

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра прикладної екології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 101 “Екологія”

Тема: Дослідження впливу низькочастотних коливань вітроенергетичних установок на навколишнє середовище

Завідувач кафедри

Пляцук Л.Д.

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник проекту

Соляник В.О.

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Консультанти:

з охорони праці

Соляник В.О.

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

з економічної частини

Павленко О.О.

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Виконавець

студент групи ТС.м-71

Сорочинська Ю.В.

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Суми 2018

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної екології
Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою _____
“ _____ ” _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____

затверджена наказом по університету від “ _____ ” _____ 20__ р. № _____

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти по проекту (роботі), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці			
Економічна частина			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка

7. Дата видачі завдання _____

Студент _____
(підпис)

Керівник проекту _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 64 найменування. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 92 стор., у тому числі 23 таблиці, 15 рисунків, список використаних джерел 7 сторінок.

Мета роботи – є дослідження впливу акустичного забруднення (як загального так і низькочастотного) від ВЕУ різної конструкції на навколишнє середовище та розробка рекомендацій та заходів, спрямованих на зниження впливу на оточуюче середовище і людину акустичного забруднення від цих установок.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі завдання:

- 1) Аналіз загального впливу ВЕУ різної потужності на оточуюче середовище, зокрема акустичного випромінювання.
- 2) Виконати теоретичні розрахунки акустичних характеристик ВЕУ різних конструкцій.
- 3) Розробка рекомендації щодо розташування ВЕУ відносно житлових забудов та господарських об'єктів.

Об'єкт дослідження – виступає техногенний об'єкт – вітроенергетична установка (ВЕУ).

Предмет дослідження – є акустичний вплив вітроенергетичної установки на навколишнє середовище та на людину.

В даній роботі *методами дослідження* є аналітичний огляд інформаційних матеріалів за темою роботи та розрахунковий метод (акустичний розрахунок).

Наукова новизна: вперше здійснене комплексне дослідження акустичного впливу на оточуюче середовище від ВЕУ, як в звуковому так і в інфразвуковому діапазонах.

Апробація результатів роботи на студентських науково-практичних конференціях: результати роботи були частково представлені в конференції Сучасні технології у промисловому виробництві V Всеукраїнська міжвузівська науково-технічна конференція (м. Суми, 17-20 квітня 2018 р.).

Ключові слова: ВІТРОЕНЕРГЕТИКА, ВІТРОУСТАНОВКА, ОТОЧУЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ, АКУСТИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ, ІНФРАЗВУКОВИЙ ДІАПАЗОН, ШУМ

ЗМІСТ

Вступ.....	5
РОЗДІЛ 1. Екологічні проблеми вітроенергетики.....	7
1.1 Екологічні проблеми вітроенергетики. Види ВЕУ.....	7
1.2 Негативні фактори впливу ВЕУ на середовище проживання людини.....	14
1.3 Аналітичний огляд наукових досліджень в області шумових забруднень від вітроенергетичних установок.....	23
РОЗДІЛ 2. Основні напрями аналізу шумових характеристик від ВЕУ.....	33
2.1 Нормування шуму, інфразвуку.....	33
2.2 Методи розрахунку шуму.....	43
РОЗДІЛ 3. Аналіз залежності шумового забруднення від ВЕУ різної конструкції.....	53
3.1 Розрахунковий експеримент по визначенню рівня шуму від ВЕУ різної конструкції.....	53
3.2 Рекомендації щодо зниження впливу шумового забруднення від ВЕУ.....	62
РОЗДІЛ 4. Економічна частина.....	65
РОЗДІЛ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	69
5.1 Характеристика умов праці програміста.....	69
5.2 Розрахунок освітленості.....	76
5.3 Розрахунок рівня шуму.....	78
5.4 Дії населення в умовах надзвичайних ситуацій військового характеру.....	79
ВИСНОВКИ.....	84
Список використаних джерел.....	86

Підп. и дата	
Инв.№доубл.	
Взаим.инв.№	
Підп. и дата	
Инв.№подл.	

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ				
Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Сорочинська		
Перевір.		Соляник		
Н.Контр.		Васькін		
Затвер.		Пляцук		
Дослідження впливу низькочастотних коливань вітроенергетичних установок на навколишнє середовище			Лит	Аркуш
				4
			СумДУ, ф-т ТеСЕТ, гр. ТСм-71	
			Аркушів	73

Задачі дослідження:

4) Аналіз загального впливу ВЕУ різної потужності на оточуюче середовище, зокрема акустичного випромінювання.

5) Виконати теоретичні розрахунки акустичних характеристик ВЕУ різних конструкцій.

6) Розробка рекомендації щодо розташування ВЕУ відносно житлових забудов та господарських об'єктів.

Об'єктом дослідження виступає техногенний об'єкт – вітроенергетична установка (ВЕУ).

Предметом дослідження є акустичний вплив вітроенергетичної установки на навколишнє середовище та на людину.

В даній роботі **методами дослідження** є аналітичний огляд інформаційних матеріалів за темою роботи та розрахунковий метод (акустичний розрахунок).

Наукова новизна: вперше здійснене комплексне дослідження акустичного впливу на оточуюче середовище від ВЕУ, як в звуковому так і в інфразвуковому діапазонах.

Практичне значення одержаних результатів: Результати акустичних розрахунків в подальшому можуть використовуватися для планування міста розташування ВЕУ від забудівль.

Особистий внесок здобувача: Виконано розрахунки рівня акустичного забруднення від ВЕУ різної конструкції.

Апробація результатів роботи: результати роботи були частково представлені в конференції Сучасні технології у промисловому виробництві V Всеукраїнська міжвузівська науково-технічна конференція (м. Суми, 17-20 квітня 2018 р.).

Публікації: Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма V Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції (м. Суми, 17-20 квітня 2018 р.) / редкол.: О.Г. Гусак, І.В. Павленко. – Суми: Сумський державний університет, 2018. – 326 с.

Інв. № доубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № ориг.	

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк.
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		6

РОЗДІЛ 1. Екологічні проблеми вітроенергетики

1.1 Екологічні проблеми вітроенергетики. Види ВЕУ

Вітроенергетичні установки (ВЕУ) перетворюють кінетичну енергію вітру в механічну або електричну енергію, зручну для практичного використання.

Питання впливу ВЕУ на навколишнє середовище, розробки природоохоронних і компенсаційних заходів вивчені в набагато меншому ступені, ніж наукові та технічні питання створення ВЕУ, будівництва та експлуатації вітроенергетичних станцій (ВЕС).

В першу чергу, слід визначитися з джерелами випромінювання, розробити теоретичні основи процесу генерування та розрахункові моделі характеристик акустичних полів. Так як в результаті необхідно виключити шкідливий вплив шумів на що мешкають на прилеглих територіях і в житлових будівлях людей і тварин, актуальність проблеми зниження шумів від ВЕУ не викликає сумнівів, особливо важливо домогтися цього на інфразвукових частотах.

1.1.1 Типи вітроенергетичних установок

Відомо багато різних вітроенергетичних установок, але всі їх можна розділити на два типи: з горизонтальною і вертикальною віссю обертання. Перші мають складну конструкцію, зате мають більш високий коефіцієнт використання енергії вітру, тому складають близько 95 % всіх вітроустановок, підключених до мереж енергосистем. Інші - більш прості в конструкції, але менш продуктивні. На ринку вони зустрічаються рідше і застосовуються зазвичай в приватних будинках.[1]

Вітротурбіни також принципово відрізняються по тому, яку силу вони використовують для перетворення в механічну - силу тиску вітру або підйомну

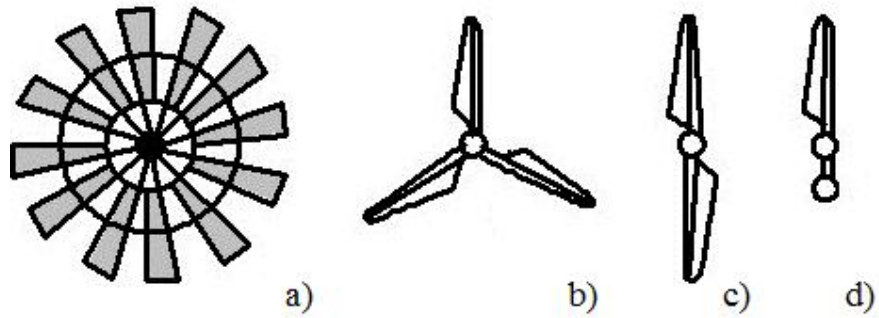
Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк.

7



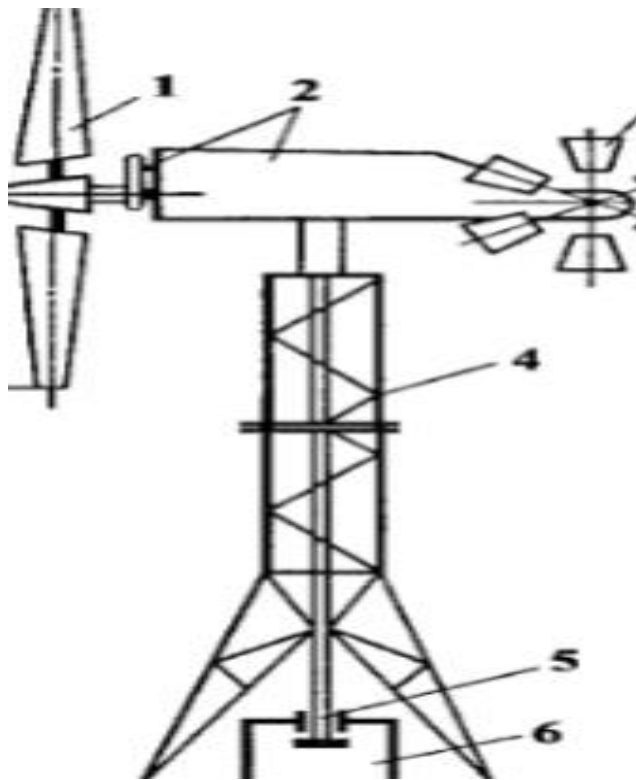
a) багатолопасне; b) трьохлопатеве; c) дволопатеве; d) однолопатеве з противагою

Рисунок 1.1 - Вітроколеса крильчатих вітроустановок

Електрогенератор та редуктор, який з'єднує його з вітроколесом, зазвичай розташовані на верху опорної щогли в поворотній голівці. [6] З точки зору експлуатації зручно розташовувати їх знизу, але складності, які при цьому виникають, з передачею крутного моменту знижують переваги такого розміщення. Горизонтально-осьова вітроустановка складається з трьохлопатевого вітродвигуна- 1, трансмісії-мультиплікатора- 2, віндрози- 3, валу відбору потужності- 5 та електрогенератора- 6. Щогла установлена на фермовій зварній вищці- 4. Головка вітродвигуна має пристрої ручного керування і автоматичної стабілізації швидкості обертання вітроколеса у випадку зміни швидкості вітру [7,8].

Для орієнтування вітродвигуна по напрямку вітру в задній частині щогли установлена віндроза 3, яка приводить в рух механізм повороту при зміні напрямку вітру. До вихідного валу трансмісії редуктора прикріплений вертикальний вал відбору потужності 5 з електрогенератором 6 (Рисунок 1.2).

Інв. №орис.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
				Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	9



1- робоча лопать; 2- трансмісія (мультиплікатор); 3- віндроза; 4 – вишка; 5- вал відбору потужності; 6- електрогенератор

Рисунок 1.2 – Конструктивна схема ВЕУ з горизонтальною віссю обертання

Основними перевагами вітроустановок з горизонтальною віссю обертання вітроколеса є те, що умови обтікання лопатей повітряним потоком постійні, не змінюються при повороті вітроколеса, а визначаються тільки швидкістю вітру. Завдяки цьому, а також досить високому значенню коефіцієнта використання енергії вітру ВЕУ крильчатого типу в даний час набули найбільшого поширення. [9]

Вітроколесо ВЕУ з вертикальною віссю обертання внаслідок своєї геометрії незалежно від напрямку вітру знаходиться в горизонтальному положенні. Крім того, така схема дозволяє за рахунок тільки подовження вала встановити редуктор з генератором в основі башти.

До найбільш розповсюджених типів вертикально-осьових установок (рисунок 1.3) відноситься ротор Дар'є. [9-10] Головною перевагою є те, що ротор

Інв. №ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.

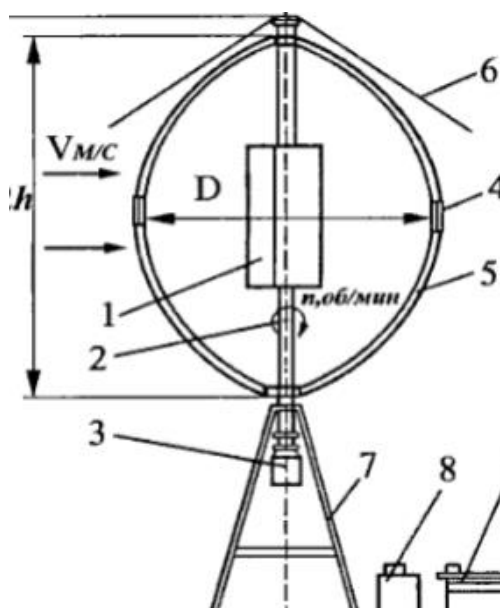
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк.

10

не потребує механізму орієнтації на вітер. У ньому генератор і інші механізми розміщуються на незначній висоті біля підстави. Все це істотно спрощує конструкцію. Однак серйозним органічним недоліком цих вітродвигунів є значна зміна умов обтікання крила потоком за один оборот ротора, циклічно повторюється при роботі. Це може викликати втомні явища і приводити до руйнування елементів ротора і серйозних аварій, що повинно враховуватися при конструюванні ротора (особливо при великих потужностях ВЕУ) [10].



1 – стартер (ротор Савоніуса); 2 – вал; 3 – електрогенератор; 4 – тормозний пристрій; 5 – робоча лопать; 6 – розтяжки; 7 – рама; 8 – перетворювач енергії; 9 – акумулятор

Рисунок 1.3 – Конструктивна схема ВЕУ з вертикальною віссю обертання

Вертикальні (карусельні, роторні) ВЕС працюють при низьких швидкостях вітру, але мають малу ефективність. Тому зустрічаються вони досить рідко і застосовуються, як правило, в домашніх умовах. У той же час, на відміну від горизонтальних, можуть працювати при будь-якому напрямку вітру, не змінюючи свого положення. Установка сама стежить "звідки вітер дме", отже, їй не потрібні ніякі додаткові пристрої. [11]

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Карусельні вітроустановки тихохідні, що дозволяє застосовувати в них прості електричні схеми для знімання енергії, зокрема, асинхронні генератори. У той же час тихохідність обмежує застосування вертикальних ВЕС, так як змушує застосовувати підвищувальні редуктори - мультиплікатори, які мають дуже низький ККД (рисунок 1.4). Без мультиплікатора таку установку експлуатувати проблемно.

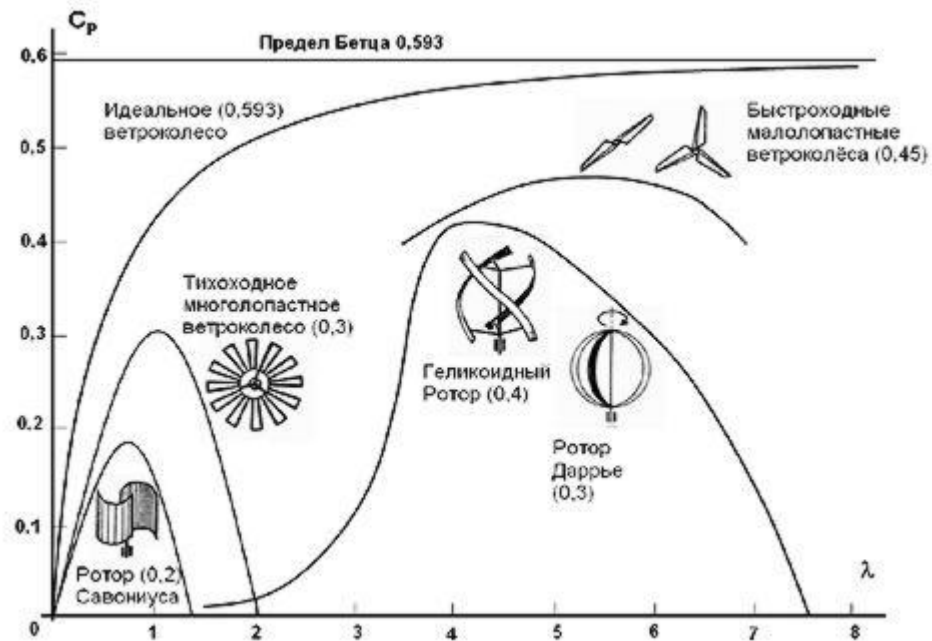


Рисунок 1.4 – Головні енергетичні характеристики найбільш поширених вітрогенераторів

Працюючі вітроустановки є джерелами аеродинамічних шумів, що утворюються при русі лопатей в повітряному потоці, і механічних шумів від працюючих механізмів (наприклад, генератор, мультиплікатор, опорні вузли). Рівень аеродинамічних шумів ротора Дар'є значно нижче, ніж у аналогічного за розміром горизонтально-пропелерного вітроколеса через більш низької лінійної швидкості руху лопатей. У горизонтально-пропелерних вітроагрегатів головний вектор поширення інфрашуму спрямований в площині вітроколеса в усіх напрямках, а у вертикально-осьових вітроустановок вгору і вниз по осі обертання вітротурбіни. [11]

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Отже, зона поширення інфрашуму у горизонтально-пропелерного вітроагрегата значно більше, ніж у вертикально-осьових вітроустановок. Основні джерела механічних шумів горизонтально-пропелерних вітроагрегатів (генератор і мультиплікатор) розташовані в гондолі на висоті опорної вежі, в зв'язку з чим радіус їх загасання набагато більше, ніж у вертикально-осьових вітроустановок, у яких це обладнання розміщено в машинній станції на землі.

1.1.2 Екологічні проблеми вітроенергетики

У сучасних умовах використання будь-якої технології проходить жорстку перевірку на те, як вона впливає на людину і навколишнє середовище. Це безумовно стосується і вітроенергетики.

Протягом усього періоду експлуатації ВЕУ, про них склалися уявлення, як про ідеально екологічно чисті джерела енергії. І з часом ці уявлення призвели до більш пильної уваги до таких екологічних аспектів використання ВЕУ, на які в істотно меншій мірі звертається увага при оцінці екологічності традиційних джерел енергії.

