалу території. Для оцінки вітроенергетичного потенціалу та перспектив його використання для виробництва електричної енергії необхідно мати достовірну інформацію про просторово-часовий розподіл характеристик вітру. Основним джерелом первинних даних для таких досліджень є спостереження за вітровими характеристиками на опорній мережі метеорологічних станцій [3]. Дані, зібрані на метеопостах, аналізуються для оцінки і планування майбутніх вітроенергетичних проєктів на території дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Велика кількість наукових праць як вітчизняних, так і іноземних вчених, присвячені оцінці вітрового потенціалу різних територій, що вказує на чималий інтерес до цієї теми. У Російській Федерації було проведено оцінку ресурсів вітрової енергії Мурманської [4], Томської [5], Калінінградської [6] областей, Алтайського краю [7] та ін. Численні дослідження вітрового потенціалу також ведуться у країнах Європи, Китаї, Індії, США та Канаді.

Чимало досліджень, які можуть бути використані при оцінці вітропотенціалу, існують і для території України. У 1950 р. був опублікований «Климатический справочник СССР. Выпуск 10» (по Українській РСР), у 40 таблицях якого було вміщено результати багаторічних спостережень за основними метеорологічними величинами за період з 1891 по 1935 рр. У 1967 р. було опубліковано монографію «Климат Украины» за редакцією Г. Ф. Прихотька, А. В. Ткаченка та В. М. Бабиченко, яка містила докладну характеристику клімату України [8].

У 1966-1969 рр. у Київській гідрометеорологічній обсерваторії (Київська ГМО) був підготовлений новий випуск «Справочника по климату СССР. Выпуск 10», частина III якого містила інформацію про вітровий режим УРСР, представлену у вигляді таблиць по 225 метеорологічним станціям та областям країни з пояснюючим текстом до них. Цей довідник узагальнив дані вимірювань у період з 1936 по 1960 р. та дав змогу сформулювати уявлення про вітровий режим території України [9]. Наприкінці 90-х – початку 2000 рр. у був підготовлений «Кліматичний кадастр України», який включав розділ про атмосферний тиск і вітер. У ньому наводяться багаторічні показники метеорологічних величин за окрему годину, добу, місяць, а також за рік. Дані кадастру представляють собою особливий інтерес, оскільки містять значний фактичний матеріал метеорологічних спостережень на 187 станціях метеорологічної мережі Держгідромету України за період 1961-1990 рр., який визнано Всесвітньою метеорологічною організацією стандартним, що відображає сучасні кліматичні умови [8, 10].

У 2001 році колективом авторів під редакцією С. О. Кудрі було створено Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України. За їх оцінками річний технічний потенціал вітрової енергії України складає 30 млрд. кВт-год. Також було проведено районування території України за швидкостями вітру і визначено питомий енергетичний потенціал вітру на різній висоті відповідно до зон районування [11]. Л. В. Дмитренко та С. Л. Барандіч (2007) провели районування території України за показниками вітроенерго-ресурсів та побудували карти розподілу прикладних характеристик вітрової енергії. За їх оцінками найвищий потенціал мають узбережжя Чорного і Азовського морів, Південний берег Криму, вершини Українських Карпат, Кримських гір, а також Донецька височина, Приазовська та Причорноморська низовини [12]. Проте, серед численних досліджень вітрового потенціалу території України недостатньо робіт присвячених детальним дослідженням просторового розподілу вітрового потенціалу на територій окремих областей.

Перші систематичні метеорологічні спостереження на території Харківської області були розпочаті у 1810 році В. Н. Каразіним – засновником Харківського національного університету, який заклав метеорологічну станцію у с. Кручик і склав програму спостережень [10].

Вивченню клімату Харківської області та м. Харкова присвячені також праці харківського вченого проф. Дубинського Г. П. Особлива увага у його роботах приділялася характеристикам клімату, що зумовлюють особливості сільськогосподарського виробництва – світло-, тепло- та вологозабезпеченість території. Це передусім тривалість дня, кількість годин сонячного світла, сума активних температур, кількість опадів, тривалість вегетаційного періоду, аналіз вітрового режиму території був проведений оглядово, без аналізу основних закономірностей [13, 14]. М. О. Солоха у 2006 році у своїх дисертаційних дослідженнях виконав лише грошову оцінку вітрового потенціалу Харківської області [15], проте досліджень його територіальної диференціації не проводив.

