

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРА ШЕРОХОВАТОСТИ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

О. П. Мешик¹, А. С. Протасевич²

¹ Декан факультета инженерных систем и экологии, учреждение образования «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, omeshik@mail.ru

² Ассистент кафедры природообустройства, учреждение образования «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, protasevichnastua@gmail.com

Аннотация

В работе рассмотрены особенности определения параметра шероховатости подстилающей земной поверхности. Дана оценка ближайшего окружения метеорологических площадок Белорусского Полесья. Анализируется влияние параметра шероховатости на характеристики ветрового режима.

Ключевые слова: шероховатость, метеостанция, параметр шероховатости, скорость ветра.

ASSESSMENT OF THE ROUGHNESS OF THE UNDERLYING SURFACE ON THE EXAMPLE OF THE BELARUSIAN POLESIE

A. P. Meshyk, A. S. Pratasevich

Abstract

The paper considers methods for calculating the roughness parameter of the underlying surface. The assessment of the neighbouring environment of the meteorological sites of the Belarusian Polesie is given. The influence of the roughness parameter on the characteristics of the wind regime is analyzed.

Keywords: roughness, meteorological station, roughness parameter, wind speed.

Введение. Для решения практических задач, стоящих перед экономикой страны, важную роль играет рельеф местности. В последние годы все актуальнее становится анализ влияния рельефа на разные секторы экономики, так как именно от рельефа зависят такие факторы, как климат, в частности, ветровой режим, развитие эрозионных процессов, сельскохозяйственное и промышленное производство, строительство и др. [1]. Влияние рельефа местности в большей степени определяется шероховатостью подстилающей земной поверхности, которая устанавливает тип местности и соответствующий параметр z_0 .

Параметр шероховатости z_0 является важной характеристикой при оценке ветрового режима территорий, определения местоположения метеорологиче-

ских площадок и др. Как известно, ветровой режим оказывает существенное влияние на устойчивость сельскохозяйственного производства, развития ветроэнергетики, промышленного, гражданского и энергетического строительства.

Параметр шероховатости характеризует степень расчлененности местности непосредственно вблизи пункта измерений. Фактически z_0 – это высота, на которой скорость ветра становится равной 0, если профиль скорости имеет логарифмический характер изменения.

Согласно ТКП 17.10-39-2012 [2], параметр шероховатости характеризуется высотой h и поперечным сечением S . Для элементов шероховатости, распределенных более или менее равномерно по площади, вводится дополнительный параметр – площадь A_h , приходящаяся на один элемент. Тогда z_0 описывается следующим соотношением

$$z_0 = 0,5 * h * \frac{S}{A_h}, \quad (1)$$

где z_0 – параметр шероховатости, м; h – высота; S – поперечного сечения; A_h – площадь.

Также параметр z_0 можно выразить через профиль ветра по вертикали через логарифмическую или степенную зависимости [3, 4, 5]:

$$V_z = V_a * \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_a/z_0)}, \quad (2)$$

$$V_z = V_a * (z/z_0)^\alpha, \quad (3)$$

где V_a – скорость ветра на высоте анемометра или другого измерительного прибора; z – высота над поверхностью земли; z_a – высота анемометра или другого измерительного прибора, чаще около 10 м; z_0 – параметр шероховатости поверхности или высота (условная), на которой скорость равна нулю; α – показатель степени, зависящий от температурной стратификации, шероховатости подстилающей поверхности и величины самой скорости.

В свою очередь между степенным и логарифмическим законами, описывающими вертикальный профиль ветра, существует следующая зависимость

$$\alpha = \frac{1}{\ln(z_a/z_0)}. \quad (4)$$

В 2010 году в Республике Беларусь на альтернативной основе была введена Европейская система проектирования, изготовления и монтажа – Еврокоды. Определение ветровых воздействий производили в соответствии с ТКП EN 1991-1-4 «Воздействие на конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия» [6], а в 2019 году на его основе были разработаны и введены Строительные нормы Республики Беларусь – СН 2.01.05-2019 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Ветровые воздействия» [7], которые предлагают рассчитывать коэффициент местности, напрямую зависящий от параметра шероховатости, который в будущем позволит рассчитать коэффициент типа местности [8, 9]

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,ji}} \right). \quad (5)$$

Согласно [6], типы местности классифицируются в соответствии со следующими параметрами шероховатости z_0 (таблица 1).