Екологічні фактори використання ВЕУ, що вимагають особливого вивчення і оцінки, можна розділити на дві групи:

1. Активні чинники - вплив на фауну, акустичний шум, вібрація, електромагнітне випромінювання, аварійні ситуації;
2. Пасивні чинники - перешкоди проходженню радіохвиль, блокування земельних територій, психосоціальні (забруднення ландшафту, комфортність і т. д.);

Стосовно до екологічних проблем часто вживають поняття "навколишнє середовище", яке є кілька узагальненим. Більш відповідним є поняття "середовище проживання людини". У загальному випадку середовищем проживання людини можуть бути названі умови життєдіяльності людини, жива

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
									13
				Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

і нежива природа, повітря, вода, земля, а також умови функціонування суспільства. [12]

Отже, необхідно визначити вплив або відношення вітроустановок на всі зазначені вище аспекти. При цьому, слід виходити з того, що потреба людини в електричній енергії стала необхідною умовою існування і розвитку людського суспільства. Тому при оцінці впливу ВЕС на середовище існування цей вплив необхідно порівнювати з впливом електричних станцій інших типів.

Розглядаючи вплив ВЕС на середовище існування людини необхідно розглянути наступні фактори:

- вплив процесів будівництва, експлуатації та ліквідації ВЕС;
- ерозія ґрунту;
- візуальне вторгнення в ландшафт;
- загроза загибелі птахів, тварин, людей;
- шум; [13]

1.2 Негативні фактори впливу ВЕУ на середовище проживання людини

Аналіз впливу на навколишнє середовище повинен проводитися для основних етапів (фаз) життєвого циклу проектів будівництва вітроелектричних станцій, що включають виробництво енергетичного обладнання, будівництва об'єкта, його експлуатацію, його ліквідацію з утилізацією, по-можливості, морально і фізично зношених елементів ВЕС.

Завданням оцінки впливу є визначення основних складових і рівня негативного впливу процесів будівництва, експлуатації та ліквідації ВЕС на такі компоненти навколишнього природного середовища, як атмосферне повітря, поверхневі і підземні водні об'єкти, ґрунту, земельні і водні ресурси, рослинність, тваринний світ (ссавці, орнітофауна).

Результати такої оцінки використовуються для розробки і впровадження природоохоронних заходів, спрямованих на зниження впливів та прийняття

Інв. №орис.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №одубл.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.
			Дата

оксид вуглецю, оксид і діоксид азоту, діоксид сірки, бензин, гас, сажа, неорганічний пил, 10-20% діоксиду кремнію, оксиди заліза і марганцю, фтористі з'єднання і деякі інші речовини.[13-15]

Експлуатація. Розрахунковий термін служби сучасних ВЕС становить 25 років. Як вже зазначалося, в процесі експлуатації ВЕС впливає на людину, флору і фауну, атмосферне повітря, водні об'єкти, землекористування у вигляді шумів, вібрацій, електромагнітного випромінювання, оптичних ефектів, механічного впливу, і відходів.

Утилізація лопатей вітроустановок. Слід визнати, що на сьогоднішній день істотною проблемою вітроенергетики при ліквідації об'єкта, що вимагає рішення, є утилізація лопатей вітроустановок, що складаються з композитних матеріалів. Враховуючи темпи розвитку вітроенергетики та терміни служби ВЕУ, ця проблема найбільш гостро постане перед людством тільки після 2020 року, а в Україні після 2040 року. Однак, на сьогоднішній день, пропонується два основних способи утилізації: механічна і термічна переробка.

Найбільш популярним способом переробки лопатей, на сьогоднішній день, є термічний спосіб. Найпростішим різновидом якого є спалювання. Однак, після спалювання утворюється велика кількість золи (близько 60% від спалюваного маси), яка вимагає утилізації. Перспективним методом переробки лопатей являється піроліз (нагрівання без доступу кисню при 500° С), в результаті якого волокна лопатей можна повторно використовувати, а утворений при піролізі газ, спалювати для отримання тієї ж електроенергії. [13, 14]

Ерозія ґрунту. Це явище може виникнути при руйнуванні верхнього ґрунтового шару при спорудженні фундаменту ВЕУ, проведенні будівельно-монтажних робіт, будівництві доріг. При проектуванні ВЕС слід проводити оцінку небезпеки ерозії ґрунту і за наявності такої необхідно передбачати відповідні заходи, в тому числі застосування спеціальної техніки, спеціальні способи прокладки доріг і т.п.

Інв.№ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

Візуальне вторгнення в ландшафт. Поява вітроустановок в звичному природному ландшафті порушує зорову пам'ять жителів і викликає у деяких з них протести. Ця ситуація аналогічна тим, які виникають при спорудженні опор потужних ліній електропередач, мостів через ущелини і т.д. Прихильники індустріальних споруд знаходять задоволення в спогляданні творінь людських рук, а прихильники дикої природи протестують проти вторгнення в природний ландшафт цих споруд. Однак, досвід країн з розвинутою вітроенергетикою показує, що переважна більшість людей схвалює розвиток вітроенергетики і готові миритися з вторгненням вітроустановок в звичний пейзаж. При цьому рекомендується застосовувати такі підходи до проектування ВЕС: .[13-16]

– виконувати комплектацію ВЕС установками одного типу і розміру, що дає можливість встановлювати ВЕУ через однакові проміжки, задовольняючи тим самим основні естетичні запити;

– проведення комп'ютерного моделювання з різними варіантами розташування вітроустановок до початку будівництва дозволяє вибрати варіант найбільш приємний для огляду.

Загроза загибелі птахів. Найчастіше найбільшу кількість питань викликає вплив вітропарків на орнітофауну. Дійсно, вітрові електростанції, як вертикальні структури з рухомими елементами, представляють певний ризик для птахів. В якості основних факторів впливу ВЕУ на орнітофауну можна виділити: фізичний вплив ВЕУ при зіткненні з турбінами, лопатями і вежами; порушення середовища проживання; порушення маршруту міграції птахів. За зарубіжними даними, ймовірність ураження птахів вітровими турбінами оцінюється в 10%, якщо шлях міграції проходить через вітровий парк. Більш того, можливість зіткнення птахів з ВЕУ залежить від погодних умов і підвищується в умовах поганої видимості. Як з'ясувалося в ході дослідження шум призводить до психічних розладів у птахів.[13-16].

Шумове забруднення зменшує ареал проживання птахів, впливає на їх самопочуття і, в кінцевому рахунку, на їх чисельність. Вчені підраховали, що

Інв.№орис.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№одубл.

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк.

17

збільшення природного рівня шуму всього на 10 децибел здатне скоротити популяцію птахів на 90%. Слід зазначити, що фарбування лопатей турбін спеціальною флуоресцентною фарбою, що помітна для птахів; використання акустичних та світлових пристроїв протягом періодів міграції птахів; постійний моніторинг впливу ВЕС на птахів та кажанів, особливо у міграційні періоди навесні та восени, можуть запобігти шкідливому впливу ВЕС на птахів та кажанів. [13]

Дослідження Бенджаміна К. Совакула [17], Урядова енергетична програма, Центру дослідження Азії та глобалізації, Національного університету Сінгапуру, в 2008 році передбачає, що якби було можливо замінити всю вироблення електроенергії від викопного палива енергією вітрогенераторів, то щорічна загибель птахів з вини людини скоротилася б майже на 14 мільйонів. Дослідження виконало ретельну оцінку антропогенних причин загибелі птахів і об'єднало багато досліджень загибелі через вітроенергетики, енергії викопного палива і ядерної енергії. Було виявлено, що вітропарки і ядерні електростанції відповідальні окремо за значення між 0.3 і 0.4 нещасні випадки на гігават-годин (ГВт-год) електрики, в той час як паливні електростанції відповідальні приблизно за 5.2 нещасні випадки на ГВт-год.

Для порівняння в таблиці 1.1 наведено джерела шуму та оцінювана смертність птахів від них.

Смертність птахів поблизу вітроенергетичних установок може значно варіювати в залежності від місця розташування установок. У деяких установок відзначається практично нульова смертність, а у інших значення величиною в 4 птиці на генератор щорічно. Стаття в журналі Nature стверджує, що кожен вітрогенератор вбиває в середньому 4.27 птахів в рік.

Інв.№орис.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№одубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
				Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	18

Таблиця 1.1 - Характеристика випадків загибелі птахів в США

Джерело	Оцінювана смертність (у мільйонах)
Вітрогенератори	0.02 – 0.44
Авіація	0,08
Ядерні електростанції	0,33
Комунікаційні вишки (мобільні, радіо, мікрохвилі)	4 – 50
Паливні електростанції	5,2
Автомобілі та вантажівки	50 – 100
Сільське господарство	67
Використання пестицидів	72
Вікна будівель	97 – 976
Полювання	100
Лінії електропередачі (традиційні електростанції)	175
Домашні та дикі кішки	210 – 3,700

Аналіз впливу на навколишнє середовище, проведений для проєктованих вітроенергетичних установок в США, застерігає, що деякі установки, розташовані в найважливіших для птахів місцях, можуть вбивати тисячі птахів і кажанів в рік.

У 2009 році вчений зі Служби охорони диких тварин і рибних ресурсів США (USFWS) оцінив, що вітрогенератори вбивають 440,000 птахів в рік в США, і в майбутньому очікується, що смертність збільшиться значно в міру розширення вироблення вітроенергетики до 2030 року до рівнів, в 12 разів перевищують рівні 2009 року. Ця оцінка була оскаржена кількома організаціями, і USFWS пізніше зазначила, що це була лише «оцінка» одного з багатьох вчених, яка не була офіційно підтримана службою. Для порівняння, приблизно 80,000

Інв. №ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.
			Дата

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк.

19

птахів гинуть від літаків в США, а звіт 2013 року вчених зі Смітсонівського інституту біології охорони природи і Служби охорони диких тварин і рибних ресурсів США оцінив, що кішки в цій країні вбивають не багато, ні мало 3.7 мільярда птахів щорічно. Більш ранній звіт Американської організації по збереженню птахів оцінив загибель птахів від кішок в 500 мільйонів щорічно.

Кажани можуть бути вражені безпосереднім зіткненням з лопатями генератора, вишками або лініями передачі (рисунок 1.5). Недавні дослідження показують, що здатність до ехолокації, як правило, дозволяє їм не потрапляти на лопаті, але вони залітають в область низького тиску. Від раптового попадання в майже безповітряний простір лопаються капіляри в легенях, і кажан гине.



Рисунок 1.5 – Загроза життю кажанів у вітропарку Равна Іна на острові Пег, Хорватія

Число кажанів, які загинули через існуючі берегових і прибережних установок викликало заклопотаність у любителів кажанів. Дослідження 2004 року оцінило, що більше 2200 кажанів загинули через 63 берегових генераторів тільки за 6 тижнів в двох місцях в східних штатах США. Це дослідження показує,

Інв. №ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.
			Дата

ВЕС та осіб зайнятих на сільськогосподарських роботах на прилеглих територіях. Обґрунтована в зарубіжній практиці безпечна відстань від вітротурбіни поза якою істотний ризик для людей відсутній становить 200 м. [20]

1.3 Аналітичний огляд наукових досліджень в області шумових забруднень від вітроенергетичних установок

Акустичний і звуковий супровід роботи вітроенергетичних установок є головним негативним фактором ВЕС.

Сучасні вітрогенератори виробляють значно менше шуму, ніж старіші розробки. Проектувальники турбін працюють над тим, щоб зменшити шум, оскільки шум відображає втрату енергії і виходу. Рівні шуму в прилеглих будинках можна регулювати за допомогою правильного розміщення генераторів, процесу затвердження для вітропарків і управлінням роботою вітропарку.

У зарубіжній практиці є досить велика кількість досліджень змін рівня і частоти шуму для різних ВЕУ з вітроколеса, що відрізняються конструкцією, матеріалами, висотою над землею, і для різних природних умов (швидкість і напрям вітру, підстилаюча поверхня і т. д.). Для безпечних умов праці персоналу ВЕС та мешканців на прилеглих територіях необхідно зниження рівня акустичного впливу – цю задачу необхідно вирішувати на етапах проектування та будівництва.

Шумові ефекти від ВЕУ мають різну природу і поділяються на механічні (шум від редукторів, підшипників і генераторів) та аеродинамічний вплив (шум від взаємодії вітрового потоку з лопатями установки). Останні, в свою чергу, можуть бути низькочастотними (менш 16-20 Гц) і високочастотними (від 20 Гц до декількох кГц).

Інв. №ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
									23
				Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

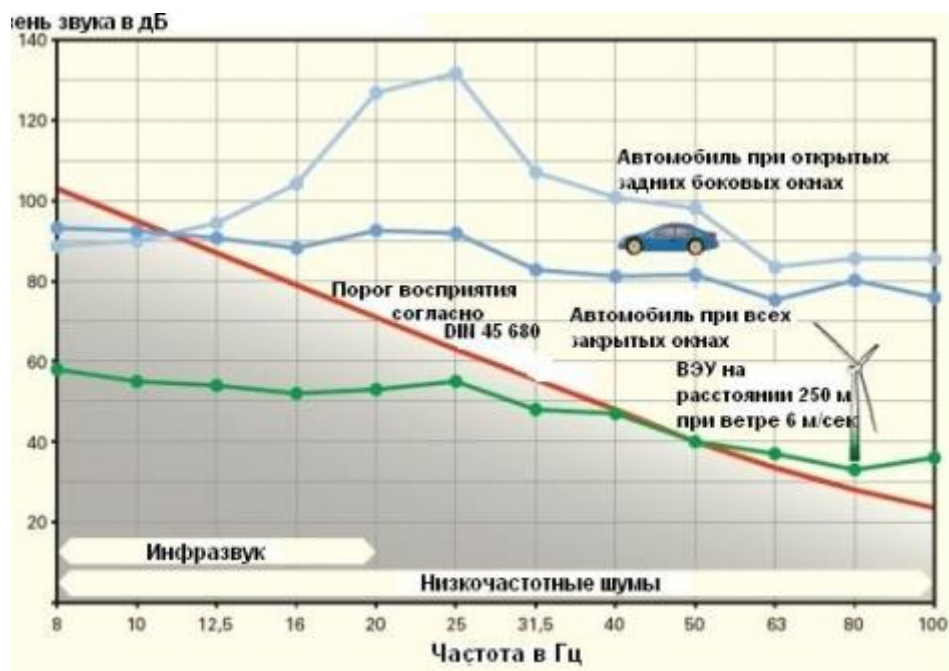


Рисунок 1.6 – Порівняльна характеристика рівня звуку різних джерел шуму [18]

При цьому сильний вітер, проходячи через природні перешкоди, може створити інфразвук більшої інтенсивності. Для порівняння: всередині адміністративної будівлі відповідно до вимірів, проведеним Баден-Вюртембергським державним інститутом охорони навколишнього середовища, Німеччина, рівень інфразвуку лежить нижче зеленої лінії. Швидкість вітру в обох випадках становила рівно 6 м / с. Більшість повсякденних шумів містять значно більше інфразвуку.

Графік вгорі показує як приклад шум всередині легкового автомобіля. При швидкості 130 км / год інфразвук стає навіть чутним. При відкритих вікнах шум відчувається як неприємний. Його інтенсивність складає 70 децибел, тобто в десятки разів сильніше, ніж поблизу вітроагрегата при сильному вітрі.

Зарубіжні науковці проводили дослідження з метою отримання відповіді на питання про те, наскільки близько до населених пунктів або окремих будівель можна розташовувати ВЕУ, щоб вони не чинили помітного впливу на людину (таблиця 1.3).

Інв. № ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № дубл.	

показує, інфразвук на відстані від 75 метрів від пляжу значно вище, ніж на відстані 360 метрів від вітрогенератора.

В Онтаріо, Канада, Міністерство навколишнього середовища розробило закон по обмеженню рівнів шуму від вітрогенераторів на відстані 30 метрів від житла або кемпінгу до 40 дБ. Ці приписи також встановлюють мінімальну відстань в 550 метрів для групи до п'яти щодо тихих (102дБ) генераторів з радіусом 3 км, і для групи від 11 до 25 більше гучних генераторів (106-107 дБ) відстань в 1500 метрів. Більші установки і більш гучні генератори вимагають досліджень шуму.

У звіті від 2009 року про «Сільські вітропарки», Постійний комітет парламенту Нового Південного Уельсу в Австралії рекомендував мінімальну дистанцію в два кілометри між вітрогенераторами і сусідніми будинками в якості профілактичного заходу. У липні 2010 року Австралійський Рада з охорони здоров'я і медичних досліджень повідомив про те, що "не існує опублікованих наукових доказів для підтвердження негативного впливу вітрогенераторів на здоров'я».

Наукова робота Канадської асоціації вітроенергетики і Американською асоціацією вітроенергетики [20] показала, що деякі люди могли відчувати стрес або роздратування, викликане свистячими звуками, виробленими вітрогенераторами. Дуже мала частина тих, хто знаходиться під впливом, відзначали роздратування і стрес, пов'язані зі сприйняттям шуму.

Робота [20] також виявила, серед іншого, що:

Симптоми «Синдрому вітрогенератора» ті ж, що спостерігаються в цілому у населення через стресу повсякденному житті. Вони включають головні болі, безсоння, відчуття тривоги, запаморочення і т.д.

Низькочастотний і ультра низькочастотний інфразвук, вироблений вітрогенераторами такий же як і той, що походить від руху автотранспорту та побутової техніки, і навіть биттям людських сердець. Такі «інфразвуки» не є особливими і не повідомляють факторів ризику.

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Але вже у 2011 році Британський акустичний бюлетень опублікував 10й незалежний огляд докази того, що вітропарки викликають роздратування і шкоду здоров'ю людей. І в 10-й раз було виділено, що «роздратування набагато більш пов'язане з соціальними і психологічними факторами у тих людей, які скаржилися на безпосередній вплив звуку або нечутного інфразвуку, що походять від вітрогенераторів».

Постійно з'являлися два фактори. «Перший - можливість бачити вітрогенератори, що збільшувало роздратування, особливо у тих, кому вони не подобаються або хто їх бояться. Другий фактор залежить від того, чи отримують люди дохід від розташування у себе вітрогенераторів, що чудесним чином стає високоефективним протиотрутою для почуттів роздратування і симптомів».