Метою роботи є аналіз вітрових ресурсів території Харківської області шляхом проведення статистичної обробки даних вимірювань метеорологічних станцій (шви-

дкостей вітру, його напрямку) для подальшого визначення перспектив розвитку вітроенергетики на території дослідження.

Результати досліджень

Для оцінки вітрового режиму території були використані дані 10 метеорологічних станцій за період з 2005 по 2012 роки. Приземні метеорологічні спостереження на них проводяться у вісім синхронних строків спостереження: 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 та 21 годину за Грінвічем. Під строком розуміють інтервал часу тривалістю 10 хвилин, який закінчується в зазначений час. Так, 6-тигодинний строк відповідає інтервалу з 05.50 до 06.00 [16].

До переліку вимірюваних характеристик вітру відносяться: середня швидкість вітру в строк, середній напрям вітру в строк, максимальна швидкість вітру (максимальний порив) в строк, максимальна швидкість вітру між строками (максимальний порив вітру за 3 години).

Датчик анеморумбометра і флюгер встановлюються на висоті 10-15 м від поверхні землі. В окремих випадках, коли вітровий потік дуже спотворюється перешкодами, висоту можуть збільшити до 20 м.

Середня і максимальна швидкості вітру в строк вимірюються за 10-тихвилинний інтервал з точністю 0,5 м/с. Середній напрямок вітру – за 2-хвилинний інтервал в десятках градусів [16].

У роботі були проаналізовані основні кліматичні характеристики швидкості вітру, до яких відносяться середня швидкість ($V_{\text{ср.}}$), максимальна швидкість ($V_{\text{макс.}}$), повторюваність різних швидкостей вітру, розподіл швидкостей вітру протягом доби та року, а також переважаючі напрями вітру.

Середня швидкість вітру визначається як середньоарифметичне значення, отримане в результаті вимірювання швидкості через рівні проміжки часу протягом періоду дослідження:

$$V_{\text{ср.}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i, \quad (1)$$

де V_i – швидкість вітру в інтервалі вимірювання i ; n – кількість інтервалів вимірювань.

Показник середньорічної швидкості вітру є вихідною інформацією при прове-

денні оцінки потенційних вітроенергоресурсів території. Були підраховані середньорічні швидкості вітру на всіх десяти метеостанціях Харківської області. Результати розрахунків вказують на нерівномірний розподіл вітру на території області. Найбільша середньорічна швидкість вітру (3,63 м/с) спостерігається на метеорологічній станції Харків, що розміщена на півночі області, найнижча (1,61 м/с) – на метеостанції Куп'янськ, яка знаходиться у західній частині області (табл.). Середня швидкість вітру на території області становить близько 2,5 м/с на висоті 10 м над землею. Така швидкість вітру не є оптимальною для розвитку вітроенергетики, однак слід врахувати, що вісь обертання ротора сучасних вітрових турбін знаходиться на висоті близько 100 м, де вплив підстилаючої поверхні незначний або зовсім відсутній, вітровий потік більш сталий, а швидкості вітру вищі, а значить існує необхідність проведення вимірювань та моделювання швидкості вітру на більших висотах.

Результати розрахунків також були відображені на карті розподілу середньорічних швидкостей вітру (рис. 1). При побудові карти, окрім даних про середньорічні швидкості вітру з обласної мережі метеорологічних станцій, для покращення результатів інтерполяції були також використані дані про середньорічні швидкості вітру на 13 метеостанціях, що розташовані на суміжних з Харківською областю територіях: 4 станції у Білгородській області, Російська Федерація (Белгород, Валуйки, Готня, Новий Оскіл), 3 – у Полтавській області (Гадяч, Кобеляки, Полтава), 2 – у Дніпропетровській області (Губиниха, Павлоград), 2 – у Сумській області (Лебедин, Суми), 1 – у Донецькій області (Артемівськ) і 1 станція у Луганській області (Сватове). Результати досліджень свідчать про поступове зменшення середньорічних швидкостей вітру з північного заходу на південний схід, що можна пояснити збільшенням шорсткості підстилаючої поверхні.

