
ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 620.9

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.6-33.13>

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ В УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ

Боженко А.Л., Кубов В.И.

Черноморский национальный университет имени Петра Могилы
ул. 68 Десантников, 10, 54000, г. Николаев
voodoo@chmnu.edu.ua

Статья посвящена недостаточно изученному фактору шумового загрязнения при внедрении ветроустановок на юге Украины и определению способов управления этим фактором. Негативное влияние ветровых установок затрагивает как человека, так и окружающую среду. Оно проявляется в акустических явлениях (магнитные, механические и аэродинамические шумовые эффекты), вибрации, электромагнитном излучении. Также высока вероятность аварийных ситуаций с отлетанием повреждённых частей ветроколеса. Для нас наиболее актуальным является вопрос негативного влияния ВЭУ на человека.

Авторами произведена оценка диапазона шумового ветрового загрязнения, которое может быть создано существующими и потенциальными ветропарками в Николаевской области. Показано, что с точки зрения шумового загрязнения заметно отличаются ВЭУ, классифицируемые по направлению горизонтально и вертикально осевые, поскольку эта разница наиболее существенно сказывается на уровне генерируемого шума. Предоставлены рекомендации по уменьшению шумового загрязнения от ветровых энергетических установок. Показано, что сегодня на украинском рынке доступны и широко используются ветроустановки, чей фактический рабочий шум ниже допустимого по санитарным нормам Украины в 80 дБ.

На данный момент использование ветроэнергетики на юге Украины может рассматриваться как перспективное в некоторых пределах роста. В то же время на современном техническом уровне ВЭУ способны вызывать ощутимый дискомфорт у человека в широком спектре звуковых волн. Также при планировании размещения ветропарков необходимо учитывать, что акустический шум ВЭУ увеличивается из-за поверхностных и акустических процессов отражения от окружающих конструкций, в которых находится человек. В связи с этим настоятельно рекомендуется размещать ветроустановки в местах, максимально удалённых от населённых пунктов. *Ключевые слова:* ветровая энергетика, типы ветроустановок, шумовое загрязнение.

Аналіз особливостей шумового забруднення при використанні вітрогенераторів в умовах півдня України.
Боженко А.Л., Кубов В.І.

Стаття присвячена не досить вивченому фактору шумового забруднення при впровадженні вітроустановок на півдні України й визначенню способів управління цим фактором. Негативний вплив вітрових установок стосується як людини, так і навколишнього середовища. Воно виявляється в акустичних явищах (магнітні, механічні та аеродинамічні шумові ефекти), вібрації, електромагнітному випромінюванні. Є також ймовірність аварійних ситуацій, пов'язаних із відлітанням пошкоджених частин вітроколеса. Для нас найбільш актуальним є питання негативного впливу ВЕУ на людину.

Автори провели оцінку діапазону шумового вітрового забруднення, яке може бути створене існуючими й потенційними вітропарками у Миколаївській області. Показано, що з точки зору шумового забруднення помітно відрізняються ВЕУ, які класифікуються за напрямом горизонтально й вертикально осеві, оскільки ця різниця найістотніше позначається на рівні генерованого шуму. Надано рекомендації щодо зменшення шумового забруднення від вітрових енергетичних установок. Показано, що нині на українському ринку доступні й широко використовуються вітроустановки, фактичний робочий шум яких нижчий допустимого за санітарними нормами України у 80 дБ.

Нині використання вітроенергетики на півдні України може розглядатися як перспективне в деяких межах зростання. В той же час на сучасному технічному рівні ВЕУ здатні викликати відчутний дискомфорт у людини в широкому спектрі звукових хвиль. Також при плануванні розміщення вітропарків необхідно враховувати, що акустичний шум ВЕУ збільшується через поверхневі й акустичні процеси відображення від оточуючих конструкцій, у яких знаходиться людина. У зв'язку з цим рекомендується розміщувати вітроустановки в місцях, максимально віддалених від населених пунктів. *Ключові слова:* вітрова енергетика, типи вітроустановок, шумове забруднення.

Analysis of the noise pollution caused by wind turbines in the south of Ukraine. Bozhenko A., Kubov V.