Багато прибережних вітропарки будуються в водах Великобританії. У січні 2009 року всебічне урядове екологічне дослідження прибережних вод Великобританії уклало, що існує можливість установки порядку від 5000 до 7000 прибережних вітрогенераторів без негативного впливу на морську навколишнє середовище. Робота, яка становить частину Прибережній енергетичної стратегічної екологічної експертизи Департаменту енергетики і зміни клімату, заснована на дослідженні, тривалістю понад рік. Воно включало аналіз геології морського дна, а також вивчення морських птахів і морських ссавців.

В своїй роботі Г. И. Сокол [23] показала, що з акустичної точки зору ВЕС слід розглядати як стаціонарне джерело непостійного широкосмугового шуму в звуковому та інфразвуковому діапазонах. Дволопатні ротори вертикально-осьових установок при часті обертів (28...90) об/хв генерують інфразвук на частотах (2...7) Гц, трьохлопатні горизонтально-осьові «Есперо» [24] при частоті обертання 67 об/хв – приблизно 3 Гц та трьохлопатні горизонтально-осьові «ГКЮ Южное» [25] при частоті обертання 47.6 об/хв – 2,4 Гц.

Згідно матеріалів представлених у статті [26] про аналіз звукового сигналу ВЕС, що проходить в оточуючих геологічному і повітряному середовищах, присвячена робота групи вчених Styles, P et.al. (1997). Автори досліджували ВЕС

Інв. №орис.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №одубл.

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк.

30

(St Breock Downs), що складаються з 11 однотипних ВЕУ фірми «Bonus» по 450 МВт, загальною номінальною потужністю 4,95 МВт.

Серед основних висновків по проведеній роботі автори відзначили, що нижча гармоніка з тоном 0,5 Гц безперечно присутня в основному спектрі. Гармонійний склад спектра імпульсної емісії: 0,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 Гц і більш високі частоти. Частотна смуга 7,5 Гц простежується найбільш чітко. Гармонійний склад сигналу близький до спектру, розрахованому на основі частоти обертання ротора. Амплітуда сигналу слабшає в міру віддалення від ВЕС. Вимірювання з частотним обмеженням ≥ 3 Гц, проведені на відстанях 20, 50 і 100 м від ВЕУ, також показали ослаблення амплітуди сигналу з відстанню.

Перевищення вищих тонів спектра (над фоновими значеннями), присутній на відстанях, більш ніж 500-700 м від ВЕУ, найбільш низькі частоти, в міру віддалення, поступово маскуються фоновим шумом. Присутність тони 0,5 Гц спостерігалось аж до відстані 1 км від ВЕС. Частотні смуги 4,5 і 7,5 Гц, фіксуються на відстані 1 км, також чітко вимірюються на основі фундаменту. Ці частоти спостерігаються найбільш стабільно, в порівнянні з іншими (Наприклад 1,5 Гц). Найнижча частота сигналу 0,5 Гц присутній навіть при повній зупинці ВЕС, ймовірно в результаті дії вітрового потоку на саму конструкцію ВЕУ [27]. Результати, отримані авторами, підтверджують принциповість одноманітності звукового сигналу ВЕУ в різних сферах навколишнього середовища. Аналіз сигналів, що проходять в атмосфері та літосфері, дозволив авторам орієнтовно виділити фактично присутні в емісії частоти розрахункового спектра.

Висновки розділу 1

В розділі наведений стислий аналіз негативних факторів впливу ВЕУ на навколишнє середовище.

З'ясовано, що вітроенергетика має недоліки, зокрема, вплив на оточуюче середовище, окремо у вигляді акустичного «забруднення». Вирішення проблеми забезпечення акустичного комфорту, розроблення заходів і засобів захисту

Інв. №орис.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	31

людини, які проживають на прилеглих територіях, на сьогодні є одним з головних завдань.

Аналіз літературних даних показує, що на вирішення цієї проблеми звертається увага, але тенденція до зростання рівня звукового тиску, виробленого ВЕУ, у міру збільшення її конструкції і потужності, неминуча, тому додаткові дослідження просто необхідні.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
									32
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

Таблиця 2.1 - Значення рівня звукового тиску різних джерел шуму

Джерело шуму	Звуковий тиск, Па	Інтенсивність звуку, дБ
Шум зимового лісу в тиху погоду	$2 \cdot 10^{-4,5} - 2 \cdot 10^{-4,9}$	2-4
Шепіт на відстані 1 м	$2 \cdot 10^{-3}$	40
Розмова середньої гучності на відстані 1 м	$2 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-1}$	60-74
Робота верстатів, що створюють значний шум (робоче місце біля верстата)	$2 \cdot 10^{-1} - 2$	80-100
Робота пневмокомпресора, штампувального преса на відстані 1 м	$2 \cdot 10$	120
Шум реактивного двигуна літака на відстані 2-3 м	$2 \cdot 10^2$	130-140

Несприятливий вплив шуму на людину залежить не тільки від рівня звукового тиску, а й від частотного діапазону шуму, а також від рівномірності його впливу впродовж часу.

За часовими характеристиками шуми поділяються на постійні й непостійні. Постійними вважаються такі шуми, рівень звуку яких за восьмигодинний робочий день змінюється в часі не більш, ніж на 5 дБА. Непостійні шуми, рівень звуку яких змінюється за восьмигодинний робочий день більше, ніж на 5 дБА, у свою чергу, поділяються на коливальні в часі, переривчасті та імпульсні, які складаються із сигналів тривалістю менше 1 с .

Людське вухо неоднаково відчуває звуки різних частот [30]. Звуки малої частоти людина сприймає як менш гучні, порівняно зі звуками більшої частоти тієї ж інтенсивності. Тому для оцінки суб'єктивного відчуття гучності шуму введено поняття рівня гучності, який відлічується від умовного нульового порогу. Одиницею рівня гучності є фон. Він відповідає різниці рівнів інтенсивності в 1 дБ еталонного звуку за частоти 1000 Гц. Таким чином, при

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк.

34

частоті 1000 Гц рівні гучності (у фонах) збігаються з рівнями звукового тиску (в дБ). Рівень гучності є фізіологічною характеристикою звукових коливань [31].

За допомогою спеціальних фізіологічних досліджень були побудовані криві однакової гучності, за якими можна визначати рівень гучності будь-якого звуку із заданим рівнем звукового тиску (рисунок 2.1).

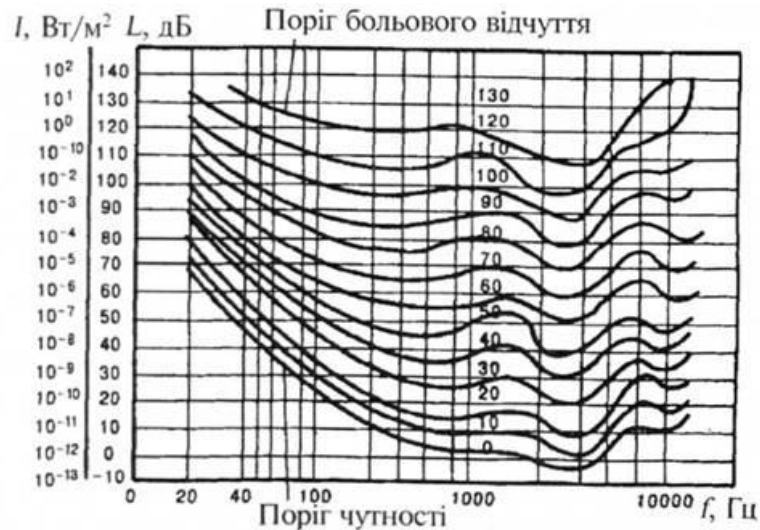


Рисунок 2.1 - Зона слухового сприйняття людиною будь-якого звуку в залежності від частоти та його інтенсивності

Ряд нормативних актів України містить положення щодо захисту населення та навколишнього середовища від шкідливого впливу шуму [32].

Відповідно до Закону України „Про охорону навколишнього природного середовища“, Закону України „Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення“ органи державної виконавчої влади, місцевого самоврядування, підприємства, установи, організації та громадяни при здійсненні своєї діяльності зобов'язані вживати необхідні заходи щодо запобігання та недопущення перевищення встановлених рівнів акустичного впливу на навколишнє природне середовище і здоров'я людини [33]. Використання джерел, що генерують цей фізичний фактор у виробництві, побуті та з іншою метою, допускається за умови дотримання санітарних норм, які

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
				Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	35

передбачені Державними санітарними правилами планування і забудови населених пунктів від 19 червня 1996 року.

Нормативна база України: СНиП II-12-77 «Защита от шума»; СН 2.2.4/2.1.8-562-96 (от 03.08-84) «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»; СанПін 42-128-4948-89 «Санитарные нормы допустимых уровней инфразвука и низкочастотного шума на территории жилой застройки»; ДСТУ ІЕС 61400-1-2001 «Системи турбогенераторні вітряні. Частина 1. Вимоги безпеки. Розділи 3 і 6»; ДСТУ ІЕС 61400-11-2002 «Системи турбогенераторні вітряні. Частина 11. Методика вимірювання акустичного шуму»; ISO 9613-2:1996 «Шум. Затухання звуку при розповсюдженні на місцевості. Частина 2. Загальна методика розрахунку».

Як це передбачено Державними будівельними нормами України (ДБН 360—92), допустимі рівні шуму на різних об'єктах, територіях різного господарського призначення не повинні перевищувати показників санітарних норм, наведених у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Граничні нормативні рівні шуму

Території	Еквівалентний рівень шуму, дБА		Максимальний рівень, шум, дБА	
	>з 7 до 23	>з 23 до 7	>з 7 до 23	>з 23 до 7
Селітебні зони населених місць	55	45	70	60
До житлової забудови, що реконструюється	60	50	70	60
Території житлової забудови поблизу аеродромів та аеропортів	65	55	75	65
Зони масового відпочинку і туризму	50	35-40	85	75
Санітарно-курортна зона	40-45	30-35	60	65
Території заповідників і заказників	< 25	<20	50	45

Державні санітарні правила планування і забудови населених пунктів встановлюють допустимі рівні звуку на території житлової забудови

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк.

36

Інв. №орис.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №одубл.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.
			Дата

(характеристикою джерел з непостійними акустичними характеристиками (транспорту і т.ін.) є еквівалентні та максимальні рівні звуку (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Граничні нормативні рівні шуму на території житлової забудови

Види територій	Допустимі рівні звуку (дБА)		Час доби
	LA экв.	LA макс.	
Території, що безпосередньо прилягають до будівель лікарень, санаторіїв	45	60	вдень
	35	50	вночі
Території, що безпосередньо прилягають до житлових будинків, будівель поліклінік, амбулаторій, будинків відпочинку, пансіонатів, будинків—інтернатів, дитячих дошкільних закладів, шкіл та інших навчальних закладів, бібліотек	55	70	вдень
	45	60	вночі
Території, що прилягають до будівель готелей та гуртожитків	60	75	вдень
	50	65	вночі
Майданчики відпочинку на території лікарень та санаторіїв	35	50	вдень
Майданчики відпочинку на території мікрорайонів, груп житлових будинків, будинків відпочинку, пансіонатів, майданчиків дитячих дошкільних закладів, шкіл та інших учбових закладів, будинків-інтернатів	45	60	вдень

Основними об'єктами шумового впливу від ВЕУ, для яких санітарними нормами встановлені нормативні рівні звуку, є прилеглі житлові забудови та господарські об'єкти. В залежності від призначення території в межах населеного пункту виділяють різні ділянки, для яких встановлені свої гранично припустимі рівні звуку[34]. Для загальної оцінки шумового режиму для всіх жилих і громадських будівель прийнятий нормативний рівень шуму, який дорівнює 45 дБА, що відповідає згідно СН №3077-84 територіям, безпосередньо

Інв. №орис.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.

прилеглим до житлових будівель, майданчикам відпочинку територій мікрорайонів і груп житлових будинків.

Рівень звуку в будь-якій точці території, яка розташована в зоні впливу джерел шуму, є результатом складання цілого ряду коливань як від них самих, так і від сторонніх джерел, шум від яких є фоновим. Джерелами фонового акустичного забруднення є шум від руху вітру, шум листви дерев при вітрі (вимірний шум дорівнює 64дБ при швидкості вітру 9м/с), автотранспорту, сільськогосподарського транспорту та ін. Розрахований рівень звуку в розрахунковій точці буде характеризувати лише шум від ВЕУ, які впливають на задану точку.

Єдиний документ в Україні, який регламентує заходи по захисту населених пунктів від впливу ВЕУ – це висновок Державної санітарно-епідеміологічної служби від 07.01.2003р. №05.03.02-07/45833 Міністерства охорони здоров'я України, яке рекомендує внести зміни в ДБН 360-92** і встановити санітарно-захисну зону для вітроагрегатів не менш 400м.

Інфразвук - це механічні коливання, що поширюються в пружному середовищі з частотою менше 20 Гц, які не чує людина. Він відрізняється від чутних звуків значно більшою довжиною хвилі. Поширення інфразвуку від джерела може відбуватися на великі відстані. Чим більша амплітуда, тим більший інфразвуковий тиск і відповідно сила звуку[35]. Вони можуть бути механічного і аеродинамічного походження.

За характером спектра інфразвук слід поділяти на:

- широкосмуговий, з безперервним спектром шириною більше однієї октави;
- гармонійний, в спектрі якого є виражені дискретні складові.

Гармонійний характер інфразвуку встановлюють в октавних смугах частот по перевищенню рівня в одній смузі над сусідніми не менш як на 10 дБ.

За часовими характеристиками інфразвук слід поділяти на:

Інв.№орис.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№одубл.

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		38

- постійний, рівень звукового тиску якого по шкалі "Лінійна" на характеристиці "повільно" змінюється не більше ніж на 10 дБ за час спостереження 1 хв .;

- непостійний, рівень звукового тиску якого по шкалі "Лінійна" на характеристиці "повільно" змінюється не менше ніж на 10 дБ за час спостереження не менше 1 хв.

Для непостійного інфразвуку нормованою характеристикою є загальний рівень звукового тиску за шкалою "Лінійна" шумоміра в дБ Лін.

Допускається визначати рівні звукового тиску в 1/3 октавних смугах частот 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20 Гц; їх слід перераховувати в рівні в октавних смугах із зазначеними середньгеометричними частотами відповідно до "Методичних вказівок по проведенню вимірів і гігієнічної оцінкою шумів на робочих місцях" N 1844-78 МОЗ СРСР.

Октава 31,5 Гц включена в нормований діапазон (таблиця 2.4) інфразвуку, оскільки вона не регламентується ГОСТ 12.1.003-76 "Шум. Общие требования безопасности

Таблиця 2.4 - Санітарні норми рівнів звукового тиску інфразвуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами в Гц					Загальний рівень звукового тиску в дБ Лін
2	4	8	16	31,5	
105	105	105	105	102	110

Методи вимірювання шуму та інфразвуку

Вимірювання шуму в октавних смугах або рівня шуму проводиться за допомогою шумоміра, який відповідає діючим вимогам Держстандарту України

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

і має посвідчення про перевірку. Вимірювання еквівалентних рівнів шуму слід проводити інтегруючими шумомірами та шумоінтеграторами [36].

Прилади повинні бути перевірені в органах Держстандарту.

Вимірювання інфразвуку проводиться шумомірами 1 класу з частотною характеристикою від 1 Гц і октавними або третинооктавними фільтрами, а мікрофон повинен мати нижньочастотну межу 2-3 Гц.

Для постійного інфразвуку вимірюють рівні звукового тиску у дБлн та рівні шуму дБА, а також спектр у октавних смугах з відліком показників за середнім положенням стрілки шумовимірювача на характеристиці “повільно”, або проводять магнітний запис інфразвуку, а для непостійного – визначають їх відповідні еквівалентні рівні.

Вплив інфразвуку на людину

Низькочастотні коливання з рівнем інфразвукового тиску, що перевищує 150 дБ, людина перенести не в змозі. Частота коливань від 1-15 Гц є особливо небажаною через резонансні явища в організмі.

Медики дослідили, що шум впливає не тільки на органи слуху, але і на весь організм людини. Найбільш небезпечним є вплив інфразвуку, який може входити в резонанс з внутрішніми органами [37].

При частоті 1-2 Гц людина занурюється в сон. Частоти від 5 до 7 Гц викликають в людині дике відчуття страху. До того ж, якщо йде тривалий випромінювання, то мозок людини може увійти в резонанс і зруйнуватися, і людина загине.

Тому льотчикам заборонено входити в грозові хмари, тому що там, в грозових хмарах, вихори і вібрації дуже часто, що працюють на частоті 5-7 Гц.

У наукових колах частоти 5-7 Гц називають «голосом моря». Це пов'язано з тим, що в результаті тектонічних зрушень відбувається зміщення земної кори під водою. Це викликає або виверження, або підводні землетрусу. Вони викликають певну хвилю. Коли вона поширюється по воді, швидкість її досягає 700-800 км / год. Уявіть, випромінювання 5-7 Гц по поверхні моря поширюється

Інв. № доубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № ориг.	

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		40

зі швидкістю 700-800 км / год. Дуже часто знаходять, так звані, «летючі голландці». Просто йде це випромінювання, і люди в паніці стрибають за борт. Хвиля робить свою справу і людина гине.

Багато військових структур використовують випромінювачі на цих частотах. Припустимо для розгону демонстрацій. Але це вже не 5-7 Гц, а від 3,5 до 5 Гц - це все, так звані інфразвукові частоти. Биття, що виникають внаслідок різниці частот цих генераторів, мають інфразвукову частоту і викликають у більшості людей неприємні зорові ефекти, незрозумілі страх і тривогу, бажання швидше покинути небезпечне місце [38].

Частота для певних органів, наприклад, для голови становить 20-30 Гц, для ока - 40-100 Гц, для вестибулярного апарату - 0.5-13 Гц, для серця - 4-6 Гц, для шлунка - 2-3 Гц, для кишечника - 2-4 Гц, для черевної порожнини - 4-8 Гц, для нирок - 6-8 Гц, для рук - 2-5 Гц, для хребта - 6 Гц.

Інфразвук діє за рахунок резонансу: частоти коливань при багатьох процесах в організмі лежать в інфразвуковому діапазоні: скорочення серця 1-2 Гц дельта-ритм мозку (стан сну) 0,5-3,5 Гц альфа-ритм мозку (стан спокою) 8-13 Гц бета -ритм мозку (розумова робота) 14-35 Гц.