Таблиця

Основні характеристики вітру на території Харківської області

№	Метеорологічна станція	Висота станції, м	$V_{\text{сер.}}$, м/с	$V_{\text{max.}}$, м/с	Переважаючий напрям вітру, %	Днів зі штилем, %
1.	Богодучів	202	3,06	16	ПдЗх (9,14%), СхПнСх (9,12 %), Сх (9,09%)	2,98
2.	Великий Бурлук	174	3,35	16	ЗхПнЗх (8,50%), ПдСх (7,88 %), ПдЗх (7,56%)	11,62
3.	Золочів	173	2,02	30	ПнСх (11,31%)	12,41
4.	Ізюм	78	1,73	12	ПдСх (7,30 %), СхПдСх (6,07 %)	28,66
5.	Коломак	178	2,74	35	ПдСх (10,23 %)	6,66
6.	Комсомольське	102	1,87	9	ПдСх (9,97 %)	17,84
7.	Красноград	159	2,17	11	Сх (9,90 %), ПдЗх (8,24 %)	9,72
8.	Куп'янськ	83	1,61	20	Пн (9,11 %), ПдЗх (7,84 %)	30,30
9.	Лозова	177	2,57	34	ПнСх (10,06 %), ПдЗх (9,23 %)	14,11
10.	Харків	155	3,63	48	ПдСх (9,94 %), ЗхПнЗх (9,27 %), СхПдСх (9,21 %)	8,41

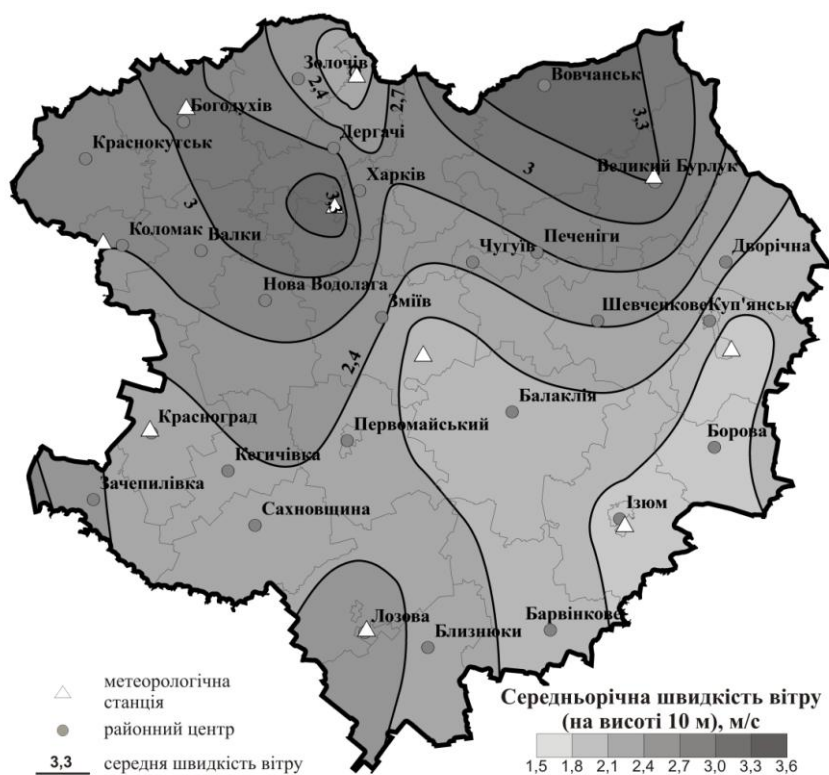


Рис. 1 – Розподіл середньорічних швидкостей вітру на території Харківської області (за період 2005-2012 рр.)

Важливим показником режиму вітру є його максимальна швидкість. Ця характеристика дозволяє оцінити ступінь небезпеки поломки вітроенергетичної установки з урахуванням її міцності. Максимальні швидкості вітру за період дослідження були зафіксовані на метеорологічних станціях Харків – 48 м/с (15.12.2008 р.), Коломак – 35 м/с (15.12.2009 р.) і Лозова – 34 м/с (26.12.2009 р.). Проте кількість днів з сильними поривами вітру незначна – менше 1 %, що є позитивним фактором при плануванні вітроенергетичних проектів.

