

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Математична модель та програмне забезпечення прогнозу генерування електроенергії вітрогенератором для геолокаційних карт**

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи САМ-61  
спеціальності \_\_\_\_\_

**124 – Системний аналіз**

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Німців П.В.</u> (підпис)	<u>Німців П.В.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Никитюк В.В.</u> (підпис)	<u>Никитюк В.В.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Мацюк О.В.</u> (підпис)	<u>Мацюк О.В.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Боднарчук І.О.</u> (підпис)	<u>Боднарчук І.О.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Савків В.Б.</u> (підпис)	<u>Савків В.Б.</u> (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2020

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Боднарчук І.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« » 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 124 «Системний аналіз»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Німціву Павлу Вікторовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Математична модель та програмне забезпечення прогнозу генерування електроенергії вітрогенератором для геолокаційних карт**

Керівник роботи Никитюк Вячеслав Вячеславович ст. викл.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи наукові літературні джерела

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Аналітичний оляд літературних та інших джерел. Системний аналіз та обґрунтування

Проблеми. 2 Методи та математичні моделі. 3 Практична реалізація.

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Дмитроца Л. П., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стадник І. Я. д.т.н., проф		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Затвердження теми дипломної роботи		Виконано
2	Аналіз літературних джерел		Виконано
3	Будова вітрогенератора, особливості геолокації		Виконано
4	Аналіз впливу висоти та аналіз існуючих інтернет джерел		Виконано
5	Оформлення розділу Аналітичного огляду літературних та інших джерел. Аналіз та обґрунтування проблеми		Виконано
6	Аналіз методів та математичних моделей прогнозу генерації електроенергії вітрогенератором		Виконано
7	Огляд доповнення та використання існуючих математичних моделей та методів		Виконано
8	Оформлення розділу «Методи та математичні моделі»		Виконано
9	Розробка інформаційної системи		Виконано
10	Оформлення розділу «Практична реалізація»		Виконано
11	Оформлення розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»		Виконано
12	Нормоконтроль		
13	Попередній захист дипломної роботи		Виконано
14	Захист дипломної роботи		

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Німців П. В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Никитюк В. В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Математична модель та програмне забезпечення прогнозу генерування електроенергії вітрогенератором для геолокаційних карт // Дипломна робота ОР «Магістр» // Німців Павло Вікторович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група САМ-61 // Тернопіль, 2020//С. 90, рис. – 14 , табл. – 6 , кресл. – , додат. – 7, бібліогр. – 59.

Ключові слова: ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ВІТРОГЕНЕРАТОРИ, ДАНІ, РЕСУРС, БАЗИ ДАНИХ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ІНТЕРНЕТ, ПРОГНОЗУВАННЯ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ГЕОЛОКАЦІЙНІ КАРТИ

У дипломній роботі досліджено існуючі математичні моделі для прогнозування енергії сили вітру та математичні моделі прогнозування генерування електроенергії вітрогенератором. Розглянуто методи прогнозування енергії сили вітру та методи прогнозу генерування електроенергії вітрогенератором. Здійснено порівняльний аналіз та класифікацію методів прогнозу генерування електроенергії вітрогенератором.

Створено прототип інформаційної системи для прогнозу генерування електроенергії для геолокаційних карт.

Здійснено опис фізичних характеристик вітрогенератора, впливаючих на процес підрахунку генерованої електроенергії.

Досліджено проблему вибору геолокації місця встановлення вітрогенератора та критерії що впливають на її вирішення.

Проведено використання фізичного підходу для прогнозу генерації електроенергії, та порівняльний аналіз результатів для розрахунку середнього значення генерації. Наведено підхід для визначення часу окупності встановлення вітрогенератора на вибрану геолокацію.

## ANNOTATION

Mathematical model and software of electrical energy generation forecast by a wind generator for geolocation maps // Nimtsiv P. V. // Ternopil' Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of System Analysis, group SAm-61/ / Ternopil', 2020 // P. 90, Tables – 6, Fig. – 14, Diagrams –, Annexes. – 7 , References – 59.