Таблица 1 – Типы местности и параметры шероховатости z_0 согласно [6]

Тип местности	z_0 , М	z_{min} , М
0 Моря или открытые побережья морей	0,0003	1
I Озера или плоская местность с незначительной растительностью без преград	0,01	1
II Открытая местность с низкой, как трава растительностью и изолированными отдельно стоящими преградами (деревьями, зданиями), расстояние между которыми составляет как минимум 20-кратное значение их высот	0,05	2
III Местность с равномерной растительностью или зданиями или преградами, расстояние между которыми не превышает 20-кратного значения их высот (деревни, пригородные зоны, протяженные лесные массивы)	0,3	5
IV Территории, в пределах которых, по крайней мере, 15 % поверхности покрыто зданиями, высота которых превышает 15 м	1,0	10

В соответствии с [10] для размещения метеорологической площадки существуют определенные правила, которым необходимо следовать, но на сегодняшний день большая часть метеоплощадок не соответствует данным требованиям.

Целью данной работы является оценка ближайшего окружения метеорологических площадок метеостанций Белорусского Полесья и установление фактических параметров шероховатости подстилающей земной поверхности.

Материалы и методы. В качестве исходных материалов используются картографические данные, характеризующие окружение метеорологических площадок метеостанций Белорусского Полесья. В таблице 2 приведен перечень анализируемых метеорологических станций, расположенных как на территории Полесья, так и находящихся в непосредственной близости.

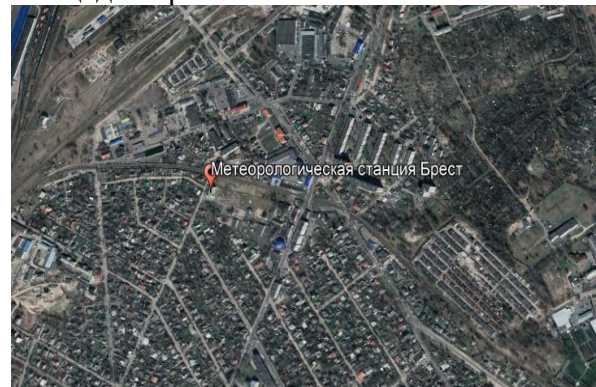
Таблица 2 – Метеорологические станции Белорусского Полесья, принятые в обобщении

Брестская область	Гомельская область	Минская область
Брест	Брагин	Любань
Высокое	Василевичи	Слуцк
Ганцевичи	Гомель	
Дрогичин	Житковичи	
Ивацевичи	Жлобин	
Пинск	Лельчицы	
Полесская	Мозырь	
Пружаны	Октябрьский	
Барановичи	Чечерск	

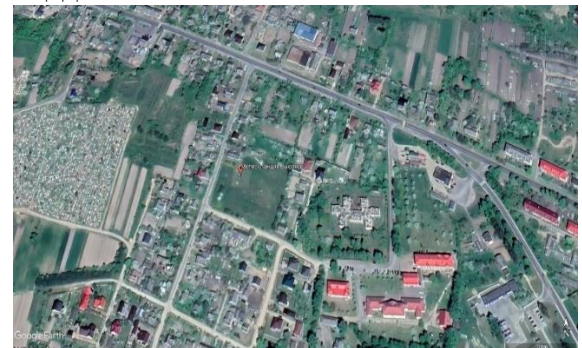
Результаты и обсуждения. В соответствии с [10] при расположении метеорологической площадки должны соблюдаться следующие требования: метеорологическая площадка должна быть удалена от невысоких отдельных препят-

ствий (одноэтажных построек, отдельных деревьев и т.п.) на расстояние не меньше 10-кратной высоты этих препятствий. От значительных по протяженности препятствий (лесов, больших групп построек, жилых кварталов и т.п.) площадка должна быть удалена на расстояние не меньше 20-кратной высоты этих препятствий, а также нельзя размещать метеорологическую площадку вблизи глубоких оврагов, обрывов и других резких изломов рельефа. Исходя из вышеперечисленных требований, можно сделать вывод о том, что тип местности, к которому относится конкретная метеоплощадка должен быть II (параметр шероховатости $z_0=0,05$ м). Однако анализ окружения действующих метеорологических станций Белорусского Полесья показывает, что не все метеорологические площадки отвечают данным требованиям. На рисунке 1 показано ближайшее окружение отдельных метеорологических станций и их площадок.

