

**АНАЛИЗ НА ДАННИ ЗА ВЕТРОВИЯ ПОТЕНЦИАЛ, ПОЛУЧЕНИ ОТ
ИЗМЕРВАНИЯ С ВИСОКИ МЕТЕОРОЛОГИЧНИ МАЧТИ,
РАЗПОЛОЖЕНИ В СЕВЕРНА БЪЛГАРИЯ**

Петър Петров, Иван Геновски, Ангел Терзиев, Венцислав Вълчев

**WIND POTENTIAL DATA ANALYSIS BASED ON ON-SITE
MEASUREMENTS WITH TALL METEOROLOGICAL MASTS INSTALLED
IN NORTHERN BULGARIA**

Petar Petrov, Ivan Genovski, Angel Terziev, Ventsislav Valchev

Abstract

The current work has studied the possibility of correlation between wind data collected with tall meteorological masts in Northern Bulgaria. The processed data were collected for the same time period. The analysis is based on daily wind data. The correlation was made taking into consideration the following factors: the height of carried wind measurements, the prevailing wind direction, and the surface roughness of the relief. The analysis of the distance effect between meteorological masts is also considered. The possibility of modeling the wind velocity field for the area limited by the meteorological mast locations is examined. For this purpose for wind speed velocity field description is used triangulation with linear interpolation between the data. Data interpolation was made based on compulsory condition for relative flatness of the terrain.

Въведение

Познаването на полето на скоростта на вятъра е от основно значение за определянето на енергопроизводството от дадена площадка. Скоростното поле за дадена площадка може да бъде построено на база данни, получени от натурни измервания в близост до площадката за период не по-малък от една година. Измерванията се осъществяват със специализирано оборудване, монтирано на висока

метеорологична мачта съгласно действащите норми и стандарти [1]. Така на база данните от дългогодишното измерване е възможно да бъде построено полето на скоростта на вятъра в околност на точката на измерване. При определяне на скоростното поле за дадена площадка трябва да се вземат под внимание не само скоростта и посоката в точката на измерване но и структурата на релефа. Тук трябва да бъде отбелязано, че резултатите от симулацията са най-достовърни в близост до точката на измерването. С отдалечаването от нея грешката нараства, като най-голяма се очаква да бъде при комплексните терени (планински или силно пресечени местности).

В настоящата работа е направен опит за изследване влиянието на определени параметри от натурните измервания при построяването на скоростно поле на вятъра на базата на данни, събирани посредством 15 броя високи метеорологични мачти разположени по поречието на р. Дунав и северната част на България. Събраните и анализирани до момента данни са за едномесечен период.

В конкретния случай корелацията между данните е на базата на осреднени стойности по дни.

При анализите са взети под внимание височината на проведените измервания и особеностите на релефа. Разгледана е и възможността за изследване на влиянието на отстоянието между отделните точки на измерване върху степента на корелация между данните.

Относителна равнинност на релефа в областите на инсталиране на измервателните съоръжения в известна степен позволява моделиране на скоростното поле на вятъра. Използван е метод на триангулация с линейна интерполация за моделиране на скоростното поле между мачтите, като е указана и съответна степен на доверителност на данните. Поради сравнително късия период на измерване (1 месец) е предложена методика за корелация между данните. На по-късен етап при поне 6 месечен период на измерване ще бъде възможно прецизиране влиянието на други параметри влияещи при формирането на скоростното поле, респ. вятърен атлас за изследвания регион.

Анализ на данните за скоростта на вятъра в точките на измерване. Корелационен анализ

Направен е корелационен анализ на база данните за скоростта на вятъра, събирани от високи метеорологични мачти, разположени в

Северната част на България съгласно фиг. 1. Разположението на метеорологичните мачти е съобразено с топологията на релефа. На местата където релефът е по-комплексен, мачтите са разположени по-нагъсто една до друга с цел получаването на по-достоверно скоростно поле в тези зони.



Фиг. 1. Разположение на метеорологичните мачти

В настоящия доклад се предлага подход за оценка на взаимовръзката на реални данни, получени за сравнително къс период от време (един месец) на база корелационен анализ. Корелацията е извършена само по отношение един параметър: средно дневна скорост на вятъра. На този етап изискване за прецизиране на резултатите чрез отчитане на влиянието на други два основни параметъра върху разпределението на скоростното поле – преобладаваща посока на вятъра и факторна грапавост на релефа не се поставя. Оценка на тези параметри ще бъде възможна едва след набавянето на допълнителни данни на следващ етап от изследването.

При корелационният анализ е използван корелационен коефициент на Пирсънов, съгласно следната зависимост [2]:

$$r_{xy} = \frac{n \sum_i x_i y_i - \left(\sum_i x_i \right) \left(\sum_i y_i \right)}{\sqrt{\left[n \sum_i x_i^2 - \left(\sum_i x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_i y_i^2 - \left(\sum_i y_i \right)^2 \right]}}, \quad (1)$$

където r_{xy} – корелационен коефициент, $[-1.0, +1.0]$;
 x, y – изследвани променливи;
 n – брой на изследваните извадки.