In the thesis work mathematical model for predicting wind force power and mathematical model of forecasting generation of the electric by the wind generator are investigated. Methods of forecasting wind power energy and methods of forecasting electricity generation by a wind generator are considered. The comparative analysis of methods of the forecast of generation of the electric power by the wind generator on their class is carried out.

A prototype of an information system for forecasting electricity generation for geolocation maps has been created.

A description of the physical characteristics of the wind turbine, influencing the process of calculating the generated electricity. The problem of choosing the geolocation of the wind turbine installation site and the criteria influencing its solution are investigated.

Physical approach for the forecast of electricity generation and a comparative analysis of the results were used to calculate the average value of generation. The approach for recognition of payback time of installation of the wind generator on the chosen geolocation is resulted.

Keywords: SYSTEM INFORMATION, DATA, RESOURCE, DATABASE, INFORMATION TECHNOLOGIES, INTERNET, INTERFACE, INFORMATION AND REFERENCE SYSTEMS, SERVER, ARTICLE, PREDICTION, GREEN ENERGY, WIND TURBINE

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AJAX – asynchronous javascript and xml

ANN – Artificial neural network, штучна нейронна мережа

API – Application Programming Interface

AR – авторегресивна модель

ARMA – autoregressive–moving–average models

CSS – Каскадні таблиці стилів

HAWT – Horizontal Axis Wind Turbine, горизонтальні вітрогенератори

HTML – Hypertext Markup Language

HTTP – Hyper Text Transfer Protocol

JSON – JavaScript Object Notation

JWT – JSON web token

MAE – Mean absolute error

MAPE – mean absolute percentage error

MSE – mean squared error

NWP – Numerical weather prediction

REST – representational state transfer

SSH – secure shell

SVG – Scalable Vector Graphics

TCP – transmission control protocol

UI – User Interface

VAWT – Vertical Axis Wind Turbine, вертикальні вітрогенератори

WASP – Winning and score predictor

WPMS – Wind Power Management System

XML – Extensible Markup Language

ІС – Інформаційна Система

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналітичний огляд літературних та інших джерел. Системний аналіз та обґрунтування проблеми .....	10
1.1. Переваги відновлювальної енергії .....	10
1.2. Будова вітрогенератора.....	13
1.3. Параметри вітрогенератора що впливають на математичну модель.....	19
1.4. Особливості геолокації для вітрогенератора.....	24
1.5. Вплив висоти на прогнозування генерації електроенергії .....	27
1.6. Інтернет ресурси для вибору оптимальної геолокації .....	30
1.7. Причини вибору теми для роботи .....	32
Висновки до розділу 1 .....	33
2. Методи та математичні моделі.....	34
2.1 Методи прогнозу генерування електроенергії вітрогенератором .....	34
2.2 Математичні моделі прогнозування вітру.....	36
2.3 Мочність результатів та джерело помилок розрахунків .....	44
2.4 Доповнена математична модель для іс.....	45
2.5 Доповнений метод для іс.....	46
2.6 Побудова вимог інформаційної системи у uml діаграмах.....	48
Висновки до розділу 2 .....	52
3. Практична реалізація.....	53
3.1 Аналіз сучасних веб–технологій для розробки веб–ресурсів.....	53
3.2 Аналіз систем контролю версій для розробки інформаційної системи.....	64
3.3 Розробка серверної сторони.....	69
3.4 Розробка клієнтської сторони .....	73
Висновки до розділу 3 .....	75

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....	76
4.1 Охорона праці. Організаційні заходи та технічні засоби із забезпечення пожежної безпеки. ....	76
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	78
Висновки до розділу 4 .....	81
ВИСНОВКИ.....	82
ПРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82
ДОДАТКИ	



## ВСТУП

Як відновлюване джерело енергії, вітрогенератори вважаються важливими альтернативами генерації в електроенергетичних системах через їх невичерпну природу. У міру збільшення використання енергії вітру для генерації електроенергії, прогнозування потужності має вирішальне значення для інтеграції енергії вітру в звичайну енергетичну мережу.