The article is devoted to the insufficiently studied factor of noise pollution during the operation of wind turbines in the south of Ukraine and finding ways to control this factor. The negative impact of wind turbines affects both humans and the environment. It manifests itself in acoustic phenomena (magnetic, mechanical and aerodynamic noise effects), vibration and electromagnetic radiation. There is also the likelihood of accidents with damaged parts of the wind turbine flying off. For us, the most relevant issue is the negative impact of wind turbines on humans.

The authors estimated the range of wind noise pollution that can be created by existing and potential wind farms in the Mykolaiv region. It is shown that from the perspective of noise pollution, horizontal and vertical axial wind turbines differ significantly, this difference significantly affects the level of generated noise. Recommendations for reducing noise pollution from wind power plants are provided. It is shown that today in the Ukrainian market wind turbines are available and widely used whose actual operating noise is lower than the permissible one according to sanitary standards of Ukraine at 80 dB.

At the moment, the use of wind energy in the south of Ukraine can be considered promising within some growth limits. At the same time, at the modern technical level, wind turbines are capable of causing significant discomfort in a person in a wide range of sound waves. Also, when planning the placement of wind farms, it is necessary to take into account that the acoustic noise of wind turbines increases due to surface and acoustic processes of reflection from the surrounding buildings (where people live or work). In this regard, it is strongly recommended to place wind turbines in places as far as possible from settlements. *Key words*: wind energy, types of wind turbines, noise pollution.

Постановка проблеми. В условиях перехода к максимально диверсифицированному источникам энергии возникает необходимость изучать все побочные явления, которые возникают при их эксплуатации. В то время как использование углеродного топлива приводит к загрязнению атмосферы продуктами сгорания, гидроэлектростанции нарушают баланс бассейнов рек, атомная энергетика создаёт проблему накопления отработанных радиоактивных отходов, альтернативные источники энергии тоже имеют свои специфические недостатки. Так, использование ветровых установок предполагает отчуждение значительных площадей, пригодных для других нужд, опасность для некоторых местных представителей фауны. В этой статье проводится анализ одного из вышеупомянутых негативных явлений – изменения шумового фона.

Актуальность исследования. Сегодня всё большее значение принимает повсеместное внедрение источников альтернативной энергетики, к которым относятся и ветроустановки разного типа. В перспективе это решит часть энергетических проблем разных стран. Очевидно, что непосредственно ветровая энергия будет занимать лишь узкую нишу, но полезно изучать её на практике, включая её влияние на человека для принятия оптимальных решений на перспективу.

Негативное влияние ветровых установок затрагивает как человека, так и окружающую среду. Безусловно, вред, нанесённый среде проживания человека, можно автоматически считать вредом, нанесённым самому человеку, но для нас наиболее актуальным является вопрос негативного влияния ВЭУ непосредственно на организм человека. Оно проявляется в акустических явлениях (механические, магнитные и аэродинамические шумовые эффекты), вибрации, электромагнитном излучении. Есть также вероятность аварийных ситуаций с отлетанием повреждённых частей ветроколеса [1].

Реакция на шум нередко выражается в повышенной возбудимости и раздражительности, охватывающих всю сферу чувственных восприятий. Люди, которые подвергаются постоянному воздействию шума, часто становятся трудными в общении, что можно расценивать как социальные последствия функционирования ветропарков для местного сообщества.

Связь авторских наработок с важными научными и практическими задачами. Эта работа связана с двумя важными научными задачами: задачей внедрения в местную энергетическую систему альтернативных источников энергии и задачей снижения негативного шумового влияния ветроустановок на человека.

Анализ последних исследований и публикаций. При анализе шумового загрязнения следует учитывать, что оно отличается для установок разных типов. В целом все ветровые установки разделяют по области применения, направлению оси, виду вырабатываемой энергии, мощности, принципу работы, способу управления, структуре системы генерирования энергии.