Изследваните променливи x, y представляват средно дневната скорост на вятъра. Те са стойностите на този параметър съответно за две точки, между които се прави корелацията.

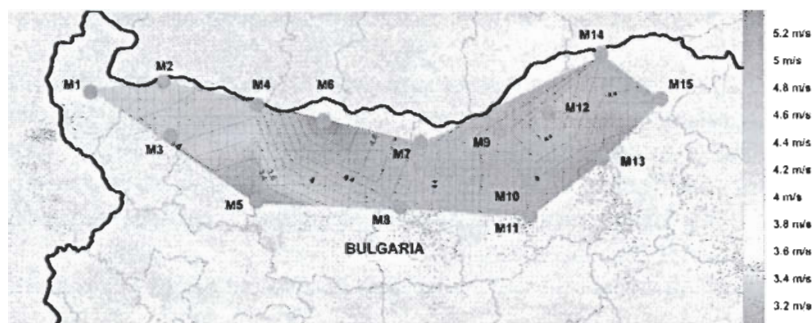
В табл. 1 са представени обобщените резултати от корелационния анализ. Те са на база средно дневни скорости на вятъра за период от време 1 месец. От таблицата е видно, че от всички възможни комбинации (на брой 104), данните с висок корелационен коефициент могат да се обособят две основни групи – едната, формирана от мачтите инсталирани по поречието на р. Дунав и такава във вътрешността на страната. Така например при сравнение на данни от мачти M1, M2, M4 и M6 корелационния коефициент е над 88%, което означава, че е възможно да бъде построено достатъчно достоверно скоростно поле за тази област, поради сходните условия за грапавостта на релефа, без да бъде отчитано влиянието на преобладаващата посоката на вятъра. Същото важи и за регионите дефинирани от мачти „M1, M3, M5, M8“, „M7, M9, M12 и M14“, както и „M10, M11“ и „M13, M15“. За всяка една от тези групи е възможно построяването на първоначално достатъчно достоверно разпределение на скоростта на вятъра.

По сложен, обаче стои въпросът при сравнението на данни между мачти, получени от крайречието и такива от вътрешността на страната. За тези случаи корелационните коефициенти са в интервала 60÷85. По-ниската корелация тук се дължи не само на неотчитането на факторите „посока на вятъра“ и „факторната грапавост“, но и неотчитането на „топология на релефа“. Това са основните параметри, които в последващият етап при натрупването на достатъчни данни ще бъдат разгледани и ще бъде оценено тяхното влияние върху разпределението на скоростното поле.

С оглед анализ на данните от натурните измервания в настоящата работа е направена триангулация с линейна интерполация. При този подход се създават триъгълници като за тази цел се изчертават линии между входните (зададените) точки. Тези точки се свързват по начин по който страните на формираните отделни триъгълници не се пресичат. Като резултат се получава мрежа изградена от n на брой триъгълници. Този методът на триангулацията с линейната интерполация се прилага най-добре, когато входните данни по Z са разпределени равномерно в областта на полето на мрежата.

На база на обобщените данни от измерванията (средно дневни за период от един месец) е построена първоначална картина на скоростното поле (фиг. 2) при използване на метода на триангулация с линейна интерполация. Това е едно първо приближение на поставената задача, тъй като при интерполациите са взети под внимание единствено средните скорости на измерваните височини. Разпределението по посока и грававост на релефа се предвиждат да бъдат отчетени при наличие на данни за по-дълъг период от време.

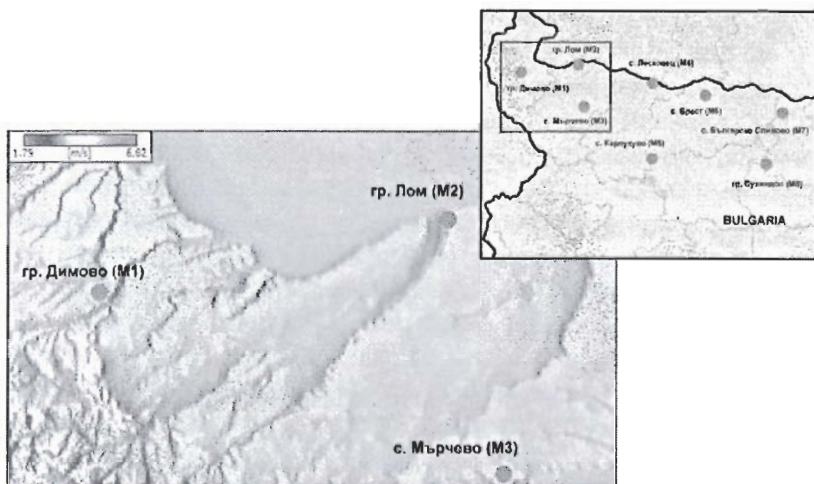
Съгласно гореописания метод може да бъде получена експресна картина за разпределение на вятъра в изследваните точки, като скоростното поле между двете групи точки може да бъде прецизирано с отчитане на влиянието на двата основни параметъра – посока и грававост на релефа.