Вітер є одним з найбільш швидкозростаючих джерел енергії, оскільки він відновлюваний, рясний і не забруднює навколишнього середовища. Потужність, яку виробляє вітрогенератор, змінюється в часі випадково внаслідок мінливості швидкості вітру. Невизначеність потужності вітру та збільшення потужності вітру впливатиме на стабільність системи та ризикуватиме відключенням електроенергії. Для безпечної роботи вітрогенераторів великих потужностей для промислових підприємств, необхідна стратегія прогнозування, заснована на точних прогнозах енергії вітру, і для енергетики важливо мати можливість оцінювати коливання потужності. Коливання швидкості вітру призводить до швидких змін електричної потужності, що генерується вітряками.

Під час виконання роботи над дипломним проектом було розроблено прототип математичної моделі на основі моделей, що вже використовуються для прогнозування генерації електроенергії вітрогенератором. Також було створено прототип інформаційної системи для прогнозу генерації електроенергії вітрогенераторок із можливістю вказання геолокації.

Актуальність теми: прогнозування виробітку електроенергії вітрогенераторами є дуже актуальною проблематикою, оскільки максимальне використання джерел відновлювальної енергії надасть її користувачам енергію виробництва якої не забруднює навколишнє середовище, а можливість вибору геолокації розташування для прогнозу генерування надасть інформацію для вибору найкращого місця для розташування вітрогенератора.

Мета роботи: розробка інформаційної системи для прогнозу генерації

електроенергії вітрогенератором відповідно до вибраної геолокації. Дана система ставить перед собою мету здешивити процес вибору геолокації для встановлення вітрогенератора, та надати доступ до даних що отримуватимуться в ході прогнозування . Ці дані дадуть змогу встановити доцільність встановлення вітрогенератора для конкретної геолокації. Метою є здешевлення процесу вибору геолокації для встановлення вітрогенераторів.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі задачі:

1. Здійснити пошук та аналіз функціональних характеристик вітрогенераторів.
2. Проаналізувати існуючі математичні моделі прогнозування генерації електроенергії вітрогенераторами.
3. Використати та розширити існуючі матмоделі для їх інтеграції в інформаційну систему прогнозу виробітку електроенергії вітрогенератором для геолокаційних карт.
4. Програмно реалізувати прототип інформаційної системи прогнозу виробітку електроенергії вітрогенератором для геолокаційних карт.
5. Провести тестування розробленого прототипу системи з метою отримання даних для аналізу та майбутніх покращень.

Об'єкт дослідження: вітрогенератори та математичні моделі прогнозу виробітку електроенергії вітрогенератором.

Предмет дослідження: інформаційна система для прогнозу виробітку електроенергії вітрогенератором для геолокаційних карт.

Новизна: прогнозування виробітку електроенергії для вказуваного вітрогенератора, з можливістю вказання локації місця прогнозування на геолокаційних картах.

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ІНШИХ ДЖЕРЕЛ. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПРОБЛЕМИ

## 1.1. Переваги відновлювальної енергії

Відновлювальна енергія завжди буде доступною. Використовуючи викопне паливо для створення енергії, людство оцінило існуючий наявний запас, який з часом закінчиться. На даний момент для нас доступні газ, нафта та вугілля, але їх використання в таких великих обсягах, як зараз, означає, що поставки зменшаться. На даний момент використання викопного палива слід робити більш розумно.

В 2019 році вартість звичайного вугілля за кіловат–годину становила 9,5 цента, а вартість електроенергії згенерованої станціями розташованими на узбережжях що використовують силу морського вітру становила 15,8 цента [1].

### Важливі плюси відновлюваної енергетики

Навіть природний газ із чистим горінням знаходиться в серйозному недоліку порівняно з тим, що можуть забезпечити відновлювані джерела енергії. Майже щодня на нашу планету падає достатньо сонячного світла, і якщо створиться можливість зібрати його за допомогою сонячних панелей та інших форм збору, то результуючої енергії буде достатньо щоб жити людські потреби протягом усього року.

Вітер створюється теплом сонця цей ресурс є практично безмежним. Викопне паливо – обмежений ресурс.

Диверсифікація із сторони корпорацій в напрямку відновлюваних джерел енергії бере свій активний початок з 1970–х років. Дамб, які забезпечують електроенергією, сонячних панелей і ферм тепер достатньо для контролю мас автомобілів. Сьогодні існують різні методи створення електроенергії за допомогою збору відновлюваної енергії.