По виду вырабатываемой энергии ВЭУ делятся на механические (ветросиловые, ветронасосные) и электрические (постоянного, переменного тока). По принципу работы установки могут иметь постоянную и переменную частоту вращения лопастей. Тот факт, что ветряные турбины взаимодействуют с окружающей средой, которая распространяет звук, генерируемый ими, делает этот источник шума уникальным среди других автономных механических источников шума, поскольку возникает несколько разных видов шумов, широко изученных в [2; 3; 4; 5].

С точки зрения шумового загрязнения нас в первую очередь интересуют ВЭУ, классифицируемые по направлению как горизонтально и вертикально осевые, поскольку эта разница наиболее существенно сказывается на уровне генерируемого шума. Преимуществом вертикально-осевых ВЭУ является возможность размещения генератора и мультипликатора на фундаменте установки. В результате при их работе все уровни аэродинамических и инфразумов, иногда теле- и радиопомехи, электромагнитные колебания практически отсутствуют [6].

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья. Статья посвящена недостаточно изученному фактору шумового загрязнения при внедрении ветроустановок на юге Украины и определению способов управления этим фактором.

Новизна. Авторами осуществлён анализ локальных особенностей ветровых условий Николаевской области и шумового загрязнения, которое может

возникать в этом регионе от ветроустановок разных производителей.

Методологическое или общенаучное значение. Методологическое или общенаучное значение работы заключается в определении, уточнении и теоретическом обосновании комплекса вопросов, связанных с совершенствованием учета и анализом фактора шумового загрязнения при принятии решений об установке ветрогенераторов на выбранной местности. Дальнейшее развитие получила методика экстраполяции данных о шумовом загрязнении для ВЭУ, близких по характеристикам.

Изложение основного материала. В Николаевской области ветровая энергетика представлена ветропарком «Очаковский», расположенным между Днепро-Бугским лиманом и автомобильной дорогой «Николаев-Очаков» в пределах территорий сельсоветов Солончаковский, Дмитровский, Парутинский. Этот промышленный комплекс состоит из трех полей, общая площадь которых составляет 5436 га. На каждом поле планируется в перспективе установить по 50 ветроэнергетических установок. Первые 15 ВЭУ были установлены компанией ООО «Фурлендер Виндтехнологджи» в тесном сотрудничестве с Fuhrlander AG. На данный момент ООО «ФВТ» является самостоятельным производителем ВЭУ мощностью 2,0/2,5/3,0 МВт по лицензии немецкой компании [7].

Производителем турбины «Fuhrlander» позиционируются как современные, относительно комфортные для человеческого уха ветроустановки с пороговым шумом до 60 дБ. Детальных таблиц о шумовой нагрузке, характерной для этих установок, найти не удалось, поэтому для анализа авторы обратили своё внимание на другого активного в Украине производителя – ООО «Украинская альтернативная энергетика».

Допустимый рабочий шум установки по санитарным нормам Украины должен составлять до 80 дБ. В [8] приведены уровни шума разных моделей ветрогенераторов марки Euro Wind на расстоянии 12 метров от источника. Уровень шума ветрогенератора также включает в себя уровень шума природного ветра и посторонние фоновые шумы, которые возникали при замерах (гул проводов, шелест деревьев). Авторы этой статьи построили график по данным [8] (рис. 1), а также его модификацию для диапазона среднегодовых скоростей ветра для региона Николаева согласно ДБН Украины (рис. 2). На этих графиках, особенно на рис. 2, видно, что связь между скоростью ветра и производимым установкой шумом в дБ близка к прямолинейной.

Можно предположить, что данные [8] не являются результатом многочисленных измерений, поскольку кривые для разных моделей марки Euro Wind отличаются не только в силу реальных технических характеристик, но и по величине погрешности. В связи с этим мы не будем на основании полученных данных давать рекомендации по выбору конкретного типа установки из указанного ряда.

Также важно учитывать, что уровень шума часто измеряют в дБ при помощи шумомера с коррекцией А и выражают это в единицах дБА. Недостаток шкалы дБА заключается в том, что при этом недооценивается чувствительность человека к звукам низкой частоты и не учитывается чувствительность уха к громкости чистых тонов. Удобство шкалы дБА состоит в том, что удвоение громкости примерно соответствует увеличению уровня шума на 10 дБА.