Вітер змінюється щодня та протягом доби. Зазвичай для оцінки використовують середньомісячні швидкості вітру, оскільки вважається, що протягом місяця вітер відносно постійний та однорідний, хоча середньомісячна швидкість вітру може не відображати реальну ситуацію [5].

Для виявлення тенденцій у зміні швидкості вітру протягом року на території області у якості прикладу представлені результати з трьох метеорологічних станцій, які розміщені у різних частинах області і дають змогу уявити загальну картину. Для аналізу були обрані метеостанції Харків

(49°55'29" пн.ш., 36°17'24" сх.д., висота станції – 155 м., висота флюгера – 13 м) з найбільшою середньорічною швидкістю вітру, Куп'янськ (49°38'0" пн.ш., 37°42'0" сх.д., висота станції – 83 м., висота флюгера – 14 м) з найменшою середньорічною швидкістю вітру та Красноград (49°23'0" пн.ш., 35°27' 0" сх.д., висота станції – 159 м., висота флюгера – 13 м), середньорічна швидкість якої наближена до середньої по області.

Для досліджуваних метеостанцій річний хід середньомісячних швидкостей вітру подібний (рис. 2). Він характеризується підвищенням швидкості вітру у холодний період року – з листопада по березень, та її зниженням і відносно сталістю у теплий період року – з квітня по жовтень. Протягом травня-вересня на досліджуваних метеостанціях не відмічається істотних коливань середньомісячних швидкостей вітру, переважають малоактивні процеси. Аналогічний розподіл середньомісячних швидкостей вітру протягом року спостерігається і на інших метеорологічних станціях Харківської області.

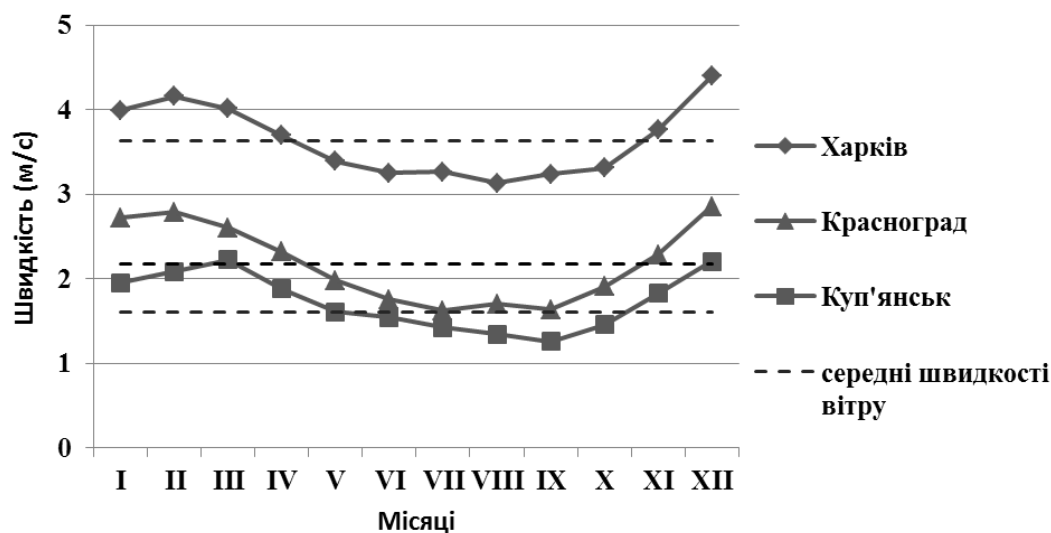


Рис. 2 – Річний хід середньомісячної швидкості вітру на метеостанціях Харківської області (2005-2012 роки)

Середньорічна швидкість вітру може залежати як від пануючих вітрів, так і від тимчасових сильних поривів вітру, тому при оцінці вітроенергетичних характеристик вітру велике значення мають не лише показники середньорічної швидкості, а і розподіл швидкостей вітру в часі – частота повторюваності різних градацій швидкості

вітру, яка враховується при оцінці інтервалів часу роботи вітроелектростанції при різних швидкостях вітру. За цими даними визначають розподіл режиму повторюваності робочої швидкості вітру, тривалість енергоактивної швидкості вітру та тривалість енергетичних штилів.