При збігу частот внутрішніх органів і інфразвуку, відповідні органи починають вібрувати, що може супроводжуватися сильними больовими відчуттями. Біоефективності для людини частот 0,05 - 0,06, 0,1 - 0,3, 80 і 300 Гц пояснюється резонансом кровоносної системи. Тут є деякі статистичні дані. У дослідях французьких акустиків і фізіологів 42 молодих людини на протязі 50 хвилин піддалися впливу інфразвуку з частотою 7.5 Гц і рівнем 130 дБ. У всіх випробовуваних виникало збільшення нижньої межі артеріального тиску. При дії інфразвуку фіксувалися зміни ритму серцевих скорочень і дихання, ослаблення функцій зору та слуху, підвищена стомлюваність і інші порушення. А частот 0,02 - 0,2, 1 - 1,6, 20 Гц - резонансом серця. Легені і серце, як всякі об'ємні резонуючі системи, також схильні до інтенсивних коливань при збігу

Інв. №ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.

частоти їх резонансів з частотою інфразвуку. Найменше опір інфразвуку надають стінки легенів, що, врешті-решт, може викликати їх пошкодження.

Набори біологічно активних частот не збігаються у різних тварин. Наприклад, резонансні частоти серця для людини дають 20 Гц, для коня - 10 Гц, а для кролика і щурів - 45 Гц.

Значні психотропні ефекти найсильніше висловлюється на частоті 7 Гц, співзвучною альфа ритму природних коливань мозку, причому будь-яка розумова робота в цьому випадку робиться неможливою, оскільки здається, що голова ось-ось розірветься на дрібні шматочки. Інфра частоти близько 12 Гц при силі в 85-110 дБ, наводять напади морської хвороби і запаморочення, а коливання частотою 15-18 Гц при тій же інтенсивності вселяють почуття занепокоєння, невпевненості і, нарешті, панічного страху.

За даними деяких авторів [39], дії інфразвуку рівнем більше 170 дБ протягом 10 хвилин є смертельним. При рівні понад 150 дБ починаються багато небажаних процесів: подразнення шкіри, її почервоніння, кашель, задуха, болі при ковтанні і ряд інших хворобливих симптомів. Деякі люди при рівні інфразвуку 140-150 дБ і експозиції 2 хвилин відчують сильне нездужання, інші переносять таку дію безболісно. Межа розладів починається при дії інфразвуку з рівня близько 120 дБ. Інфразвук рівнем 110 дБ не надає явно виражених стресових дій на людський організм, але тривала дія ідентична звуковому навантаженню чутного спектра частот.

Короткочасна (15 хвилин) дія інфразвуку рівнем 135 дБ призводить до розвитку процесу гальмування в центральній нервовій системі (ЦНС), зниженню працездатності, змінам з боку серцево-судинної дихальної та інших систем, рівень 110 дБ – до зниження лабільності ЦНС.

Інв. №ориг.	
	Підп. і дата
	Взаєм. інв. №
	Інв. №дубл.

2.2 Методи розрахунку шуму

Головним завданням при створенні вітроелектричних установок є визначення рівня шуму, випромінюваного при їх роботі. Рівень шуму - це загальне поняття для наступних величин: рівень звукового тиску, рівень звуку, рівень звукової потужності, рівень інтенсивності шуму [40].

Одним зі способів розрахунку рівня шуму, випромінюваного вітроелектричної установки є методика Н.С. Голубенка, А.М. Фельдмана та В.А. Циганова.

За методикою рівень випромінюваного ВЕУ шуму в децибелах, враховуючи корекцію А шумоміра, обчислюють згідно [40] за виразом:

$$L_A = 20 \lg \frac{P_a}{P_0}, \quad (1)$$

де P_a - середньоквадратичне значення звукового тиску, враховуючи корекцію А шумоміра, Па;

$$P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па} - \text{еталонне значення звукового тиску.}$$

Відповідно до [40], [41] рівень звукової потужності розраховується виходячи з геометричних умов схеми точок вимірювання і виміряного рівня шуму в точках вимірювань

$$L_{PA} = L_{Am} + 10 \cdot \lg \frac{S}{S_0} - K_0, \text{ дБ (А)}, \quad (2)$$

де L_{Am} - виміряний рівень шуму на відстані R_0 , дБ (А);

$$S_0 = 1 \text{ м}^2;$$

$S = 2 \cdot \pi \cdot R_0^2$ - площа півсфери, описаної радіусом

$$R_0 = H + \frac{D}{2},$$

де H - висота до осі ротора;

D - діаметр ротора;

$K_0 = 3$ або 6 дБ (А) - коригувальна поправка в залежності від схеми розташування мікрофона шумоміра.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
				Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	43

Визначивши по формулі (2) значення рівня звукової потужності L_{PA} , Можна визначити рівень шуму L_{Am} на будь-якій відстані від ВЕУ.

Для розрахунку рівня шуму, випромінюваного розробляється ВЕУ, пропонується наступний порядок розрахунку і емпірична залежність.

З формули (1), за відомим рівнем випромінюваного шуму ВЕУ-аналогом ($L_{AЭ}$), Визначається величина $\frac{P_{aэ}}{P_0}$,

де $P_{aэ}$ - середньоквадратичне значення звукового тиску ВЕУ-аналога, враховуючи корекцію А шумоміра, Па.

Рівень випромінюваного шуму розробляється ВЕУ може бути визначений за формулою

$$L_{Ap} = 20 \lg \frac{P_{aэ}}{P_0} \cdot k, \quad (3)$$

де $k = \left(\frac{D_P}{D_Э}\right)^2 \cdot \left(\frac{W_P}{W_Э}\right)^2 \cdot \frac{n_P}{n_Э}$ - коефіцієнт перерахунку;

$D_Э, D_P$ - діаметри ротора ВЕУ-аналога і розробляється ВЕУ, м;

$n_Э, n_P$ - частоти обертання ротора ВЕУ-аналога і розробляється ВЕУ, об / хв;

$W_Э, W_P$ - швидкості потоку, що набігає на кінцеве перетин лопаті ВЕУ-аналога і розробляється ВЕУ, м / с

$$W_Э = \sqrt{V_{KЭ}^2 + V_{HЭ}^2}, \quad W_P = \sqrt{V_{KP}^2 + V_{HP}^2},$$

де $V_{KЭ}, V_{KP}, V_{HЭ}, V_{HP}$ - лінійна швидкість кінця лопати і швидкість вітрового потоку, при якій досягається номінальна потужність ВЕУ-аналога і розробляється ВЕУ.

Пропонована емпірична залежність (3) відображає фізичну картину залежності випромінюваного шуму від основних параметрів ВЕУ, так як

$$L_A = f(P_H), \text{ а } P_H = f(D^2, W^2),$$

де P_H - номінальна потужність ВЕУ.

Інв. № ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № дубл.	

У таблиці 2.5 наведені параметри декількох існуючих ВЕУ потужністю від 750 кВт до 4,5 МВт, а також експериментальні та розрахункові дані по рівню шуму для них.

Розрахунки проводилися в двох варіантах: в першому варіанті бралися за базу експериментальні дані по ВЕУ Nordik -1000 (класична схема), а в другому варіанті - по E-112 (безмультиплікаторная схема фірми Enercon). Як видно з таблиці 2.5, розрахунки рівня випромінюваного шуму за формулою (3) мають хорошу збіжність з експериментальними даними (похибка менше 1%).

У таблиці 2.5 наведені також результати розрахунків рівня випромінюваного шуму для створюваної ВЕУ ТГ-750 (номінальною потужністю 750 кВт, ПФГ «Конкорд») і умовної ВЕУ-750 (номінальною потужністю 750 кВт), виконаної за класичною схемою (з мультиплікатором і швидкохідних генератором) з основними параметрами ВЕУ ТГ-750. Особливістю ТГ-750 є безмультиплікаторная турбогенераторних схема, яка має основний ротор і три турбогенератора на лопатях основного ротора.

Для розрахунку рівня шуму від декількох джерел використовувалася методика [40].

Таблиця 2.5 - Параметри ВЕУ і рівні їх шумових характеристик

№	Параметри ВЕУ		Nordik-1000 (Nordik)	V-52 (Vestas)	V-80 (Vestas)	E-112 (Enercon)	ВЕУ-750 (Умовно)	ТГ-750 (ПФГ «Конкорд»)
	Найменування, розмірність	Позначення						
1	Потужність ВЕУ, кВт	N	1000	850	2000	4500	750	750
2	Діаметр ротора, м	D	54,0	52,0	80,0	112,0	54,0	54,0
3	Обороти, об/хв	n	25,0	26,0-31,4	16,7-19,0	13,0	16,0-31,5	16,0-31,5
4	Номінальна швидкість вітру, м/с	V0	15,0	16,0	15,0	12,5	11,5	11,5
5	Висота опори, м	H	60	60; 65; 74; 86	60; 78; 85; 100	124	50	50
6	Швидкість кінця лопаті, м/с	Vк	71	70,75-85,5	69,9-79,55	77	45,8-89,16	45,8-89,16

№ в. №	№ в. №	№ в. №	№ в. №	№ в. №
№ в. №	№ в. №	№ в. №	№ в. №	№ в. №
№ в. №	№ в. №	№ в. №	№ в. №	№ в. №
№ в. №	№ в. №	№ в. №	№ в. №	№ в. №
№ в. №	№ в. №	№ в. №	№ в. №	№ в. №

7	Швидкість набігаючого потоку на кінець лопаті, м/с	W	72,2	72,53-86,98	71,49-80,9	77,2	45,85-89,74	45,85-89,74
8	Середньоквадратичний звуковий тиск, Па:	pa						
	-експеримент		2	2,0-3,35	2,24-3,6	4,77	-	-
	Розрахунок (через Nordik)		2	1,85-3,36	2,87-4,18	5,11	0,89-3,892	4,47
	Розрахунок (через E-112)		1,86	1,698-3,38	2,515-3,66	4,77	0,88-3,39	2,34-3,9
9	Рівень звукової потужності, Дб (A):	LPA						
	-експеримент		100	100-104,5	101-105,1	107	-	-
	Розрахунок (через Nordik)		100	99,32-104,54	103,14-106,4	108	105,8	107 (для довідки)
	Розрахунок (через E-112)		98,82	98,57-103,37	102,0-105,26	107	93-104,6	100,6-105,8
10	Рівень шуму, Дб (A) на відстані:	LAm						
	100 м		55	55-59,5	56-60	62	60,8	55,6-60,8
	200 м		49	49-53,5	50-54	56	54,8	49,6-54,8
	300 м		43	43-47,5	44-48	50	48,8	43,6-48,8

На рисунку 2.2 наведено залежність рівня шуму ВЕУ від відстані 100 м, 200 м та 300 м.

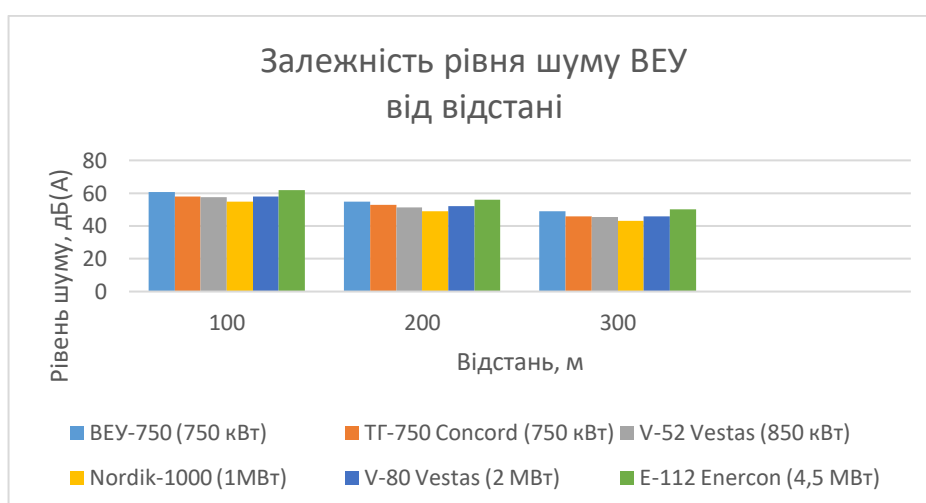


Рисунок 2.2 – Залежність рівня шуму ВЕУ від відстані за методикою Н.С. Голубенка, А.М. Фельдмана та В.А. Циганова.

На рисунку 2.3 наведена номограма для порівняння розрахункових і експериментальних рівнів шуму для різних ВЕУ на основі даної методики, а залежність рівня шуму від потужності вітрогенератора на рисунку 2.4.

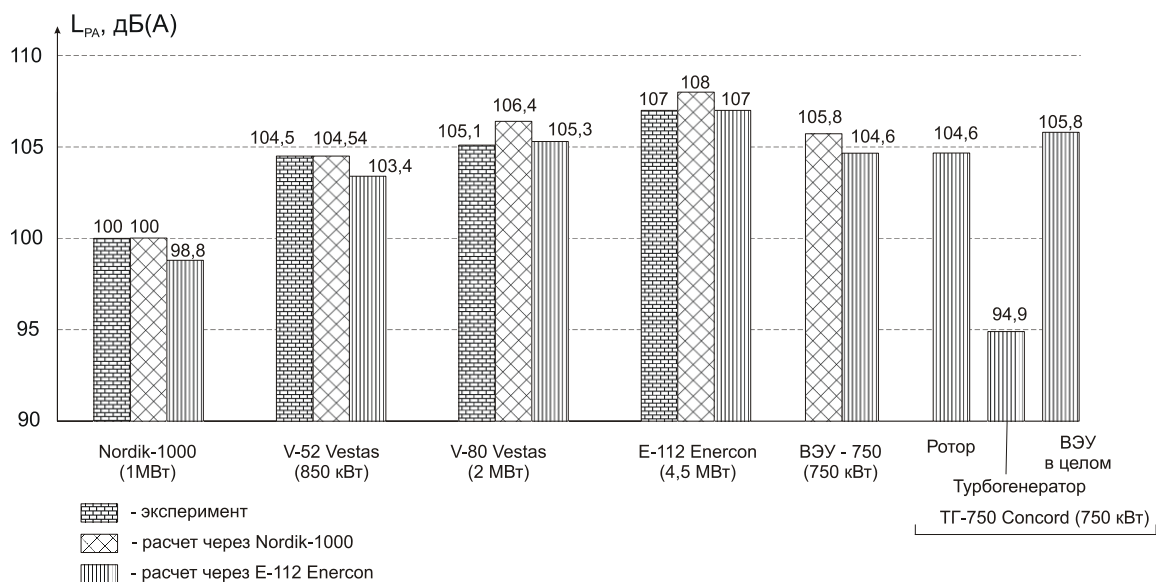


Рисунок 2.3 – Номограма розрахункових та експериментальних рівнів шуму для різних ВЕУ

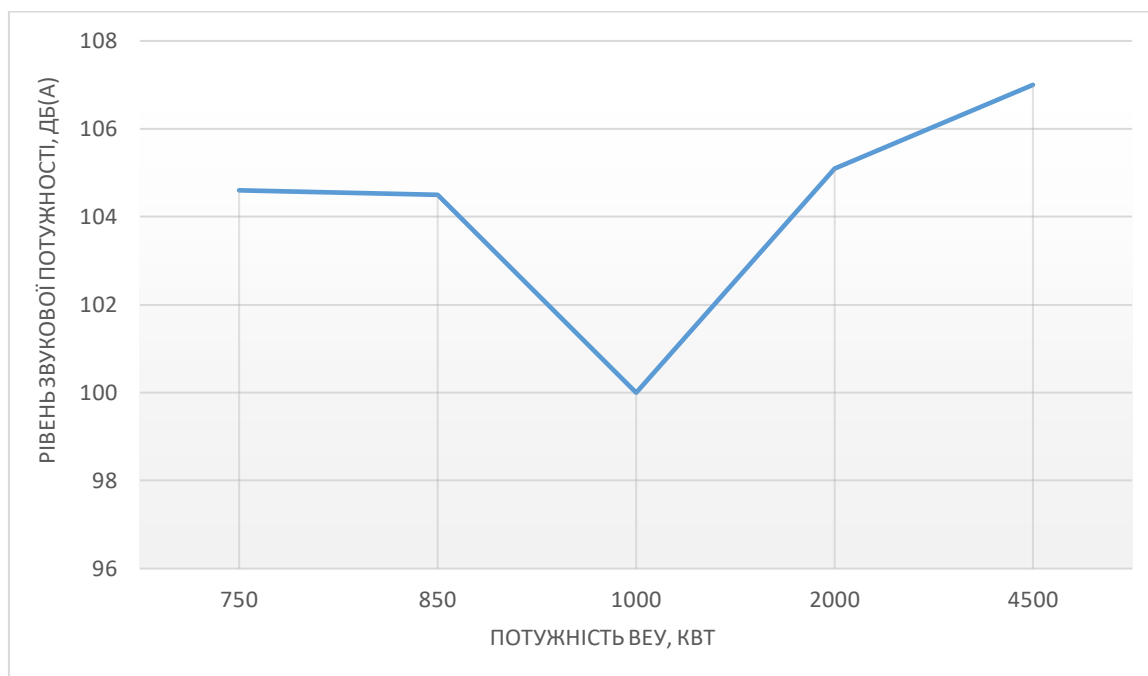


Рисунок 2.4 – Потужність та рівні шуму для різних ВЕУ

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

Н.С. Голубенко, А.М. Фельдман та В.А. Циганов розробили методику розрахунку рівня шуму, випромінюваного ВЕУ при її роботі, яка дозволяє вже на етапі проектування з достатньою точністю прогнозувати шумові характеристики ВЕУ, виконаних як за класичною схемою (з мультиплікатором і швидкохідних генератором), так і по безмультиплікаторній схемою типу Enercon або турбогенераторної схемою типу ВЕУ ТГ-750 ПФГ «Конкорд».

А також показали, що розрахунковий рівень шуму, який буде випромінювати розробляється ПФГ «Конкорд» ВЕУ ТГ-750 (номінальною потужністю 750 кВт), знаходиться на рівні шуму, випромінюваного V-52 (номінальною потужністю 850 кВт) і V-80 (номінальною потужністю 2000 кВт) фірми Vestas, виконаних за класичною схемою, і відповідає рівню шуму, випромінюваного умовної ВЕУ-750 (номінальною потужністю 750 кВт), виконаної за класичною схемою з параметрами ТГ-750.

В своїй роботі «Вибір видалення ВЕС від зони житлової забудови» Шуркалов П. С. зазначає, що необхідність проведення заходів щодо зниження шуму на діючих підприємствах визначається на підставі акустичного розрахунку.