На рис. 3 представлен график зависимости уровня шума в дБА для ветрогенераторов марки Vesta V90-3.0MW, построенный авторами по данным [4]. По наблюдениям [4], когда турбина работает при скоростях ветра примерно 4 м/с и 30 м/с при

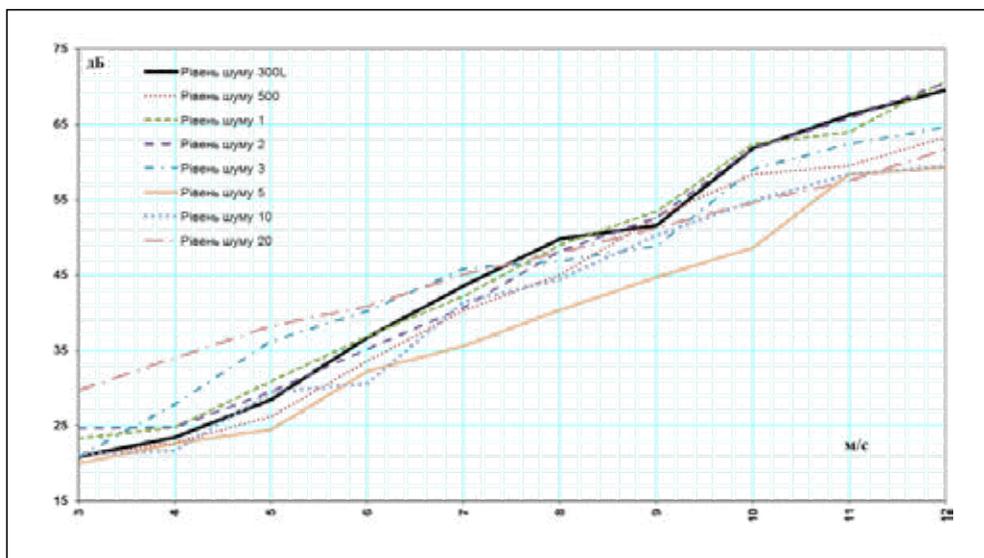


Рис. 1. Уровень шума ветрогенераторов марки Euro Wind в дБ

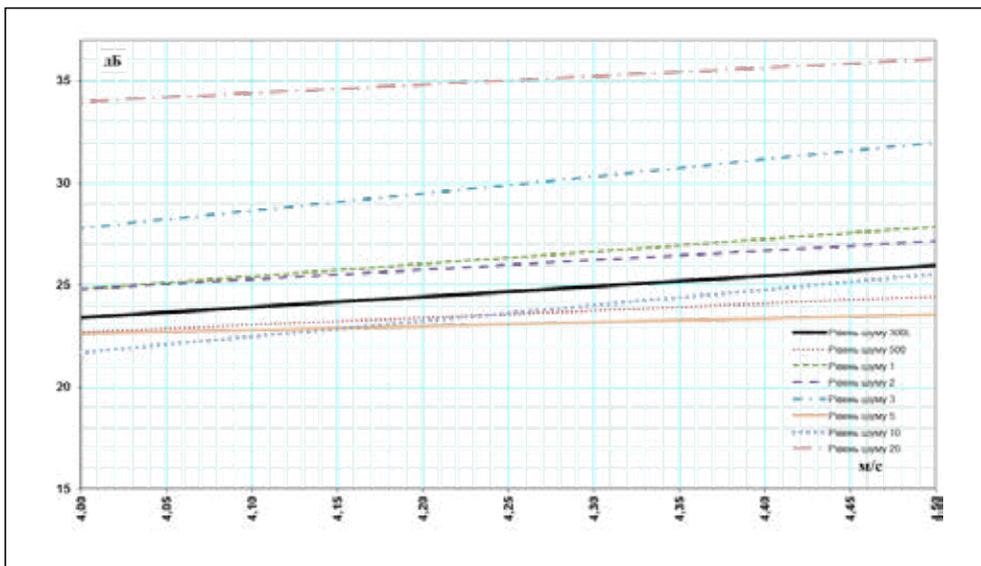


Рис. 2. Уровень шума ветрогенераторов марки EuroWind в дБ на промежутке скоростей ветра, среднегодовых для региона Николаева согласно ДБН