Результати проведених нами розрахунків свідчать про те, що найбільша кількість днів зі штилем на території області відмічається на метеостанціях Куп'янськ (30,3 %), Ізюм (28,66 %), Комсомольське (17,84 %), найменша – на станціях Богодухів (2,98 %), Коломак (6,66 %) та Харків (8,41 %) (табл. 1). Тобто, найбільша кількість безвітряних днів спостерігається на метеостанціях, що розміщені у південно-східній та центральній частині області, а найменша на метеостанціях, розташованих на північному заході Харківської області.

Повторюваність слабких вітрів (1-3 м/с), непридатних для цілей вітроенергетики, в середньому за рік по станціях Харків, Красноград, Куп'янськ становлять 43,9 %, 72,4 % та 59 % відповідно. Отже, можна стверджувати, що найбільший внесок у величину середньорічної швидкості вітру на метеостанціях Красноград та Куп'янськ мають вітри зі швидкістю менше 3 м/с. Швидкість вітру більше 3 м/с, яка є більш придатною для реалізації вітроенергетич-

них проектів, на цих станціях складає відповідно 47,7 %, 17,9 % та 10,7 %. На рисунку 3 показані зміни повторюваності середньомісячної швидкості вітру по градаціям швидкості для метеорологічних станцій Харків, Красноград та Куп'янськ.

Для цілей вітроенергетики дуже важливою також є інформація про переважаючі напрями вітру на території області. Її враховують при виборі форми рельєфу для будівництва вітряного парку, а також для оптимального розміщення вітрових турбін, орієнтованого на переважаючий вітер, та їх взаємного розташування.

Для характеристики імовірності виникнення вітру різної швидкості за напрямками були проведені відповідні розрахунки та побудовані рози вітрів для метеорологічних станцій Харків, Красноград та Куп'янськ (рис. 4-6). На території дослідження найбільші швидкості вітру відповідають переважаючим напрямкам вітру.

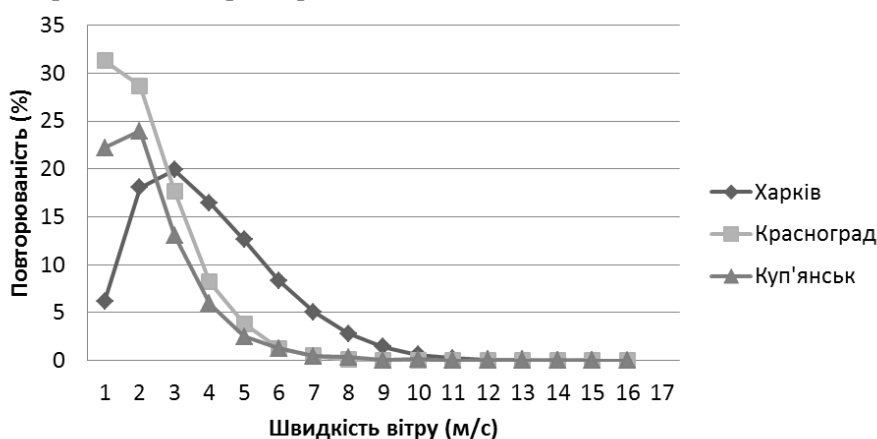


Рис. 3 – Повторюваність швидкостей вітру по градаціям протягом року на метеостанціях Харків, Красноград та Куп'янськ (за період 2005-2012 рр.)

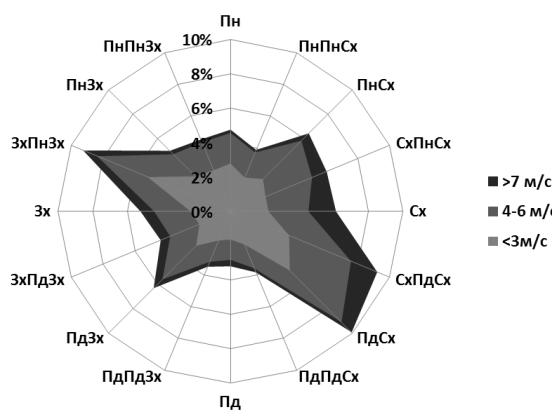


Рис. 4 – Повторюваність напрямків вітру за градаціями швидкостей на метеостанції Харків (2005-2012 р.р.)