У даному розрахунку об'єктом дослідження виступає автоматизований радіотехнічний пост (АРТП) на мисі Мережа-Наволоок (Мурманська область), де встановлені дві вітроенергетичні установки АВЕУ-30 (PW 30/14) по 30 кВт. Точка розміщення АРТП Мережа Напірників знаходиться в безпосередній близькості від маяка Мережа-Наволоокського і маякового селища з невеликим постійним експлуатаційним персоналом. До складу зазначеного селища входять дев'ять виробничих і житлових будівель, складські приміщення різного призначення, місцева мережа доріг в селищі, а також вантажний транспорт.

Для дослідження обрано ці два вітроагрегата, розташовані на відстані п'яти-шести діаметрів робочого колеса (приблизно 60-70 м) один від одного. Висота вежі ВЕУ становить 15 м.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
									48
				Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

В даному випадку метою акустичного розрахунку є визначення допустимого відстані від селища, на якому можна розташовувати розглядаються ВЕУ.

Акустичний розрахунок виконується восьми октавних смугах з середньгеометричними частотами від 63 до 8000 Гц з точністю до десятих часток децибел.

Залежно від того, де знаходиться джерело шуму, застосовуються різні розрахункові формули. В даному випадку джерело шуму розташовується у вільному просторі.

Джерелами шуму є дві ВЕУ АВЕУ-30 (PW 30/14). У розрахунку автор приймає, що вони будуть розташовані на однаковій відстані від розглянутого селища.

Рівень звукового тиску, створюваного точковим джерелом, в розрахунковій точці, коли джерело шуму розташований на відкритому повітрі, визначається за формулою:

$$L = L_w + \lg \Phi - 10 \cdot \lg \Omega - 20 \cdot \lg r - \frac{\beta_a \cdot r}{1000}, \quad (1)$$

де $L_w = 95,7$, дБ - рівень звукової потужності джерела шуму. Для даної ВЕУ рівень звукової потужності знайти не вдалося, тому в якості розрахункового значення була взято рівень звукової потужності, відповідний вітроустановці Krogmann 50/15 50 кВт [42].

$\Phi = 1$ - фактор спрямованості (для джерел з рівномірним випромінюванням);

$\Omega = 2\pi$ - просторовий кут випромінювання (для джерел розташованих на поверхні);

r , М - відстань від центру джерела до робочої точки;

β_a , дБ / м - коефіцієнт поглинання звуку в повітрі при 20°C і відносній вологості 60%. Значення беруться з таблиці 2.6.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.

Таблиця 2.6 - Коефіцієнт поглинання звуку в повітрі

f , Гц	125	250	500	1000	2000	4000	8000
β_a , ДБ / км	0,3	1,1	2,8	5,2	9,6	25	83

Так як метою даного розрахунку є визначення відстані, то в якості L задаємося нормативним значенням рівнів шуму наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Нормативні значення рівнів шуму

Робоче місце	Рівень звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц							Екв. ур. зв., дБА
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Творча діяльність, наукова діяльність, програмування, викладання, навчання	61	54	49	45	42	40	38	50

Однак, так як в роботі дві ВЕУ, то:

$$L_{\text{норм.}} = 10 \cdot \lg \left(10^{0,1 L_{pA}^{\text{ВЭУ1}}} + 10^{0,1 L_{pA}^{\text{ВЭУ2}}} \right), \quad (2)$$

де $L_{pA}^{\text{ВЭУ1,2}}$, ДБ - допустимі рівні звукового тиску ВЕУ. Так як ВЕУ в даному розрахунку однакові, то тоді $L_{pA}^{\text{ВЭУ1}} = L_{pA}^{\text{ВЭУ2}} = L_{pA}$.

Тоді з формули висловивши з формули (2) L_{pA} отримуємо:

$$L_{pA} = \frac{L_{\text{норм.}} - \lg 2}{0,1 \cdot \lg 10}. \quad (3)$$

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Далі, підставляючи у вираз (3) різні значення $L_{норм.}$ визначено значення L_{pA} для кожної з октавних смуг. Результати представлені в таблиці 2.8.

Використовуючи частотну характеристику А, можна отримати поправочні значення для приведення у відповідність рівнів звукового тиску на рівні гучності звуку за шкалою А.

Складаючи рівень звукової потужності і поправочні коефіцієнти (чисельні значення поправок для частотної характеристики А наведені в таблиці 2.8) отримано скоригований рівень звукової потужності ВЕУ для кожної з октавних смуг. Результати наведені в таблиці 2.8.

Далі, коли відомі всі члени виразу, методом підбору визначаємо відстані r_i (Дивись таблицю 2.7), при яких $L_i = L_{pAi}$ (де i - порядковий номер октавної смуги).

Визначивши відстані, на яких слід розташовувати розглядаються ВЕУ для кожної з октавних смуг, в якості кінцевого відстані обрано максимальне, тобто 240,3 м і округлено його до 245 м.

В результаті акустичного розрахунку, визначено, що рівень шуму не перевищує нормативних значень рівнів шуму.

Таблиця 2.8 - Результати акустичного розрахунку в роботі «Вибір видалення ВЕС від зони житлової забудови» Шуркалова П. С.

f , Гц	125	250	500	1000	2000	4000	8000
β_a , ДБ / км	0,3	1,1	2,8	5,2	9,6	25	83
L_w , дБ	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7
ΔL_A , дБ	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1
$L_w^{скор.}$, дБ	79,6	87,1	92,5	95,7	96,9	96,7	94,6
L_{pA} , дБ	58	51	46	42	39	37	35
r , м	4,795	25,37	82,10	174,0	240,3	210,4	120,5

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк.

51

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

Таким чином, аналіз публікацій доводить, що в дослідженнях цих авторів питання розповсюдження шуму від ВЕУ є найбільш складовою впливу на навколишнє середовище, тому є актуальним на сьогодні.

Висновки розділу 2

У другому розділі приведена інформація про нормування шуму та інфразвуку, нормативні документи. Основними об'єктами шумового впливу від ВЕУ, для яких санітарними нормами встановлені нормативні рівні звуку, є прилеглі житлові забудови та господарські об'єкти. В залежності від призначення території в межах населеного пункту виділяють різні ділянки, для яких встановлені свої гранично припустимі рівні звуку. Також наведені дані про дію інфразвуку на людину.

Опрацьовані методи розрахунку шуму випромінюваного вітроелектричної установки на прикладі методик Н.С. Голубенка, А.М. Фельдмана та В.А. Циганова [40] та акустичного розрахунку Шуркалова П. С. [42].

Інв. № ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № дубл.	

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		52

РОЗДІЛ 3. Аналіз залежності шумового забруднення від ВЕУ різної конструкції

3.1 Розрахунковий експеримент по визначенню рівня шуму від ВЕУ різної конструкції

Необхідність проведення заходів щодо зниження шуму визначається на підставі акустичного розрахунку.

У даному розрахунку об'єктом дослідження є вітроенергетична установка з різними рівнями звукової потужності: 95 дБ (середня потужність великих генераторів), 70 дБ (проміжне значення) та 45 дБ (для роторів Дар'є та Савоніуса).

В зв'язку з обмеженістю наявних результатів, щодо акустичного розрахунку для інфразвукових частот заплановано провести теоретичний розрахунок для всього діапазону можливих акустичних коливань.

В даному випадку метою акустичного розрахунку є аналіз зміни рівня акустичного впливу від різної звукової потужності ВЕУ, а також визначення допустимої відстані від житлових забудов та господарських об'єктів, на якій можна розташовувати ВЕУ.

Акустичний розрахунок виконується октавних смугах, що включають, як інфразвук так і звуковий діапазон, з середньгеометричними частотами від 2 до 8000 Гц з точністю до десятих часток децибел.

Залежно від того, де знаходиться джерело шуму, застосовуються різні розрахункові формули. В даному випадку джерело шуму розташовується у вільному просторі.

Рівень звукового тиску, створюваного точковим джерелом, в розрахунковій точці, коли джерело шуму розташований на відкритому просторі, визначається за формулою:

Інв.№орис.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№одубл.
------------	--------------	-------------	-------------

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк.

53

$$L = L_w + \lg\Phi - 10 \cdot \lg\Omega - 20 \cdot \lg r - \frac{\beta_a \cdot r}{1000} \quad (1)$$

где L_w , – рівень звукової потужності джерела шуму, дБ.

Φ – фактор спрямованості (в нашому випадку $\Phi = 1$);

$\Omega = 2 \cdot \pi$ – просторовий кут випромінювання (для джерел, розташованих на поверхні);

r – відстань від центру джерела до робочої точки, м;

β_a – коефіцієнт поглинання звуку в повітрі при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ і відносній вологості 60%, дБ/м.

Для звуку коефіцієнт затухання β_a залежить від частоти звуку, температури, тиску і відносної вологості повітря. Дані для низьких та інфразвукових частот взято з роботи [43], а для частот від 31,5 до 8000 Гц дані взяті з ГОСТу 31295.1-2005 (ИСО 9613-1:1993).

Зведені дані коефіцієнта поглинання звуку в атмосфері β_a при нормальному атмосферному тиску і температурі повітря, рівній $+20 \text{ }^\circ\text{C}$, для подальшого акустичного розрахунку наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Коефіцієнт поглинання звуку у повітрі

f , Гц	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
β_a , дБ/км	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09	0,104	0,386	1,23	2,79	4,8	9,25	25,4	87,8

Наведені вище дані показують, що коефіцієнт поглинання звуку у повітрі для інфразвукових коливань на порядок нижче коефіцієнта поглинання звуку для високочастотних коливань, це дає змогу виявити, що з відстанню інфразвук дуже мало розсіюється в атмосфері.

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ				Арк.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					54

Так як метою даного розрахунку є визначення допустимої відстані на якій можна розташовувати ВЕУ, то задаємося нормативним значенням рівня шуму згідно ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [44]. Нормативні значення рівнів шуму наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Нормативні значення рівнів шуму

Робоче місце	Рівень звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц												
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Творча діяльність, наукова діяльність, програмування, викладання, навчання	95	90	85	80	86	71	61	54	49	45	42	40	38

Так як у нас одна ВЕУ, то за формулою:

$$L_{\text{норм.}} = 10 \cdot \lg 10^{0,1 \cdot L_{pA}^{\text{ВЕУ}}}, (2)$$

де $L_{pA}^{\text{ВЕУ}}$, дБ - допустимі рівні звукового тиску ВЕУ.

Тоді з формули (2) висловивши L_{pA} з отримуємо:

$$L_{pA} = \frac{L_{\text{норм.}}}{10 \cdot 0,1 \lg 10}. (3)$$

$$L_{pA} = L_{\text{норм.}}$$

З формули видно, що $L_{\text{норм.}}$ рівне L_{pA} , результати представлені в таблиці 3.3.

Людське вухо неоднаково реагує на звуки з різними частотами. Чутливість вуха збільшується при частотах від 16 до 1000 Гц. Найбільшою чутливістю людське вухо володіє в діапазоні частот від 1000 до 4000 Гц, де вона практично постійна. Після частоти 4000 Гц чутливість вуха зменшується. Міжнародна

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

електротехнічна комісія (МЕК) затвердила в якості стандартної частотної характеристики А що наближається до частотної характеристики чутливості людського вуха. Використовуючи частотну характеристику А [45], можна отримати поправочні значення (ΔL) для приведення у відповідність рівнів звукового тиску на рівні гучності звуку за шкалою А.

На рисунку 3.1 зображені стандартна частотна характеристика А, що наближається до частотної характеристики чутливості людського вуха; В, С - характеристики, що використовуються при вимірюванні гучних звуків, для яких чутливість людського вуха менше змінюється в залежності від частоти; D - характеристика, яка використовується при вимірюванні шумів літаків

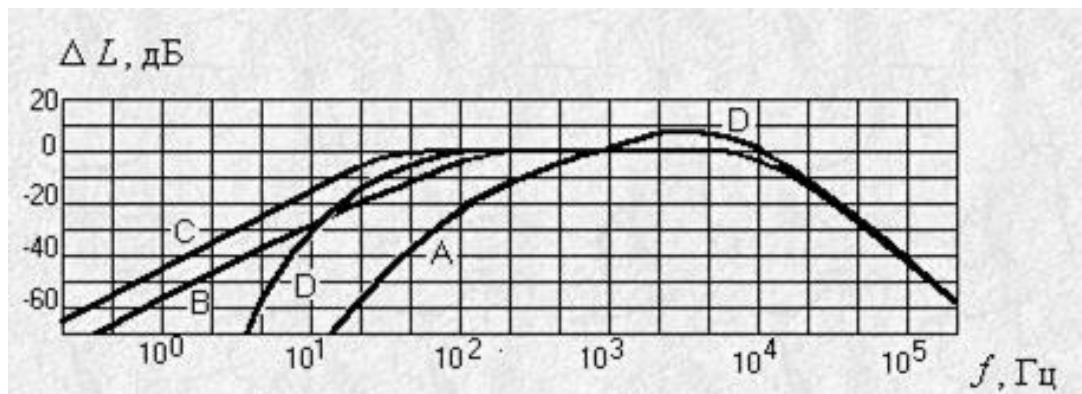


Рисунок 3.1 – Стандартні частотні характеристики А, В, С, D

ΔL - чисельні значення поправок для частотної характеристики А, наведені в таблиці 3.3, 3.4 та 3.5 для ВЕУ з з різними рівнями звукової потужності: 95 дБ, 70 дБ, 45 дБ відповідно.

Складаючи рівень звукової потужності (L_w) і поправочні коефіцієнти (ΔL) отримаємо скоригований рівень звукової потужності ($L_w^{кор}$) ВЕУ для кожної з октавних смуг. Результати наведені в таблиці 3.3, 3.4 та 3.5.

Далі, коли відомі всі члени виразу, підставивши їх у формулу (1) можна визначити відстань на якій рівень звукового тиску від ВЕУ не перевищує нормативні значення (тобто, r) . Дані розрахунку в таблиці 3.3.

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

Приклад розрахунку для $f = 8$ Гц з рівнем звукової потужності 95 дБ:

$$L_W^{\text{скор.}} = L_W + \Delta L_A = 95 + (-70,4) = 24,6 \text{ дБ};$$

$$L_{pA} = L_{\text{норм.}} = 85 \text{ дБ.}$$

$$85 = 24,6 + \lg 1 - 10 \cdot \lg(2 \cdot \pi) - 20 \cdot \lg r - \frac{0,3 \cdot r}{1000}$$

Результати розрахунку представлені в таблиці 3.3.

Після того, як для всіх частот знайдено r , підставивши в формулу (1) всі знайдені значення, розраховуємо акустичний вплив L , дБ, дані розрахунку наведені у в таблиці 3.3.

Приклад розрахунку для для $f = 1000$ Гц з рівнем звукової потужності 95 дБ.

$$L = L_W^{\text{скор.}} + \lg \Phi - 10 \cdot \lg \Omega - 20 \cdot \lg r - \frac{\beta_a \cdot r}{1000} = 95 + 1 - 10 \cdot \lg 2 \cdot \pi - 20 \cdot \lg 270 - \frac{0,8 \cdot 270}{1000} = 37,80 \text{ дБ};$$

Далі таким чином розраховуємо значення r для кожної частоти та для ВЕУ з рівнем звукової потужності 70 дБ та 45 дБ та акустичний вплив L , дБ, результати представлені у таблицях 3.4 та 3.5 відповідно.

Таблиця 3.3 - Результати акустичного розрахунку для ВЕУ з рівнем звукової потужності 95 дБ

f , Гц	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
β_a , дБ/к м	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09	0,104	0,386	1,23	2,79	4,8	9,25	25,4	87,8
L_W , дБ	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
ΔL_A , дБ	*	*	-70,4	-56,7	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк.
						57

$L_{W}^{скор}$, дБ	*	*	24,6	38,3	55,6	68,8	79,6	87,1	92,5	95	96,9	96,7	94,6
L_{pA} , дБ	95	90	85	80	86	71	61	54	49	45	42	40	38
r , м	**	**	0,000 4	0,003	0,012	0,309	3,4	18,0	59,6	136,1	220,1	270,3	267,2
L , дБ	**	***	***	***	***	12,17	22,89	30,16	35,14	37,80	37,80	33,24	14,29

Примітка: дані відмічені * - означає, що існуючим розрахунковим методом рівень шуму при даній частоті не визначається; ** - означає, що обраним розрахунковим методом відстань на якій можна розташовувати ВЕУ і рівень акустичного впливу при даній частоті досить незначні.

На рисунку 3.3 на прикладі джерела з рівнем шуму 95 дБА розглянуто зміну рівня звукового тиску в залежності від частоти.

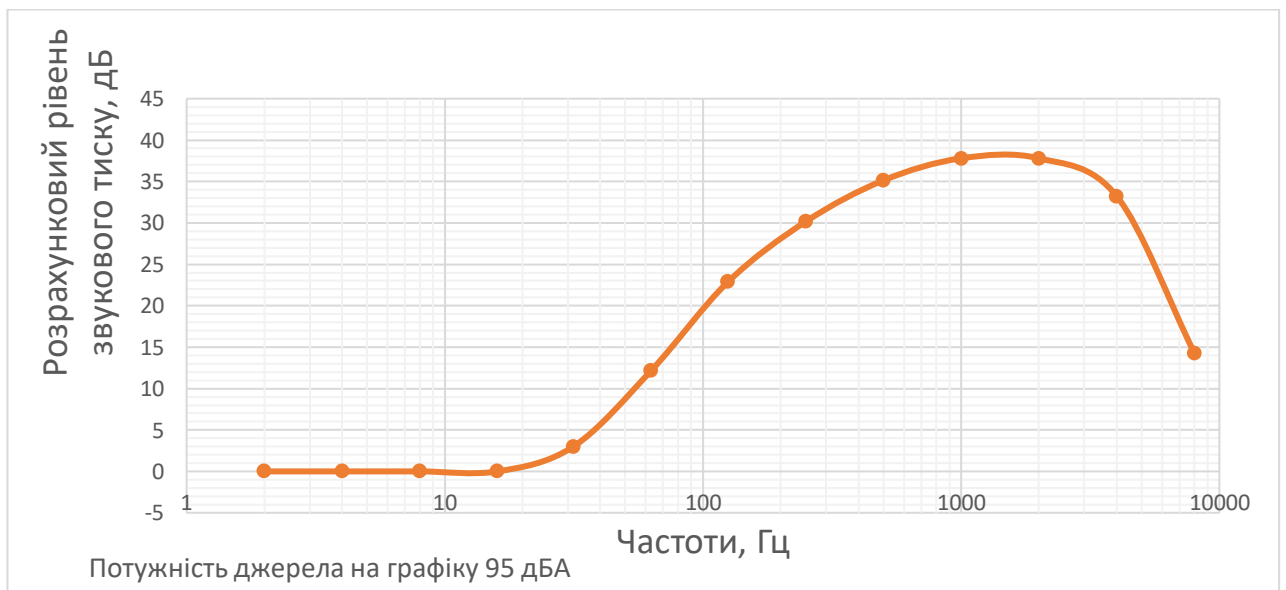


Рисунок 3.3 - Результати акустичного розрахунку для ВЕУ з рівнем звукової потужності 95 дБ

Інв. № ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

На рисунку 3.4 на прикладі джерела з рівнем шуму 95 дБА представлена залежність яка показує мінімальну необхідну відстань розташування ВЕУ для досліджуваного діапазону частот.