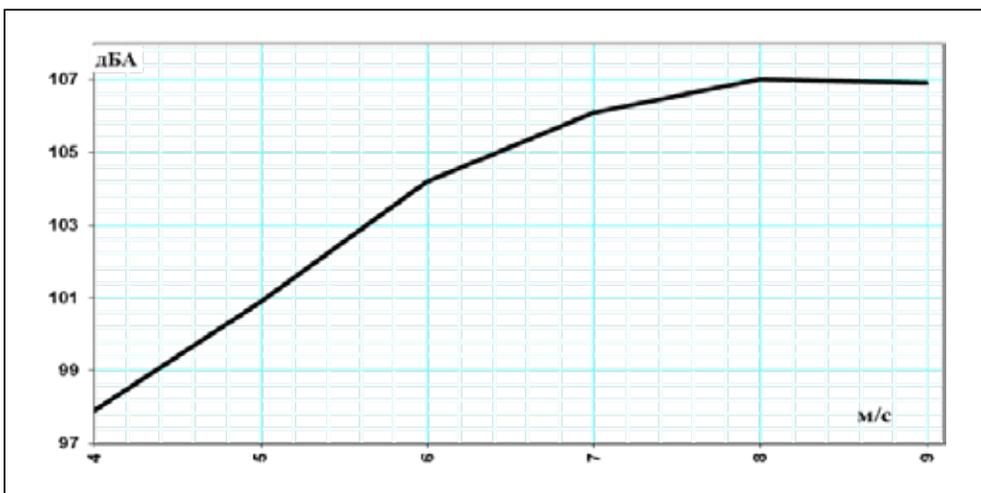


Рис. 3. Уровень шума ветрогенераторов марки Vesta V90-3.0MW в дБА

измерении на высоте ступицы, то уровень звуковой мощности монотонно возрастает, типичный пример чего показан на рис 3. Тем не менее, можно утверждать о прямолинейной зависимости только в диапазоне 4-6 м/с, а дальше кривая заметно отличается от графиков в дБ, изображённых на рис. 1.

Все описанные в этом разделе ветроустановки относятся к горизонтально осевым. Из вышеперечисленного можно сделать вывод, что на рынке ветрогенераторов Украины представлен выбор разных марок и видов ВЭУ, соответствующих местным требованиям по шуму [6; 8; 9].

К нерешённым задачам в этом контексте относятся недостаточное количество данных о конкретных измерениях в полевых условиях в шкалах дБ и дБА. Также необходимо учитывать, что шум нескольких генераторов не равен шуму от одного

генератора, хотя и не воспринимается человеком как арифметическая сумма отдельных уровней шума [10]. Поэтому исследования в этой области необходимо продолжать.

Главные выводы. Со временем производителям ветрогенераторов удаётся снизить шумовое загрязнение, оказываемое их продукцией на окружающую среду. Сегодня на украинском рынке доступны и широко используются ветроустановки, чей фактический рабочий шум ниже допустимого по санитарным нормам Украины в 80 дБ. Если ВЭУ производит более высокие скачки, то это может быть связано с проектированием или отсутствием тестирования при производстве установки. В таком случае рекомендуется связаться с поставщиком или производителем для устранения или смягчения таких проявлений.

Пока на современном техническом уровне ВЭУ способны вызывать ощутимый дискомфорт у человека в широком спектре звуковых волн, настоятельно рекомендуется размещать ветроустановки в местах, максимально удалённых от населённых пунктов. Во избежание локального уменьшения скорости ветра оптимальным является расположение ВЭУ на расстоянии от зданий и других объектов инфраструктуры. Это ещё одна причина, почему такие генераторы наиболее целесообразны на хуторах, околицах сёл.