Фиг. 2. Разпределение на скоростното поле на база триангулация с линейна интерполация

Наред с линейната интерполация по горния метод е проведена допълнителна числена симулация с цел независима оценка на

влиянието на фактора „топология на релефа“. За тази цел се използва програмен продукт представящ разпределението на скоростното поле и предварително построена тримерна карта на релефа на изследваната област. Тъй като обхванатата от точките площ е много голяма на този етап е показана симулация за региона обграден от мачтите M1, M2 и M3. На фиг. 3 е представен резултатът от симулацията, съгласно методиката, описана в [3].



Фиг. 3. Поле на скоростта на вятъра, базирано на числена симулация

Важно е да се отбележи, че като основни данни при симулацията са използвани данните, получени от мачтата в близост до гр. Димово. Тези данни от мачтите на гр. Лом и с. Мърчево са използвани като референтни. Това означава, че както техните скоростни полета, така и техните характеристики по посоки са коригирани спрямо основната мачта с цел прецизиране.

Целта на числената симулация е да покаже, че между резултатите получени по двата метода се наблюдава значително добро съвпадение - за изследваната област съгласно фиг. 2 средната скорост е от порядъка на 4.0÷4.2 m/s, а съгласно числената симулация (фиг. 3) е: 4.1÷4.3 m/s. На фиг. 3 скоростното поле е значително по-детайлно, поради факта, че пресмятанията се извършват във всяка от многото на брой клетки, формиращи изчислителната мрежа. Важното тук което

трябва да се отбележи е, че при числената симулация под внимание е взета топологията на релефа. Това е и причината в някой от показаните зони скоростта да бъде по-висока в сравнение с тази, получена от интерполацията. Това доказва всъщност, че в околности на точките на измерване при относителна равнинност на терена скоростното поле може да бъде прието за много близко до реалното. По-сложен обаче остава въпросът за разпределението на скоростното поле между отделните точки. Първоначалните корелации и анализи показват, че като основни параметри при формирането на скоростното поле трябва да бъдат посочени най-вече факторната грапавост и разпределението по посоки (роза на вятъра). В по-нататъшната работа на колектива ще бъде разгледано и оценено влиянието на тези два параметъра при формиране на разпределението на скоростта. На местата, където теренът е по-силно пресечен (комплексен) ще бъде необходимо въвеждането на допълнителни фактори с цел прецизиране на полето.

3. Заключение

В настоящата работа е представен възможен подход за предсказване на разпределението на скоростното поле на база данни събрани от метеорологични мачти в северната част на България. Благодарение на първоначалните корелационни анализи и проведените числени симулации са посочени два основни параметъра, които е необходимо да бъдат разгледани и изследвани с цел да бъде определено тяхното влияние при разпределение на скоростното поле. На следващ етап ще бъде оценена и възможност за включване на допълнителни параметри в анализите с цел прецизиране на скоростното поле.

Благодарности:

Настоящата работа е финансирана по проект № ДО02-48/10.12.2008, ТУ-Варна, "РАЗВИТИЕ НА СПЕЦИАЛИЗИРАНА НАУЧНА ИНФРАСТРУКТУРА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ ПОТЕНЦИАЛА НА СЪНЦЕТО И ВЯТЪРА"

Литература:

- [1]. Петров П., А. Терзиев, А. Иванов, Типове мачти и измервателно оборудване, прилагани при изследванията на ветровия потенциал. Видове измервания, Сборник с доклади на Национална конференция с международно участие „Механизми, машинна механика, машиностроителни и енергийни технологии' 2009", 26–28 Юни, м. Бакаджика, Сливен 2009, сп. Механика на машините, стр. 42-45, ISSN 0861-9727.
- [2]. <http://www.goldensoftware.com/Surfer9TrainingGuide.pdf>
- [3]. Петров П., А. Терзиев, И. Геновски, Симулиране на вятърен поток върху терен с използване на CFD софтуер, Сборник доклади на XIV Научна конференция с международно участие, ЕМФ' 2009, т. 1, 17 – 20 Септември, 2009г., Созопол, стр. 125-130, ISSN 1310-9405.

докт. инж. Петър Боянов Петров, Про ЕкоЕнергия ООД, e-mail: pp@ecoenergia-bg.eu
доц. д-р инж. Иван Кирилов Геновски, ТУ-София, e-mail: genovski@tu-sofia.bg
гл. ас. д-р инж. Ангел Костадинов Терзиев, ТУ-София, e-mail: aterziev@tu-sofia.bg
доц. д-р инж. Венцислав Цеков Вълчев, ТУ-Варна, e-mail:
vencivalchev@hotmail.com