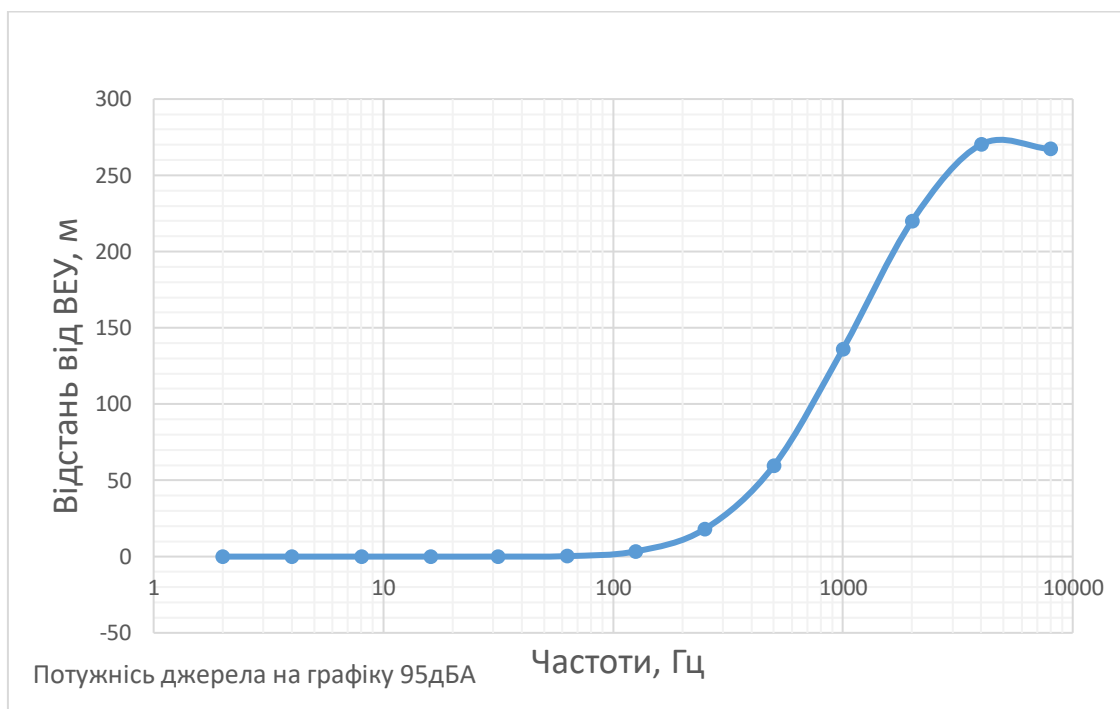


Рисунок 3.4 – Зв'язок відстані від ВЕУ та частоти акустичних коливань для ВЕУ з рівнем звукової потужності 95 дБ

Таблиця 3.4 - Результати акустичного розрахунку для ВЕУ з рівнем звукової потужності 70 дБ

f , Гц	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
β_a , дБ/к м	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09	0,104	0,386	1,23	2,79	4,8	9,25	25,4	87,8
L_w , дБ	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
ΔL_A , дБ	*	*	-70,4	-56,7	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1

Інв. № ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № дубл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк.

59

Продовження таблиці 3.4

$L_{W}^{скор}$, дБ	*	*	*	13,3	30,6	43,8	53,9	61,4	66,8	70	71,2	71	68,9
$L_{РА}$, дБ	95	90	85	80	86	71	61	54	49	45	42	40	38
r , м	**	**	**	0.000 2	0.000 7	0.017	0.176	0.935	3.096	7.092	11.50	14.15	13.99
L , дБ	***	***	***	***	***	***	***	4,69	9,86	12,64	13,30	11,90	5,44

Примітка: дані відмічені * - означає, що існуючим розрахунковим методом рівень шуму при даній частоті не визначається; ** - означає, що обраним розрахунковим методом відстань на якій можна розташовувати ВЕУ і рівень акустичного впливу при даній частоті досить незначні.

Таблиця 3.5 - Результати акустичного розрахунку для ВЕУ з рівнем звукової потужності 45 дБ

f , Гц	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
β_a , дБ/к м	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09	0,104	0,386	1,23	2,79	4,8	9,25	25,4	87,8
L_w , дБ	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.

Продовження таблиці 3.5

ΔL_A , дБ	*	*	-70,4	-56,7	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1
$L_W^{скор}$, дБ	*	*	*	*	5,6	18,8	28,9	36,4	41,8	45	46,2	46	43,9
$L_{рА}$, дБ	95	90	85	80	86	71	61	54	49	45	42	40	38
r , м	**	**	**	**	0.000 04	0.000 9	0.009	0.053	0.174	0.399	0.647	0.796	0.787
L , дБ	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

Примітка: дані відмічені * - означає, що існуючим розрахунковим методом рівень шуму при даній частоті не визначається; ** - означає, що обраним розрахунковим методом відстань на якій можна розташувати ВЕУ і рівень акустичного впливу при даній частоті досить незначні.

Проаналізувавши результати акустичного розрахунку, можна сказати, що рівень шуму не перевищує нормативних значень рівнів шуму. Визначивши відстані, на яких слід розташувати ВЕУ для кожної з октавних смуг, в якості кінцевої відстані вибираємо максимальне, тобто 270,27 м і округляємо його до 270 м для вітроустановок із рівнем звукової потужності 95 дБ, для ВЕУ із рівнем звукової потужності 70 дБ – 14.15 м і округляємо його до 15 м. Для ВЕУ із рівнем звукової потужності 45 дБ в результаті теоретичного розрахунку з'ясовано, що звуковий тиск на відстані всього 1 метр від вітроустановки не перевищує нормативні значення.

Інв. №ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.										
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ								Арк.
													61

3.2 Рекомендації щодо зниження впливу шумового забруднення від ВЕУ

Забезпечення акустичної безпеки людей, здійснюється за трьома напрямками: у джерелі виникнення шуму, на шляху його розповсюдження та безпосередньо в об'єкті захисту від шуму.

Описані в літературі [46-49] головні засоби шумозахисту поділяються на організаційно-адміністративні, архітектурно-планувальні та архітектурно-конструктивні. З переліку містобудівельних засобів шумозахисту можна виокремити заходи, які можна використовувати для захисту від шуму вітроелектричних станцій: віддалення ВЕУ, ВЕС від об'єкта, що потребує захисту від шуму; зонування території населеного пункту за допустимим рівнем шуму, улаштування санітарно-захисних зон; використання природних і штучних шумозахисних екранів, шумозахисне озеленення; використання шумозахисних засобів у будівлях.

Для зниження рівня інфразвукових складових шумів ВЕУ рекомендується:

- зменшити рівень звукового тиску в джерелі шуму (при експлуатації це досягається заміною шумного застарілого обладнання, а при проектуванні – вибором обладнання з кращими шумовими характеристиками, правильним розрахунком режиму його роботи);
- правильно орієнтувати джерело шуму, а при необхідності, змінювати спрямованість: ВЕУ слід встановлювати так, щоб випромінювання шуму було направлено в сторону, протилежну житловим забудов і громадським будівель;
- розміщувати ВЕУ на необхідно віддаленому відстані від житлової забудови;
- знижувати швидкість ротора в нічний час, коли більшість людей знаходиться в житлових приміщеннях [23];

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк.

62

Ефективним засобом боротьби із зовнішнім шумом є розташування вітроелектричних станцій на безпечній відстані від міста (влаштування санітарно-захисної зони (СЗЗ). У містобудуванні використовують СЗЗ п'яти класів : 1 000, 500, 300, 100 та 50 м. Для енергетичних підприємств становить приблизно 300 м і належить до IV класу.

Застосування санітарно-захисної зони як єдиного засобу шумозахисту спричиняє до зростання капіталовкладень, відчуження землі [50-51]. Окрім того, на сьогодні відсутні дані про економічну ефективність СЗЗ як засобу шумозахисту.

Для захисту від шуму вітроелектричних станцій можливо застосування шумозахисні екрани (рисунок 3.5), шумозахисні та шумозахищені споруди. Вирішення цього завдання дасть змогу на етапі проектування зменшити ширину СЗЗ для ВЕС.

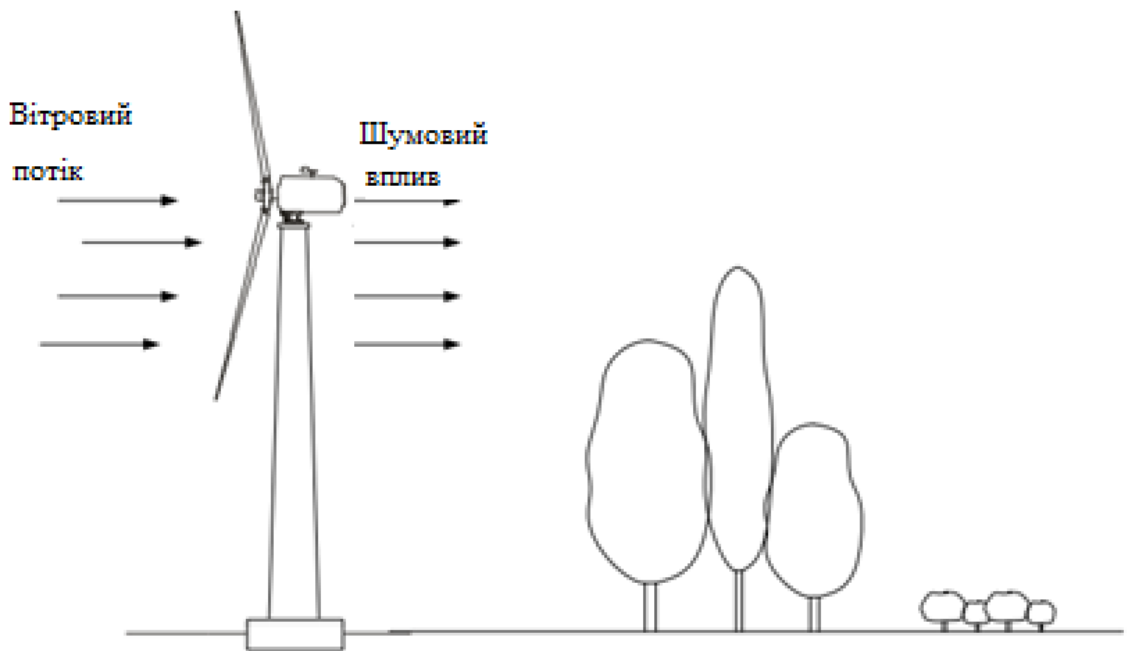


Рисунок 3.5 – Розташування ВЕС відносно існуючих природних екранів

Але, використання природних екранів, екрануючих споруд, шумозахисних будівель може забезпечити деякий ступінь захисту людей у селітебних зонах, але не персонал ВЕС.

Захист від впливу шуму персоналу ВЕС можна забезпечити шляхом використання індивідуальних засобів захисту. Вони повинні перешкоджати

Інв. №ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

проникненню шуму в слуховий аналізатор людини настільки, щоб забезпечити збереження здоров'я працюючих, передбачити появу і розвиток патологічних змін навіть після багаторічної праці.

Висновки розділу 3

За результатами розрахункового експерименту можна зробити наступні висновки:

1) Для низькочастотних акустичних коливань в діапазоні частот 2- 16 Гц, що розраховувались за допомогою стандартної методики розрахунку акустичний вплив не виявлено.

2) Для розрахунку рівня звуку в діапазоні інфразвукових частот потрібно розробити нову математичну модель і методику, яка повинна ґрунтуватися на результатах експериментальних даних в роботах науковців Г.І. Сокол, Н. А. Афанасьевої, Л. Д. Пляцука та інші.

3) Результати розрахунку, виявили характер зміни рівня звукового тиску в залежності від відстані розташування ВЕУ від житлових та господарських районів.

4) Визначивши відстані, на яких слід розташовувати ВЕУ для кожної з октавних смуг виявлено, що для вітроустановок із рівнем звукової потужності 95 дБ і більше, відстань повинна бути не ближче 270 м від житлових забудов та господарських об'єктів (що близько співпадає з Європейськими нормативами). Для ВЕУ із рівнем звукової потужності 70 дБ ця відстань складає – 15 м. Для ВЕУ із рівнем звукової потужності 45 дБ в результаті теоретичного розрахунку з'ясовано, що звуковий тиск на відстані всього 1 метр від вітроустановки не перевищує нормативні значення, але рекомендуємо ставити не ближче чим за 30 метрів, в зв'язку з негативним впливом низькочастотних коливань.

5) При улаштуванні ВЕУ потрібно обов'язково враховувати негативний вплив низькочастотних коливань будь-якого рівня на навколишнє середовище.

6) В роботі наведені рекомендації, щодо зниження шумового забруднення від ВЕУ.

Інв.№орис.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№одубл.

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		64

Виходить що, за умови збереження сьогоднішніх тарифів, за 20 років користування вітрогенератором буде навіть на 201 496 гривень більш витратним, ніж якщо просто платити за електрику державі [54].

Можна припустити, що з часом тариф буде збільшуватися в ціні і паралельно зростатиме вигода від використання вітрогенераторів, але, напевно, вона вийде за грань їх самоокупності. Вітрова електроенергія може бути вигідною тільки в тому випадку, якщо сильно зросте тариф на її споживання або вітрогенератори різко подешевшають, зараз же застосовувати вітрогенератор для забезпечення електромережі приватного будинку - не вигідно!

Отже, покупка та експлуатація протягом 20 років служби 5 кВт-ного вітрогенератора коштує 643 тисячі гривень.

Але ще можна розглянути ситуацію, якщо купувати вітрогенератор не для себе, а для того, щоб продавати електрику державі по зеленому тарифу (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 - Вартість зеленого тарифу в Україні [56]

Період	Тариф без ПДВ
з 01 липня 2015 по 31 грудня 2019 року	327,02 коп / кВт × год
з 01 січня 2020 по 31 грудня 2024 року	293,71 коп / кВт × год
з 01 січня 2025 по 31 грудня 2029 року	261,92 коп / кВт × год

Підрахувавши скільки прибутку може принести невеликий побутовий електрогенератор за 20 років служби, якщо врахувати, що в експлуатацію

Інв. №ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.

вітрогенератор введено в період до 31 грудня 2019 року і він виробляє 2 кВт в день, маємо:

$$3,2702 \text{ грн} \cdot 2 \text{ (кВт)} \cdot 24 \text{ (години)} \cdot 365 \text{ (дів)} \cdot 20 \text{ (років)} = 1\,145\,878 \text{ грн}$$

Якщо від цієї суми відняти вартість вітрогенератора, додаткового обладнання та його обслуговування, отримано:

$$1\,145\,878 \text{ грн} - 643\,000 \text{ грн} = 502\,878 \text{ грн}$$

А якщо ще відняти вартість електроенергії, яку при цьому 20 років потрібно купувати у держави:

$$502\,878 \text{ грн} - 441\,504 \text{ грн} = 61\,374 \text{ грн}$$

(В такому разі в плюсі можливо бути тільки через 20 років)

Україна - безвітряний регіон, якщо порівнювати з країнами Західної Європи та Середземномор'я. Поглянувши на карту вітрових навантажень (рисунок 4.1), стане ясно, що більш-менш стабільні вітри тільки на Заході України (Прикарпатський регіон) і березі Азовського моря. Розміщення вітроелектростанції в Києві навряд чи матиме прибуток.

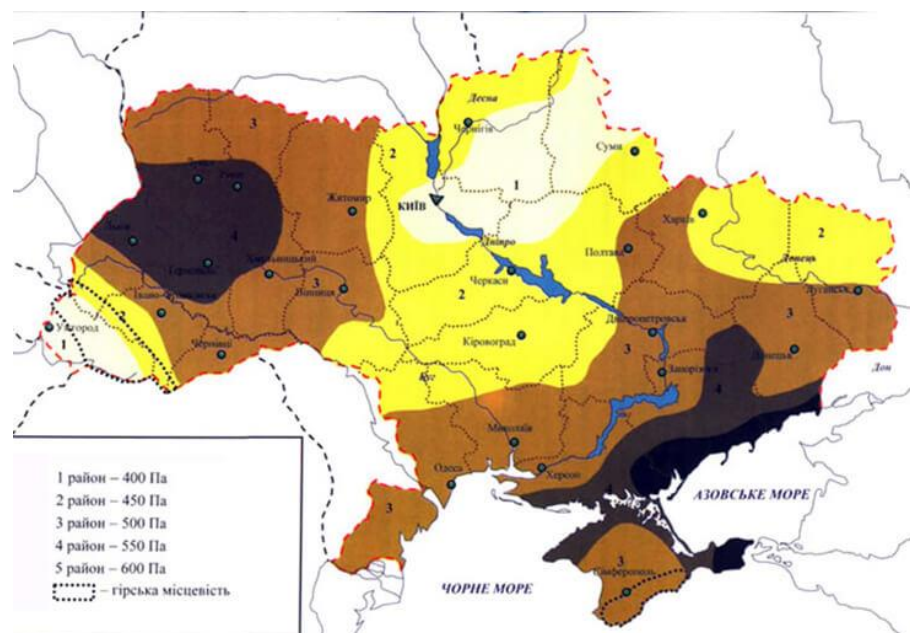


Рисунок 4.1 - Карта вітрових навантажень на території України

Інв. №ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
				Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	67

Варто ще врахувати той факт, що згідно з чинним законодавством, для того, щоб продавати електрику необхідно оформити ФОП і отримати державну ліцензію [57].

Таким чином, можна зробити висновок, що заробити на вітрогенераторі, продаючи електроенергію за зеленим тарифом державі, досить складно. А для того, щоб «вийти в нуль» взагалі може знадобитися до 20 років - не найприбутковіший вид заробітку. До того ж, враховуючи факт негативного впливу вітрогенераторів на оточуюче середовище і людину, в тому числі акустичного забруднення від цих установок.