Метеорологическая площадка Брест



Метеорологическая площадка Высокое



Метеорологическая площадка Пинск



Метеорологическая площадка Василевичи



Метеорологическая площадка Житковичи



Рисунок 1 – Ближайшее окружение метеорологических станций Белорусского Полесья

Метеорологическая станция Брест находится на севере города Бреста. В ближайшем окружении метеоплощадки находятся в северном направлении, на расстоянии 90 м находится главное здание Брестоблгидромет, на расстоянии 100 м находится железная дорога и в 130 м располагается жилая застройка, которая представляет из себя одноэтажные здания. На расстоянии 30 м в юго-восточном направлении и 50 м в южном направлении находятся одноэтажные служебные помещения. На расстоянии 200 м в восточном направлении находится пятиэтажный дом. В 150 м на северо-западе также расположен пятиэтажный дом. На расстоянии 100 м в юго-западном направлении находятся отдельно стоящие деревья высотой 10–15 м. Непосредственное окружение метеоплощадки представлено древесно-кустарниковой растительностью. Все вышесказанное дает основание отнести окружение метеостанции к IV типу местности с $z_0=1,0$ м.

Метеорологическая станция Высокое находится в центре города Высокое, застройка которого представлена преимущественно одноэтажными домами. Ближайшие многоэтажные дома расположены с восточной и юго-восточной стороны от метеостанции. Большая территория метеоплощадки окружена сельскохозяйственными угодьями, с юго-восточной части лесным массивом. На расстоянии 400 м в северном направлении протекает река Пульва. В 50 м к северу расположено двухэтажное здание метеостанции, в восточном направлении от

метеоплощадки находится сарай, а в 180 м и 200 м к юго-востоку одноэтажный жилой дом и трехэтажное здание поликлиники, соответственно. На расстоянии 20–30 м метеоплощадку окружают отдельно стоящие деревья и древесно-кустарниковая растительность. Фактический тип местности III, $z_0=0,3$ м.

Метеорологическая станция Пинск размещается среди городской застройки. В ближайшем окружении метеостанции имеются многоэтажные дома и малоэтажные сооружения. К северу, на расстоянии 1,5 километров от метеоплощадки, находится лесной массив. На расстоянии 70 м на востоке находится двухэтажное административное здание, высотой 10 м. Древесно-кустарниковая растительность, находящаяся в окружении метеоплощадки в северном и северо-восточном направлениях, достигает высоты 3–15 м. На расстоянии 50 м в западном и южном направлениях находится гаражный кооператив. В 70 м в юго-восточном направлении построен гараж высотой 5 м. В 200 м к юго-западу от метеоплощадки расположен элеватор, в 150 м к северо-западу – химкомбинат. Фактический тип местности III, $z_0=0,3$ м.

Метеорологическая станция Василевичи расположена на восточной окраине г.п. Василевичи. Метеорологическая площадка находится в 80 м к северу от служебного помещения станции. Ближайшие одноэтажные строения расположены в 45 м к юго-востоку и юго-западу от метеоплощадки. В 30 м к северо-западу находится водонапорная башня высотой 35 м. В 100 м к югу, 200 м к северо-западу и северо-востоку, в 120–200 м к западу и северо-западу – отдельные деревья высотой 10–20 м. Фактический тип местности III, $z_0=0,3$ м.

Метеорологическая станция Житковичи находится в центральной части города Житковичи. В ближайшем окружении метеоплощадки находится в 100 м к юго-западу одноэтажный дом. На расстоянии около 100 м к северу возведена электростанция высотой 8 м. Ближайшая опора высоковольтной линии высотой 30 м находится в 70 м к юго-западу от метеорологической площадки. В 170–200 м к западу от метеорологической площадки располагается ряд пятиэтажных жилых домов, а в 1–1,5 км к югу находится жилой микрорайон. Фактический тип местности III, $z_0=0,3$ м.

При описании окружения действующих метеорологических станций Белорусского Полесья использовались картографические материалы и данные источника [11].

В таблице 3 представлены результаты анализа окружения действующих метеорологических станций Белорусского Полесья. Результаты показывают, что большая часть метеостанций имеет окружение метеорологических площадок, не соответствующее требованиям [10].

Таблица 3 – Типы местности и параметры шероховатости подстилающей земной поверхности

Метеостанция	Тип местности согласно [10]	Параметр шероховатости z_0 , м согласно [7]	Фактический тип местности	Фактический параметр шероховатости z_0 , м
Брест	II	0,05	IV	1,0
Высокое			III	0,3
Ганцевичи			III	0,3
Дрогичин			II	0,05
Ивацевичи			III	0,3
Пинск			III	0,3
Пружаны			II	0,05
Барановичи			III	0,3
Брагин			III	0,3
Василевичи			III	0,3
Гомель			IV	0,05
Житковичи			III	0,3
Жлобин			IV	1,0
Лельчицы			III	0,3
Мозырь			II	0,05
Октябрь			II	0,05
Чечерск			II	0,05
Слуцк	III	0,3		

Результаты таблицы 3 показывают увеличение фактического параметра шероховатости, что в итоге приводит к увеличению расчетных скоростей ветра. В таблице 4 представлены расчеты [12] скоростей ветра на различных высотах при среднегодовой скорости ветра в зависимости от типа местности и параметра шероховатости для метеостанции Василевичи и Брест с использованием данных [13].