Аналіз даних показав, що переважаючими є вітри східного напрямку. Майже на всіх станціях це вітри південно-східного напрямку, окрім станцій Богодухів,

де переважають південно-західні вітри, та Куп'янська з переважаючими північними та південно-західними вітрами.

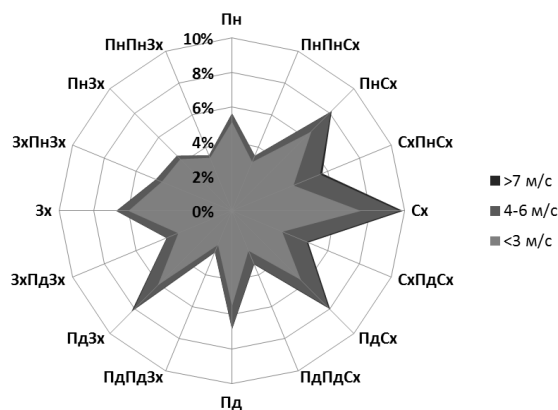


Рис. 5 – Повторюваність напрямків вітру за градаціями швидкостей на метеостанції Красноград (2005-2012 р.р.)

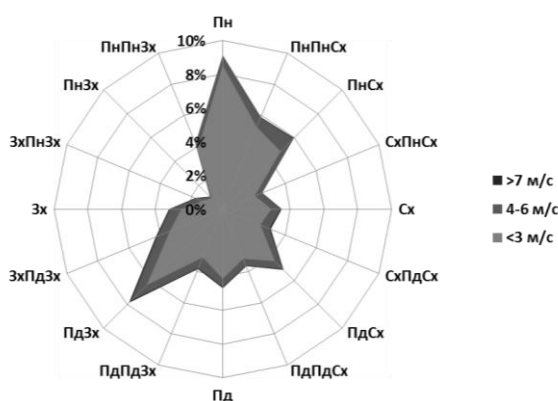


Рис. 6 – Повторюваність напрямків вітру за градаціями швидкостей на метеостанції Куп'янськ (2005-2012 р.р.)

Висновки

Виробництво електроенергії з відновлювальних джерел стає все більш актуальним, особливо для країн, які не мають достатніх власних запасів органічного чи ядерного палива. Для розвитку вітрової енергетики в Україні існує необхідність проведення метеорологічних досліджень, збору і обробки даних спеціалізованих показників вітру для визначення статистичних характеристик швидкості вітру за певний період часу.

Проведений аналіз літературних джерел показав відсутність ґрунтовних досліджень вітрового режиму території Харківської області, які є необхідними при визначенні вітроенергетичного потенціалу території та плануванні вітроенергетичних про-

єктів. У роботі було вивчено просторово-часовий розподіл основних характеристик вітру, що в подальшому дасть змогу оцінити придатність території Харківської області для використання енергії вітру.

Середньорічні швидкості вітру на території Харківської області коливаються від 3,35 – 3,63 м/с на північному заході області до 1,61 – 1,73 м/с на південному сході. Середньорічна швидкість вітру по області складає 2,5 м/с.

На основі даних 23 метеорологічних станцій, які розташовані у Харківській області та на суміжних з нею територіях, була побудована карта просторового розподілу середньорічних швидкостей вітру. Була

виявлена закономірність поступового зменшення швидкостей вітру з північного заходу на південний схід.

Також під час досліджень було встановлено, що річний хід середньомісячних швидкостей вітру характеризується підвищенням у холодний період року – з листопада по березень та зниженням і відносною сталістю швидкостей вітру у теплий період року – з квітня по жовтень на всій території області.

Найбільша кількість днів зі штилем була зафіксована на метеостанціях Куп'янськ та Ізюм (близько 30 % днів), які також характеризуються найнижчими середньорічними швидкостями вітру.

На території області протягом року переважають вітри східного напрямку (північно-східні, східні та південно-східні).

Вітри цього напрямку характеризуються найбільшою швидкістю.