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк.
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		68

РОЗДІЛ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Охорона здоров'я працюючих, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму складає одну з головних проблем людського суспільства. Звертається увага на необхідність широкого застосування прогресивних форм наукової організації праці, зведення до мінімуму ручної, малокваліфікованої праці, створення обстановки, яка виключає професійні захворювання та виробничий травматизм [58]. На робочому місці повинні бути передбачені заходи захисту від можливих впливів небезпечних і шкідливих факторів виробництва. Рівні цих факторів не повинні перевищувати граничних значень, обумовлених правовими, технічними і санітарно-технічними нормами. Ці нормативні документи зобов'язують до створення на робочому місці умов праці, при яких вплив небезпечних та шкідливих чинників на працюючих або усунуто зовсім, або знаходиться в допустимих межах.

Даний розділ дипломного проекту присвячений розгляду оптимальних умов праці інженера - програміста, а саме:

- визначення оптимальних умов праці;
- розрахунок освітленості;
- розрахунок рівня шуму.

5.1 Характеристика умов праці програміста

При роботі з комп'ютером людина піддається дії ряду небезпечних і шкідливих виробничих факторів: електромагнітних полів (діапазон радіочастот: ВЧ, УВЧ і НВЧ), інфрачервоного і іонізуючого випромінювань, шуму і вібрації, статичної електрики і ін. [59].

Робота з комп'ютером характеризується значною розумовою напругою і нервово-емоційним навантаженням операторів, високою напруженістю зорової роботи і досить великим навантаженням на м'язи рук при роботі з клавіатурою

Інв. №ориг.						ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк.
Підп. і дата							69
Взаєм. інв. №							
Інв. №дубл.							
	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

електрообчислювальних машин (ЕОМ). Велике значення має раціональна конструкція та розташування елементів робочого місця, що важливо для підтримки оптимальної робочої пози людини-оператора.

У процесі роботи з комп'ютером необхідно дотримувати правильний режим праці та відпочинку. В іншому випадку у персоналу спостерігаються значне напруження зорового апарату з появою скарг на незадоволеність роботою, головний біль, дратівливість, порушення сну, втому і хворобливі відчуття в очах, в попереку, в області шиї та руках .

Забарвлення приміщень і меблів повинна сприяти створенню сприятливих умов для зорового сприйняття, гарного настрою.

Джерела світла, такі як світильники і вікна, які дають віддзеркалення від поверхні екрану, значно погіршують точність знаків і тягнуть за собою перешкоди фізіологічного характеру, які можуть виразитися в значній напрузі, особливо при тривалій роботі. Відображення, включаючи відображення від вторинних джерел світла, повинне бути зведено до мінімуму. Для захисту від надмірної яскравості вікон можуть бути застосовані штори і екрани [60].

У приміщеннях, де знаходиться комп'ютер, необхідно забезпечити наступні величини коефіцієнта віддзеркалення: для стелі: 60 ... 70%, для стін: 40 ... 50%, для підлоги: близько 30%. Для інших поверхонь і робочих меблів: 30 ... 40%.

Правильно спроектоване і виконане виробниче освітлення покращує умови зорової роботи і знижує травматизм.

Недостатність освітлення призводить до напруги зору, послаблює увагу, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає осліплення, роздратування і різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працівника. Всі ці причини можуть призвести до нещасного випадку або профзахворювань, тому такий важливий правильний розрахунок освітленості.

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Згідно СНиП II-4-79 в приміщень обчислювальних центрів необхідно застосувати систему комбінованого освітлення.

При виконанні робіт категорії високої зорової точності (найменший розмір об'єкта розрізнення 0,3 ... 0,5 мм) величина коефіцієнта природного освітлення (КПО) повинна бути не нижче 1,5%, а при зоровій роботі середньої точності (найменший розмір об'єкта розрізнення 0,5 ... 1,0 мм) КПО повинен бути не нижче 1,0%. Як джерела штучного освітлення звичайно використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ (лампи люмінесцентні низького тиску з випромінюванням білого кольору), або ДРЛ (дугові ртутні лампи високого тиску), які попарно об'єднуються в світильники, які повинні розташовуватися рівномірно над робочими поверхнями [60].

Вимоги до освітленості в приміщеннях, де встановлені комп'ютери, наступні: при виконанні зорових робіт високої точності загальна освітленість повинна складати 300лк, а комбінована - 750лк; аналогічні вимоги при виконання робіт середньої точності - 200 і 300лк відповідно.

Параметри мікроклімату

Обчислювальна техніка є джерелом істотних тепловиділень, що може привести до підвищення температури і зниження відносної вологості в приміщенні. У приміщеннях, де встановлені комп'ютери, повинні дотримуватися певні параметри мікроклімату. У санітарних нормах СН-245-71 встановлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови. Ці норми встановлюються в залежності від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення (див. таблиця 5.1) [59]. Обсяг приміщень, в яких розміщені працівники обчислювальних центрів, не повинен бути менше 19,5 м³/людину з урахуванням максимального числа одночасно працюючих в зміну. Норми подачі свіжого повітря в приміщення, де розташовані комп'ютери, приведені в таблиці 5.2.

Інв. № ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № доубл.	

Таблиця 5.1 - Параметри мікроклімату для приміщень, де встановлені комп'ютери

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні	22...24°C
	Відносна вологість	40...60%
	Швидкість руху повітря	до 0,1м/с
Теплий	Температура повітря в приміщенні	23...25°C
	Відносна вологість	40...60%
	Швидкість руху повітря	0,1...0,2м/с

Таблиця 5.2 - Норми подачі свіжого повітря в приміщення, де розташовані комп'ютери

Характеристика приміщення	Об'ємна витрата подаваного в приміщення свіжого повітря, м ³ / на одну людину в годину
Об'єм до 20м ³ на людину	Не менш 30
20...40м ³ на людину	Не менш 20
Більш 40м ³ на людину	Природна вентиляція

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року і доби, чергування праці і відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

Шум погіршує умови праці здійснюючи шкідливу дію на організм людини. Люди, що працюють в умовах тривалої шумової дії випробовують дратливість, головні болі, запаморочення, зниження пам'яті, підвищену втомленість, зниження апетиту, біль у вухах і т. Такі порушення в роботі ряду органів і систем організму людини можуть викликати негативні зміни в емоційному стані людини аж до стресових. Все це знижує працездатність людини і його продуктивність,

Інв. №орис.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №одубл.						ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк.		
										72		
				Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				

якість і безпеку праці. Тривала дія інтенсивного шуму [вище 80 дБ (А)] на слух людини приводить до його часткової або повної втрати [62].

У таблиці 5.3 вказані граничні рівні звуку залежно від категорії тяжкості і напруженості праці, що є безпечними відносно збереження здоров'я і працездатності.

Таблиця 5.3 - Граничні рівні звуку, дБ, на робочих місцях

Категорія напруженості праці	Категорія важкості праці			
	I. Легка	II. Середня	III. Важка	IV. Дуже важка
I. Мало напружений	80	80	75	75
II. Помірно напружений	70	70	65	65
III. Напружений	60	60	-	-
IV. Дуже напружений	50	50	-	-

Рівень шуму на робочому місці програмістів не повинен перевищувати 50дБА, а в залах де встановлені принтери та ксерокси - 65дБА. Для зниження рівня шуму стіни і стеля приміщень, де встановлені комп'ютери, можуть бути облицьовані звукопоглинальними матеріалами. Рівень вібрації в приміщеннях обчислювальних центрів може бути понижений шляхом встановлення устаткування на спеціальні віброізолятори.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітора комп'ютера представлені в таблиці 5.4.

Максимальний рівень рентгенівського випромінювання на робочому місці оператора комп'ютера звичайно не перевищує 10мкбер / ч, а інтенсивність ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювань від екрану монітора лежить в межах 10 ... 100МВт / м².

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Таблиця 5.4 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань (відповідно до СанПіН 2.2.2.542-96)

Найменування параметру	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати: для дорослих користувачів для дітей дошкільних установ і учнів середніх спеціальних та вищих навчальних закладів	20кВ/м 15кВ/м

Для зниження впливу цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання (MPR-II, TCO-92, TCO-99), встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентовані режими праці та відпочинку.

Ергономічні вимоги до робочого місця

Робоче місце і взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця програміста повинні бути дотримані наступні основні умови: оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця і достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення.

Ергономічними аспектами проектування відеотермінальних робочих місць, зокрема, є: висота робочої поверхні, розміри простору для ніг, вимоги до розташування документів на робочому місці (наявність і розміри підставки для документів, можливість різного розміщення документів, відстань від очей користувача до екрану, документа, клавіатури і т.д.), характеристики робочого крісла, вимоги до поверхні робочого столу, можливість регулювання елементів робочого місця [63].

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		74

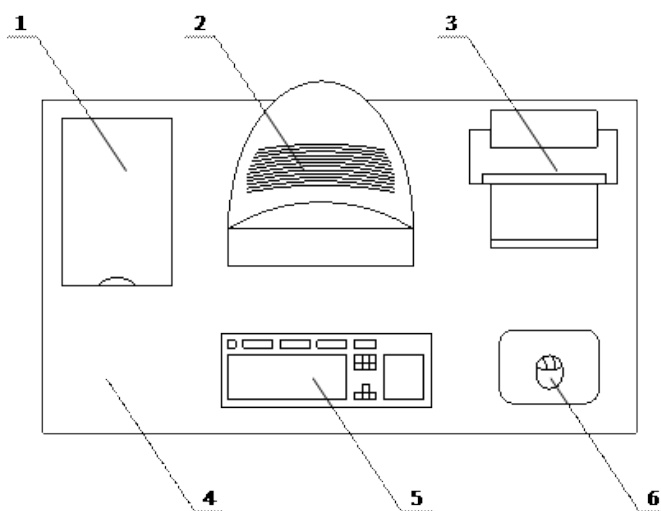


Рисунок 5.1 – Розміщення основних периферійних складових ПК

На рисунку 5.1 показаний приклад розміщення основних і периферійних складових ПК на робочому столі програміста [63]. 1 - сканер, 2 - монітор, 3 - принтер, 4 - поверхня робочого столу, 5 - клавіатура, 6 - маніпулятор типу «миша».

Режим праці

Як вже було неодноразово відзначено, при роботі з персональним комп'ютером дуже важливу роль грає дотримання правильного режиму праці і відпочинку. В іншому випадку у персоналу наголошуються значна напруга зорового апарату з появою скарг на незадоволеність роботою, головні болі, дратівливість, порушення сну, втому і хворобливі відчуття в очах, в попереку, в області шиї і руках [59].

У таблиці 5.5 представлені відомості про регламентовані перерви, які необхідно робити при роботі на комп'ютері, в залежності від тривалості робочої зміни, видів і категорій трудової діяльності з ВДТ (відеодисплейний термінал) і ПЕОМ (відповідно до СанПіН 2.2.2 542-96 «Гігієнічні вимоги до відеодисплейних терміналів, персональних електронно-обчислювальних машин і організації робіт »).

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Таблиця 5.5 - Час регламентованих перерв при роботі на комп'ютері

Категорія роботи з ВДТ або ПЕОМ	Рівень навантаження за робочу зміну при видах роботи з ВДТ			Сумарний час регламентованих перерв, хв	
	Група А, кількість знаків	Група Б, кількість знаків	Група В, годин	При 8-годинній зміні	При 12-годинній зміні
I	до 20000	до 15000	до 2,0	30	70
II	до 40000	до 30000	до 4,0	50	90
III	до 60000	до 40000	до 6,0	70	120

Примітка. Час перерв дано при дотриманні зазначених Санітарних правил і норм. У разі невідповідності фактичних умов праці вимогам Санітарних правил і норм час регламентованих перерв слід збільшити на 30%.

5.2 Розрахунок освітленості

Розрахунок освітленості робочого місця програміста зводиться до вибору системи освітлення, визначенню необхідного числа світильників, їхнього типу і розміщення. Виходячи з цього, розрахуємо параметри штучного освітлення.

Будемо використовувати люмінесцентні лампи, які в порівнянні з лампами розжарювання мають ряд істотних переваг [61].

Розрахунок освітлення проводиться для кімнати площею 15м², ширина якої 5м, висота - 3 м. Скористаємося методом світлового потоку [60].

Для визначення кількості світильників визначимо світловий потік, падаючий на поверхню за формулою:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}, \text{ де}$$

F - розраховується світловий потік, Лм;

E - нормована мінімальна освітленість, Лк (визначається за таблицею).

Роботу програміста, відповідно до цієї таблиці, можна віднести до розряду точних робіт, отже, мінімальна освітленість буде $E = 300\text{Лк}$;

S - площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку $S = 15\text{м}^2$);

Інв. №орис.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк.

76

Z - відношення середньої освітленості до мінімальної (зазвичай приймається рівним 1,1 ... 1,2, нехай $Z = 1,1$);

K - коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення і характеру проведених в ньому робіт і в нашому випадку $K = 1,5$);

n - коефіцієнт використання, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, фарбування стін і стелі, які характеризуються коефіцієнтами відображення від стін (R_C) і стелі (R_{Π})), значення коефіцієнтів R_C і R_{Π} були вказані вище: $R_C = 40\%$, $R_{\Pi} = 60\%$. Значення n визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників. Для цього обчислимо індекс приміщення по формулі:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A+B)}, \text{ де}$$

S - площа приміщення, $S = 15 \text{ м}^2$;

h - розрахункова висота підвісу, $h = 2.92 \text{ м}$;

A - ширина приміщення, $A = 3 \text{ м}$;

B - довжина приміщення, $B = 5 \text{ м}$.

Підставивши значення отримаємо:

$$I = \frac{15}{2.92 \cdot (3+5)} = 0.64$$

Знаючи індекс приміщення I , по таблиці з джерела [60] знаходимо $n = 0,22$

Підставимо всі значення в формулу для визначення світлового потоку F :

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 15 \cdot 1,1}{0,22} = 33750 \text{ Лм}$$

Для освітлення вибираємо люмінесцентні лампи типу ЛБ40-1, світловий потік яких $F = 4320 \text{ Лк}$.

Розрахуємо необхідну кількість ламп по формулі:

Інв. № ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № дубл.	

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ			Арк.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				77

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}}$$

N - визначене число ламп;

F - світловий потік, $F = 33750$ Лм;

$F_{\text{л}}$ - світловий потік лампи, $F_{\text{л}} = 4320$ Лм.

$$N = \frac{33750}{4320} = 8 \text{ шт.}$$

При виборі освітлювальних приладів використовуємо світильники прямого світла типу ОД (із суцільним віддзеркалювачем). Кожен світильник комплектується двома лампами.

5.3 Розрахунок рівня шуму

Одним з несприятливих факторів виробничого середовища в ІОЦ є високий рівень шуму, створюваний друкованими пристроями, устаткуванням для кондиціонування повітря, вентиляторами систем охолодження в самих ЕОМ.

Для вирішення питань про необхідність і доцільність зниження шуму необхідно знати рівні шуму на робочому місці оператора.

Рівень шуму, що виникає від декількох некогерентних джерел, що працюють одночасно, підраховується на підставі принципу енергетичного підсумовування випромінювань окремих джерел [62]:

$$L_{\Sigma} = 101 \lg \sum_{i=1}^{L=n} 10^{0.1L_i}$$

де L_i – рівень звукового тиску i -го джерела шуму;

n – кількість джерел шуму.

Отримані результати розрахунку порівнюється з допустимим значенням рівня шуму для даного робочого місця. Якщо результати розрахунку вище допустимого значення рівня шуму, то необхідні спеціальні заходи щодо зниження шуму. До них відносяться: облицювання стін і стелі залу звукопоглинальними матеріалами, зниження шуму в джерелі, правильне планування устаткування і раціональна організація робочого місця оператора.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
				Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	78

Рівні звукового тиску джерел шуму, що діють на оператора на його робочому місці представлені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 - Рівні звукового тиску різних джерел

Джерело шуму	Рівень шуму, дБ
Жорсткий диск	40
Вентилятор	45
Монітор	17
Клавіатура	10
Принтер	45
Сканер	42

Зазвичай робоче місце оператора оснащено наступним устаткуванням: вінчестер в системному блоці, вентилятор (и) систем охолодження ПК, монітор, клавіатура, принтер і сканер.

Підставивши значення рівня звукового тиску для кожного виду обладнання в формулу, отримаємо:

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \lg(10^4 + 10^{4.5} + 10^{1.7} + 10^1 + 10^{4.5} + 10^{4.2}) = 49,5 \text{ дБ}$$

Отримане значення не перевищує допустимий рівень шуму для робочого місця оператора, рівний 65 дБ (ГОСТ 12.1.003-83).

В даному розділі дипломної роботи були викладені вимоги до робочого місця інженера - програміста. Дотримання умов, що визначають оптимальну організацію робочого місця інженера - програміста, дозволить зберегти гарну працездатність протягом усього робочого дня, підвищить як в кількісному, так і в якісному відносінах продуктивність праці.

5.4 Дії населення в умовах надзвичайних ситуацій військового характеру

При першій можливості покиньте небезпечну зону. Необхідно взяти із собою всі документи, коштовні речі і цінні папери.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
				Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	79

Підготовку до можливого перебування у зоні надзвичайної ситуації доцільно починати завчасно. Необхідно підготувати "екстрену валізку" з речами, які можуть знадобитись при знаходженні у зоні НС або при евакуації у безпечні райони.

Підготовка оселі:

- нанести захисні смуги зі скочу (паперу, тканини) на віконне скло для підвищення його стійкості до вибухової хвилі та зменшення кількості уламків і уникнення травмування у разі його пошкодження;
- по можливості обладнайте укриття у підвалі, захистіть його мішками з піском, передбачте наявність аварійного виходу;
- при наявності земельної ділянки обладнайте укриття на такій відстані від будинку, яка більше його висоти;
- зробити вдома запаси питної та технічної води;
- зробити запас продуктів тривалого зберігання;
- додатково укомплектувати домашню аптечку засобами надання першої медичної допомоги;
- підготувати (закупити) засоби первинного пожежогасіння;
- підготувати ліхтарики (комплекти запасних елементів живлення), газові лампи та свічки на випадок відключення енергопостачання;
- підготувати (закупити) прилади (примус) для приготування їжі у разі відсутності газу і електропостачання;
- підготувати необхідні речі та документи на випадок термінової евакуації або переходу до захисних споруд цивільної оборони або інших сховищ (підвалів, погребів тощо);
- особистий транспорт завжди мати у справному стані і запасом палива для виїзду у небезпечний район;
- при наближенні зимового періоду необхідно продумати питання щодо обігріву оселі у випадку відключення централізованого опалення.