Больше внимания следует уделять вертикально осевым ВЭУ, которые легко найти в интернет-магазинах. Их преимуществом является возможность размещения генератора и мультипликатора на фундаменте установки, что упрощает требования к монтажу оборудования и условиям эксплуатации (отсутствие толчков и вибраций). Вертикально осевые ВЭУ с точки зрения воздействия на окружающую среду имеют и другие преимущества: при их работе ниже все уровни аэродинамических и инфразумов, меньше теле- и радиопомехи, электромагнит-

ные колебания, меньше радиус разброса обломков лопастей в случае их разрушения, ниже вероятность столкновения лопастей с птицами.

Что касается уменьшения уровней шумов, проникающих в помещение от внешних источников, то оно должно обеспечиваться рациональным планированием помещения, соблюдением мер по звукоизоляции ограждающих конструкций (стен, потолка и пола), санитарно-технического и инженерного оборудования зданий.

Перспективы использования результатов исследования. В перспективе развитие ветровой энергетики в Украине зависит от наличия зелёного тарифа и других экономических условий (в том числе и на мировом рынке углеводородного топлива). Шумовое загрязнение в этой ситуации является второстепенным фактором принятия решений. При благоприятном развитии отрасли материалы статьи могут использоваться как методическое пособие по шумовому загрязнению в условиях юга Украины и борьбе с ним.

Литература

1. Серіков Я.О., Діденко О.М., Лісцін В.Е. Інформаційні технології у вирішенні завдань забезпечення безпеки життєдіяльності людини, ергономіки, охорони праці і навколишнього середовища : монографія: у 2-х ч. / за ред. Я.О. Серікова. Х. : ХНАМГ. 2013. Ч. 2. Вітроелектричні станції / Х. : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. 2014. 183 с.
2. A laboratory study on the effects of wind turbine noise on sleep: results of the polysomnographic WiTNES study Sleep / Michael G Smith and others. Volume 43. Issue 9. September 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/sleep/zsaa046>.
3. Пляцук Л.Д., Афанасьєва Н.О. Поле звукових коливань довкола вітрових електростанцій. Імпульсний низькочастотний шум. *Вісник ЖДТУ. Технічні науки*. 2014. № 1(68). С. 74–81.
4. Tonin Renzo. Sources of wind turbine noise and sound propagation. *Acoustics Australia*. № 40. 2012. С. 20–27.
5. Боженко А.Л., Кубов В.Л. Аналіз впливу вітрових установок на здоров'я людини. Матеріали науково-практичної конференції «Могиланські читання – 2019: досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний та регіональний аспекти: XXII Всеукр. наук.-метод. конф. : тези доповідей: Екологія і сучасні екологічні проблеми. Миколаїв, 11-16 листопада 2019 року, ЧНУ ім. Петра Могили. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2019. С. 26–27.
6. Стаття по матеріалам спеціалістів по ветроенергетиці КБ «Южное»: д.т.н. М.И. Галась, інж. Ю.П. Дымковец, Н.А. Акаєва, І.Ю. Костюкова. URL: <http://vetrogenerator.com.ua> (дата звернення: 10.12.2020).
7. Анализ эффективности работы промышленной ВЭС Очаковского ветропарка / Подгуренко В.С., Никитенко Е.Ф., Терехов В.Е. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Суднова енергетика: стан та проблеми», жовтень 2013 року. Миколаїв. URL: <http://conference.nuos.edu.ua/catalog> (дата звернення: 10.12.2020).
8. Официальный сайт ООО «Украинская альтернативная энергетика». URL: <http://wind.ae.net.ua/index.php/main/index/0/520> (дата звернення: 10.12.2020).
9. Burdelna H., Bozhenko A. Energy security management at the regional level: economic and environmental aspects / Markina I., Aranchiy V., Safonov Y., Zhylynska O. and other. Security of the XXI century: national and geopolitical aspects : collective monograph / in edition I. Markina. Prague. Nemros s.r.o. 2019. Czech Republic. P. 261–267.
10. Wolniewicz K., Kuczyński W., Zagubień A. Method for wind turbine selection basing on in-field measurements. *Journal of Mechanical and Energy Engineering*. Vol. 3(43), № 1, 2019. P. 77–84.