Таблица 4 – Скорость ветра в зависимости от различных типов местности и параметров шероховатости, м/с

$V_z = V_a * (z/z_0)^\alpha$				
Высота, м	Василевичи, $\nu=2,1$ м/с		Брест, $\nu=2,5$	
	II тип местности $z_0 = 0,05$ м	III тип местности $z_0=0,3$ м	II тип местности $z_0 = 0,05$ м	IV тип местности $z_0=1,0$ м
20	2,39	2,56	2,85	3,38
40	2,73	3,12	3,25	4,56
60	2,95	3,50	3,51	5,44

Из результатов исследования видно, что при изменении типа местности и параметра шероховатости на различных высотах скорость ветра значительно увеличивается, что может сказаться на качестве инженерных расчетов в методиках, в которых заложено использование параметра шероховатости подстилающей земной поверхности.

Заключение. Анализ ближайшего окружения метеорологических площадок метеостанций Белорусского Полесья показал, что не все они соответствуют требованиям по их размещению, следовательно, тип местности и параметр ше-

роховатости как правило увеличивается. Застройка, зарастание древесно-кустарниковой растительностью ближайшего окружения метеоплощадок ставят вопрос о переносе их местоположения, что в свою очередь может привести к нарушению однородности временных рядов.

Список цитированных источников

1. Харченко, С. В. Опыт количественной оценки влияния рельефа на аэрацию городской застройки / С. В. Харченко // Геоморфология. – 2016. – № 3. – С. 45–51.

2. Порядок оценки ветроэнергетического потенциала при размещении ветроэнергетических установок на территории Республики Беларусь=Парадак ацэнкі ветраэнергетычнага патэнцыяла пры размяшчэнні ветраэнергетычных устаноў на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь : ТКП 17.10-39-2012 (02120). – Введ. 01.07.2012. – Минск : Республиканский гидрометеорологический центр, 2012. – 15 с.

3. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / В. Н. Гордеев [и др.]; под общ. ред. А. В. Перельмутера. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 482 с.

4. Савицкий, Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г. А. Савицкий. – М. : Изд-во литературы по строительству, 1972. – 112 с.

5. Симиу, Э. Воздействие ветра на здания и сооружения / Э. Симиу, Р. Сканлан; пер. с англ. Б. Е. Маслова, А. В. Швецово; под ред. Б. Е. Маслова. – М. : Стройиздат, 1984. – 360 с.

6. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия : ТКП EN 1991-1-4-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск : М-во архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 132 с.

7. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Ветровые воздействия=Уздзеянні на канструкцыі. Агульныя ўздзеянні. Ветравыя ўздзеянні : СН 2.01.05-2019. – Введ. 16.12.2019. – Минск : Министерство архитектуры и строительства, 2019. – 127 с.

8. Надольский, В. В. Опыт нормирования ветровой нагрузки для территории Республики Беларусь: предистория и современное состояние / В. В. Надольский, Ю. С. Мартынов, А. В. Осипчик // Вестн. Полоцк. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2019. – № 8. – С. 64–73.

9. Тур, В. В. К оценке средней скорости ветра при расчете зданий и сооружений / В. В. Тур, А. В. Черноиван // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2011. – № 1. – С. 50–53.

10. Правила проведения приземных метеорологических наблюдений и работ на станциях=Правіла правядзення прыземных метэралагічных назіранняў і ра-

бот на станциях : ТКП 17.10-12-2009 (02120). – Введ. 01.04.2009. – Минск : Республиканский гидрометеорологический центр, 2009. – 186 с.

11. Леонович, И. И. Метеорологические станции Республики Беларусь / И. И. Леонович ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Строительство и эксплуатация дорог». – Минск : БНТУ, 2013. – 137 с.

12. Протасевич, А. С. Расчет скорости ветра в зависимости от высоты для различных классов шероховатости поверхности / А. С. Протасевич ; науч. рук. О. П. Мешик // Современные проблемы природопользования и природообустройства : сборник тезисов докладов Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвящённой 50-летию кафедры природообустройства, Брест, 6–7 октября 2022 г. / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред.: А. А. Волчек, О. П. Мешик. – Брест : БрГТУ, 2022. – С. 84.

13. Климатический кадастр Республики Беларусь. Метеорологический ежемесячник. – Минск : Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, 1981–2020 гг.