Дані про середні швидкості вітру за тривалі проміжки часу, переважаючи напрями вітрів та їх просторово-часовий розподіл є лише вихідною інформацією для оцінки загального рівня інтенсивності вітру. У процесі подальших досліджень нами буде здійснена оцінка даних про рельєф місцевості, шорсткість підстилаючої поверхні, наявність затінюючих елементів, висоту метеорологічної станції над поверхнею землі.

Враховуючи запити сучасної вітроенергетичної галузі також є доцільним здійснити аналіз швидкостей вітру на більших висотах, вивчити вертикальний профіль швидкостей вітру.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гордієнко В. П. Енергетична складова в системі економічної безпеки України / В.П. Гордієнко, М.Л. Гончарова // Інноваційна економіка. – 2012. – №4 (30). – С. 33-36.
2. Молодан Я. С. Проблеми електроенергетичної галузі України та їх вплив на стан навколишнього природного середовища // Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування. Матеріали I Всеукраїнської (з міжнародною участю) наукової конференції студентів, магістрантів, аспірантів та молодих вчених. – Х.: Вид-во ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. – С. 84-87.
3. Любімов О. Д. Методика оброблення статистичних даних параметрів вітру для прийняття рішення щодо розміщення вітроенергоустановки в конкретному регіоні / О. Д. Любімов, В. М. Коваленко, А. І. Чубенко // Електроніка та системи управління. – 2011. – №2 (28). – С. 116-119.
4. Минин В. А. Ресурсы ветровой энергии Мурманской области и возможности их промышленного использования / В. А. Минин [и др.] Режим доступа до статті: http://www.kolasc.net.ru/russian/sever06/sever_9.pdf
5. Журавлев Г. Г. Оценка ветроэнергетического потенциала Томской области // Вестник Томіни / [С. О. Кудря, Л. В. Яценко та ін.]. – Київ, НАН України. – 2001. – 102 с.
6. Дмитренко Л. В. Вітроенергетичні ресурси в Україні / Л. В. Дмитренко, С.Л. Барандіч // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. – 2007. – Вип. 256. – С. 166-173.
7. Дубинский Г.П. Климат Харьковской области / Я. А. Смалько, А. И. Лотошникова // Харьковская область, природа и хозяйство: Материалы Харьковского отдела Географического общества Украины. – Харьков: ХГУ. – 1971. – Вып.8. – С.31-41.
8. Дубинский Г.П. Климат города Харькова / Г. П. Бабич, А. И. Лотошникова // Харьковская область, природа и хозяйство: Материалы Харьковского государственного университета. – 2001. – Том № 274. – С. 141 – 147.
9. Орлова Н.С. Ветроэнергетические ресурсы Калининградской области и возможности их рационального использования: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Калининград, КГТУ, 1996.
10. Мещеряков В. А. Ветроэнергетический потенциал Алтайского края / В. А. Мещеряков, В. Я. Федянин // Ползуновский вестник. – 2007. – № 4. – С. 92-94.
11. Бабіченко В. М. Кліматологічні дослідження за 50 років існування УкрНДГМІ та перспективи їх розвитку / В. М. Бабіченко, Н. В. Ніколаєва, С. Д. Рудішина, І. М. Щербань // Географічна наука і освіта в Україні. – К.: ВГЛ „Обрії”. – 2003.
12. Справочник по климату СССР. Вып. 10. Украинская ССР. Часть 3. Ветер / [Под ред. Л. С.Березиной] – Л.: Гидрометиздат. – 1967. – 682 с.
13. Чомко К.С. Атмосферні процеси і географічні фактори формування клімату України / К. С. Чомко, Ю. Ф. Кобченко, О. І. Решетова // Вісник Харківського національного університету. – 2006. – № 864. – С. 186- 189.
14. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії Українського відділу Географічного общества України. – Х.: ХГУ. – 1971. – Вып.8. – С.42-50.
15. Солоха М. О. Природно-ресурсний потенціал Харківської області. Оцінка, управління, прогноз на основі геоінформаційних систем: дис... канд. геогр. наук: 11.00.11 / Харківський національний ун-т ім. В.Н.Каразіна. – Х., 2006. – 160 с.
16. Клеєвська В. Л. Приземні метеорологічні спостереження: навч. посіб. / В. Л. Клеєвська, О. О. Поліщук. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2010. – 52 с.

Надійшла до редколегії 7.10.2012