Правила поведінки в умовах надзвичайних ситуації воєнного характеру

Інв. №ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. №дубл.	

						ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			80

- орієнтуються на місцевості, розмовляють з акцентом, не характерна зовнішність, протиправні і провокативні дії, проведення незрозумілих робіт тощо) негайно інформувати органи правопорядку, місцевої влади, військових;

- у разі потрапляння у район обстрілу сховатись у найближчу захисну споруду цивільної оборони, сховище (укриття). У разі відсутності пристосованих сховищ, для укриття використовувати нерівності рельєфу, (канави, окопи, заглиблення від вибухів тощо). У разі раптового обстрілу та відсутності поблизу споруд цивільного захисту, сховища і укриття – лягти на землю головою в сторону, протилежну вибухам. Голову прикрити руками (за наявності, для прикриття голови використовувати валізу або інші речі). Не виходьте з укриття до кінця обстрілу;

- надавати першу допомогу іншим людям у разі їх поранення. Визвати швидку допомогу, представників ДСНС України, органів правопорядку за необхідності військових;

- у разі, якщо ви стали свідком поранення або смерті людей, протиправних до них дій (арешт, викрадення, побиття тощо) постаратися з'ясувати та зберегти як найбільше інформації про них та обставини події для надання допомоги, пошуку, встановлення особи тощо. Необхідно пам'ятати, що Ви самі або близькі Вам люди, також можуть опинитись у скрутному становищі і будуть потребувати допомоги.

Не рекомендується:

- підходити до вікон, якщо почуєте постріли;
- спостерігати за ходом бойових дій;
- стояти чи перебігати під обстрілом;
- конфліктувати з озброєними людьми;
- носити армійську форму або камуфльований одяг;
- демонструвати зброю або предмети, схожі на неї;
- підбирати покинуті зброю та боєприпаси.

Інв. №ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.

При виявленні вибухонебезпечних предметів забороняється:

1. перекладати, перекочувати з одного місця на інше;
2. збирати і зберігати, нагрівати і ударяти;
3. намагатися розряджати і розбирати;
4. виготовляти різні предмети;
5. використовувати заряди для розведення вогню і освітлення;
6. приносити в приміщення, закопувати в землю, кидати в колодязь чи річку.

Виявивши вибухонебезпечні предмети, вживайте заходів з означення, огороження і охорони їх на місці виявлення. негайно повідомте про це територіальні органи ДСНС та МВС за телефоном "101" та "102".

Екстрена валіза, як правило, являє собою міцний і зручний рюкзак від 25 літрів і більше, що містить необхідний індивідуальний мінімум одягу, предметів гігієни, медикаментів, інструментів, засобів індивідуального захисту та продуктів харчування. Всі речі повинні бути новими (періодично поновлюваними) і не використовуватись у повсякденному житті. Екстрена валіза призначена для максимально швидкої евакуації із зони надзвичайної події, будь то землетрус, повінь, пожежа, загострена криміногенна обстановка, епіцентр військових дій і т.д. Вантаж у рюкзаку треба укладати рівномірно.

Інв. № ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № дубл.	

					ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		83

ВИСНОВКИ

Вітроенергетика має недоліки, зокрема, вплив на оточуюче середовище, окремо у вигляді акустичного «забруднення». Вирішення проблеми забезпечення акустичного комфорту, розроблення заходів і засобів захисту людини, які проживають на прилеглих територіях, на сьогодні є одним з головних завдань.

Аналіз літературних даних показує, що на вирішення цієї проблеми звертається увага, але тенденція до зростання рівня звукового тиску, виробленого ВЕУ, у міру збільшення її конструкції і потужності, неминуча, тому додаткові дослідження просто необхідні. В роботі був проаналізований загальний вплив від ВЕУ та вплив акустичних коливань, в тому числі низькочастотних, на оточуюче середовище та людину.

Наведена інформація про нормування шуму та інфразвуку, нормативні документи. Основними об'єктами шумового впливу від ВЕУ, для яких санітарними нормами встановлені нормативні рівні звуку, є прилеглі житлові забудови та господарські об'єкти. В залежності від призначення території в межах населеного пункту виділяють різні ділянки, для яких встановлені свої гранично припустимі рівні звуку. Також наведені дані про дію інфразвуку на людину.

Розглянуті методи розрахунку шуму для ВЕУ, що базуються на різних математичних моделях. В роботі використовувалась методика акустичного розрахунку Шуркалова П. С.

За результатами розрахункового експерименту можна зробити наступні висновки:

- 1) Для низькочастотних акустичних коливань в діапазоні частот 2- 16 Гц, що розраховувались за допомогою стандартної методики розрахунку акустичний вплив не виявлено.

Інв.№орис.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	84

2) Для розрахунку рівня звуку в діапазоні інфразвукових частот потрібно розробити нову математичну модель і методику, яка повинна ґрунтуватися на результатах експериментальних даних в роботах науковців Г.І. Сокол, Н. А. Афанасьєвої, Л. Д. Пляцука та інші.

3) Результати розрахунку, виявили характер зміни рівня звукового тиску в залежності від відстані розташування ВЕУ від житлових та господарських районів.

4) Визначивши відстані, на яких слід розташовувати ВЕУ для кожної з октавних смуг виявлено, що для вітроустановок із рівнем звукової потужності 95 дБ і більше, відстань повинна бути не ближче 270 м від житлових забудов та господарських об'єктів (що близько співпадає з Європейськими нормативами). Для ВЕУ із рівнем звукової потужності 70 дБ ця відстань складає – 15 м. Для ВЕУ із рівнем звукової потужності 45 дБ в результаті теоретичного розрахунку з'ясовано, що звуковий тиск на відстані всього 1 метр від вітроустановки не перевищує нормативні значення, але рекомендуємо ставити не ближче чим за 30 метрів, в зв'язку з негативним впливом низькочастотних коливань.

5) При улаштуванні ВЕУ потрібно обов'язково враховувати негативний вплив низькочастотних коливань будь-якого рівня на навколишнє середовище.

6) В роботі наведені рекомендації, щодо зниження шумового забруднення від ВЕУ.

Інв.№ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПЕК 8.00.00.00 ПЗ

Арк.

85

Список використаних джерел

1. Конеченков А. Є. Відновлювана енергетика світу / А. Є. Конеченков, В. В. Пирогов // Зелена енергетика. – К. : ЕКОінформ, 2005. – № 1 (17). – С. 45.
2. Кравцов В. С. Неисчерпаемая энергия. Ветроэнергетика / В. С. Кравцов, А. М. Олейников, А. И. Яковлев. – Х. : ХАИ, 2004. – 519 с.
3. Рожкова Л.Г. Прогнозируемые эксплуатационные характеристики ротора вертикально-осевой ветроэнергетической установки с лопастями, снабженными предкрылками. // Вестник НТУУ «КПИ», Машиностроение, вып. 35. -1999.-С. 164 - 168.
4. Горелов Д.Н. Экспериментальная оценка предельной мощности ветроколеса с вертикальной осью вращения / Д.Н. Горелов, Ю.Н. Кузьменко // Теплофизика и аэромеханика – 2001. – №2 – С.329-334.
5. Пархоменко О. М. Аналіз метода визначення шумоутворення від вітроенергетичних установок / О. М. Пархоменко, Я. О. Серіков // Безпека людини в сучасних умовах : матер. III Міжнар. наук.-метод. конф. (м. Харків, 8–9 грудня 2011 р.). – Х. : Міськдрук, 2011. – С. 56–58.
6. Пархоменко Е. М. Проблемы экологии и охраны труда персонала ветроэлектрической станции / Е. М. Пархоменко // Современные проблемы методологии и инновационной деятельности : матер. Всерос. науч.-практ. конф. учёных, асп., спец. и студ. – Новокузнецк : ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 2010. – С. 99–102.
7. Янсон Р.А. Ветроустановки / Янсон Р.А. – М.:Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2007. – 36с.
8. Ветроэнергетические станции / В.Н. Андрианов, Д.Н. Быстрицкий, К.П. Вашкевич и др. М.: Госэнергоиздат, 1960. 294 с.
9. Горелов Д.Н. Аэродинамика ветроколес с вертикальной осью вращения. / Горелов Д.Н. – Омск: 2012. – 64с.

Інв. №ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
				Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	86

10. Жуковский Н.Е. Аэродинамический расчет медленно движущихся ветряных мельниц // Собр. соч.: В 7 т. М.; Л.: Гостехиздат, 1950. Т.7. С. 333" 339.
11. Сокол Г. И. Особенности акустических процессов в инфразвуковом диапазоне частот / Г. И.Сокол – Д. : Промінь, 2000. – 136 с.
12. Завьялова М. П. Природа вихревого звука в ветроэнергетике / М. П. Завьялова, Г. И. Сокол // Людина і космос : матер. VII міжнар. молод. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 13 – 15 квітня 2005 р.). – Д. : НЦАОМУ, 2005. – С. 15.
13. Основы вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, О75 Н. Нойбергер, Д. Циленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.
14. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища Навчальний посібник / К.: Знання, 2006.- 319 с.
15. Morgan C., Bossanyi E. Wind turbine icing and public safety – a quantifiable risk? Garrad Hassan and Partners Limited. Coach Honse, Folleigh Lane, Long Ashton.– Bristol BS 189 JB.UK.
16. European setbacks minimum distance between wind turbines and habitation . URL: [http://www .wind-watch .org/documents/ european-setbacks-minimum-distance-between-wind-turbinesand-habitations .](http://www.wind-watch.org/documents/european-setbacks-minimum-distance-between-wind-turbinesand-habitations)
17. Brown, MA and BK Sovacool. Climate Change and Global Energy Security: Technology and Policy Options (Cambridge: MIT Press, 2011), x + 416 pp.
18. Chien Wang and Ronald G Prinn Published June 22, 2011 • IOP Publishing Ltd Environmental Research Letters, Volume 6, Number 2 Focus on the Environmental Impact of Wind Energy
19. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии / В.В. Елистратов. Учеб. пособ. – СПб. Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 250 с.
20. American Wind Energy Association [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.awea.org/>

Інв.№ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	

21. Snow, D. J. Low frequency noise and vibration measurements at a modern wind farm [Text] / D. J. Snow, P. Styles. – ETSU W/13/00392/REP. United Kingdom, 1997. – 31 p
22. Абрамовский Е. Р. Методика последовательных приближений в расчетах аэродинамических и энергетических параметров ветродвигателей // Вісн. Дніпроп. ун-ту, сер. Механіка.– 2000.– 3(1).– С. 3–11.
23. Сокол Г. И. Методики расчета характеристик акустических полей ветроэнергетических установок: инфразвук в ветроэнергетике – ISSN 1028-7507 Акустичний вісник. 2011. Том 14, № 3. С. 60-70.
24. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ветроэлектрической установки ВЭУ-500 № 90.9990.0000.0000.01.0.ГО.– Днепропетровск: ГKB “Южное”, 1997.– 65 с.
25. Сокол Г. И. Анализ шума ветроагрегатов / Г. И. Сокол, Е. В. Стецюк // Людина і космос : матер. V міжнар. молод. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 16 – 18 квітня 2003 р.). – Д. : НЦАОМУ, 2003. – С. 197.
26. Афанасьева Н. А., Пляцук Л. Д., Филатов Л. Г., Трунова И. А. Импульсный инфразвуковой сигнал, производимый ветроэнергетической установкой. Принципы оценки – Восточно-Европейский журнал передовых технологий ISSN 1729-3774 6/10 (72) 2014
27. Пархоменко О. М. Причины шумоутворення від вітроенергетичних установок та можливі рішення зменшення цього впливу / О. М. Пархоменко // Людина і космос : тези. доп. XIV Міжнар. молодіж. наук.-практ. конф. – Д. : НЦАОМ ім. О. М. Макарова, 2012. – С. 22.
28. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. ДСП № 173-96. Київ : МОЗ України; 1996.
29. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий : ГОСТ 23337-78. СТ СЭВ 2600-80. – [Действующий от 1979-07-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1978. – 12с. – (Государственный комитет СССР по делам строительства).

№ в. № ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.	
										88
				Вил	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

30. Санітарні правила планування та забудови населених пунктів : ДСН №173, затв. гол. держ. сан. лікарем України від 19.06.96 р. / Мін-во охорони здоров'я України. Головне санітарноепідеміологічне управління – К. : 1996. – 56 с. 68.
31. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.
32. Киреева И.С., Думанский Ю.Д., Семашко П.В. Гигиенические аспекты размещения ветровых электростанций. Гигиена и санитария. 2009; 5: 23-5
33. Методы измерения шума на рабочих местах : ГОСТ 12.1.050 -86. – [взамен ГОСТ 20445-75. ; Действующий от 1987-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 17 с.
34. Методи визначення шумових характеристик. Загальні вимоги : ДСТУ ГОСТ 23941-2004. – [взамін ГОСТ 23941-2002. ; чинний від 2003-01-01] – К. : Держспаоживстандарт, 2002. – 11 с.
35. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку : ДСН 3.36.037–99. / Мін-во охорони здоров'я України. Головне санітарно-епідеміологічне управління. – К. : 1999. – 79 с.
36. Градостроительные меры борьбы с шумом / [Г. Л. Осипов, Б. Г. Прутков, И. А. Шишкин, И. Л. Карагодина]. – М. : Стройиздат, 1975. – 215 с.
37. Хашхожева, Д. А. Динамика интегральных показателей сердечно-сосудистой системы под влиянием нейроакустических сигналов [Текст] : автореф. дис... канд. биол. наук : 03.00.13 / Д. А. Хашхожева. – РГБ ОД. Нальчик, 2008. – 152 с.
38. Куралесин, Н. А. Научные основы регламентации инфразвука в медицине труда : Медико-биологические аспекты [Текст] : автореф. дис... доктора мед. наук : 14.00.07 / Н. А. Куралесин. – НИИ медицины труда. Москва, 1997. – 48 с.
39. Москалионов, П. П. Эколого-физиологическая оценка влияния акустических сигналов на адаптацию человека [Текст] : автореф. дис... канд. биол. наук : 03.00.16 / П. П. Москалионов. – РГБ ОД. Москва, 2008. – 125 с.

Инв.№ориг.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Инв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
				Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	89

40. Установки електричної Вітряні. Методи випробування. ДСТУ 4225-2003. К. : Держспоживстандарт України, 2003.
41. Системи турбогенераторні Вітряні. Частина 11. Методика вимірювання акустичних шуму. ДСТУ ІЕС 61400-11: 2002. К. : Держспоживстандарт України, 2002.
42. Виссарионов В. І., Дерюгіна Г. В., Кузнецова В. А., Лебідь В. Л., Малінін Н. К. Під редакцією Віссарионова В. І. "Техніко-економічні характеристики вітроенергетики". М. : Видавництво МЕІ, 1997 р;
43. Harris C. M. Absorption of sound in air versus humidity and temperature.-J. Acoust. Soc. America, 1966, v. 40, N 1, p. 148-159.
44. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99
45. ГОСТ 17187-81 Шумоміри. Загальні технічні вимоги і методи випробувань (СТ СЭВ 1351-78). Зі зміною № 1
46. Ragheb M. Safety of system. 3/12/2009. URL: <http://www.windwatch.org/documents/physical-dangers-of-wind-turbines>.
47. Шум. Затухание звука при распространении на местности Расчёт поглощения звука атмосферой : в 2 ч. (ИСО 9613-1:1993) : ГОСТ 31295.1- 2005. – М. : Стандартиформ, – 2006. – Ч.1. – 55 с.
48. Шум. Затухание звука при распространении на местности. Общий метод расчёта : в 2 ч. (ИСО 9613-2:1996) : ГОСТ 31295.2-2005. – [Действующий от 2007-01-01]. – М. : Стандартиформ, 2006. – Ч. 2. – 23 с
49. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях СТ СЭВ 2934-90, Группа Т58 : ГОСТ 12.1.036-81. – [Действующий от 1982-07-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 12 с.
50. European setbacks minimum distance between wind turbines and habitation. URL: <http://www.wind-watch.org/documents/european-setbacks-minimum-distance-between-wind-turbinesand-habitations>.

Інв. №ориг.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
				Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	90

51. A bill to make provision for minimum distance between wind turbines and residential premises according to the size of the wind turbine and for connected purposes. URL: <http://docs.windwatch.org/2011017>.

52. Гладких П. А. Борьба с шумом и вибрацией в судостроении / П. А. Гладких. – Л. : Судостроение, 1970. – 176 с.

53. International Journal of Sustainable Manufacturing, Inderscience Publishers, Country Switzerland

54. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.2003 р. № 555-IV // Відомості Верховної Ради України. – К., 2003. – № 24. – ст. 155. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=555-15>.

55. Про будівництво вітрових електростанцій в Україні : Указ Президента України від 02.03.1996 р. № 159/96 [Електронний ресурс] // Офіційний веб-сайт Верховної ради України. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=159%2F96&page=1#2>.

56. Про електроенергетику : Постанова Верховної Ради України від 16 жовтня 1996 р. № 575/97-ВР // Відомості Верховної Ради України. – К., 1998. – № 1. – Ст. 1 Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=575%2F97-%E2%F0>.

57. Постанова НКРЕ від 27.02.2014 № 170 (у редакції Постанови Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) від 29.09.2017 №1186)

58. Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо гарантування зобов'язань держави щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії : Постанова Верховної Ради України від 03 червня 2011 р. № 3486-17-ВР // Відомості Верховної Ради України. – К., 2003. – № 52. – Ст. 378 – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/3486-17>.

59. Мотузко Ф.Я. Охрана праці. - М. : Вища школа, 1989. - 336с.

60. Безпека життєдіяльності. / Под ред. Н.А. Белова - М. : Знание, 2000 - 364с.

61. Самгин Е.Б. Освітлення робочих місць. - М. : МІРЕА, 1989. - 186с.

Інв. № ориг.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № дубл.	

						ПЕК 8.00.00.00 ПЗ	Арк.
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			91

62. Довідкова книга для проектування електричного освітлення. / Под ред. Г.Б. Кнорринга. - Л. : Енергія, 1976.
63. Боротьба з шумом на виробництві: Довідник / Є.Я. Юдін, Л.А. Борисов; За заг. ред. Є.Я. Юдіна - М. : Машинобудування, 1985. - 400с., Мул.
64. Зінченко В.П. Основи ергономіки. - М. : МГУ, 1979. - 179с.

Інв.№ориг.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	ПЕК 8.00.00.00 ПЗ					Арк.
									92
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					