Багато країн покладаються на викопне паливо, щоб їх суспільство функціонувало за сучасної культури. Це паливо надходить з небагатьох країн,

які працюють над контролем наявності та цін. Якщо в Україні і інших державах імпортерах енергетичних ресурсів буде розроблено більше ресурсів для відновлюваних джерел енергії, то з плином часу вони зможуть працювати над досягненням енергетичної незалежності.

Коли поновлювані джерела енергії виробляють енергію, вироблена енергія є стабільною та придатною для використання, як і інші види енергії. Вона є надійним ресурсом, особливо коли для її підтримки доступна інфраструктура. Хоча у цьому енергетичному секторі створюються робочі місця, але створити стабільність у місцевих секторах економіки важко. Безсумнівно, що згенеровану електроенергію можна розподіляти за допомогою існуючих мереж, що може обмежити витрати на встановлення деяких технологічних об'єктів для транспортування згенерованої електроенергії.

Вугілля потрібно переробляти та видобувати, щоб воно було придатним для використання. Також природний газ теж потребує постійного видобутку та транспортування від місця видобутку до місця зберігання. Отже, викопне паливо створюється з природних ресурсів, тоді як відновлювані джерела енергії створюються завдяки існуванню технологій.

Через ці причини ціни на відновлювані джерела енергії будуть знижуватися, оскільки технології поступово продовжують вдосконалюватись. Викопне паливо може спостерігати зниження цін за рахунок підвищення ефективності видобутку та переробки, але завжди на ціну впливає також і вартість робочої сили, яка також впливатиме на доступність.

Сонячна енергія має обмежений потенціал у деяких геолокації планети. Північніші міста можуть стикатися тривалий час з проблемою без сонячної погоди протягом зимових місяців. Оскільки відновлювана енергія залежить від місця розташування, і іноді вона може бути недоступною для використання в деяких місцях.

З допомогою традиційних джерел живлення будинки або бізнес підключені до локальної розподільчої мережі, щоб була можливість постійно отримувати доступ до електроенергії. Ці ж транспортні мережі

використовуються для транспортування електроенергії вироблені відновлювальними джерелами енергії.

У таблиці 1.1 наведено провірняльну характеристику переваг і недоліків наявних на сьогодні доступних джерел енергії.

Таблиця 1.1 – Переваги і недоліки джерел енергії

Вид джерела	Переваги	Недоліки
Горючі корисні копалини	Надійний	Створює забруднення і є скінченим
Ядерна енергетика	Надійний	Джерела вичерпаються і утворюватимуть небезпечні відходи, які важко утилізувати
Вітрові турбіни	Надійний	Великі турбіни дорогі для встановлення
Генератори з коливань хвиль	Не забруднюють навеолишне середовище	Дорогі в встановленні
Приливні генератори	Чиста для довкілля та дешева в обслуговуванні, виробляти багато електроенергії після запуску	Дуже дорого в установці і може бути небезпечним для місцевої дикої природи
Гідроелектростанції	Не забруднюють навеолишне середовище	Дуже дорогі для встановлення, на генерування може вплинути посуха.
Сонячні панелі	Не забруднюють навеолишне середовище	Можуть пошкодитись через погодні умови

### Переваги вітрової електроенергії

Енергія вітру – одне з найдавніших джерел енергії в історії людства. Потужність вітру використовувалась для накачування води поколіннями. На даний момент є всі види вітрогенераторів. Від дуже великих станцій, що будуються на суші чи морі, до малих.

У віддалених ізольованих зонах де встановлюються вітрогенератори, у випадку достатнього вітру вітрові турбіни можуть значно зменшити енергетичні витрати. У деяких містах до 80% енергетичних потреб можна

задовольнити енергією вітру. Вітрові турбіни мають діапазон від 2 до понад 6 мегават з діаметром ротора від 10 до більше 152 метрів.

Основні переваги вітрогенераторів:

- Це чиста, відновлювана енергія;
- Вітер дме майже весь час. Це гарна система для буферування в період пікових вітрів;
- Витрати відносно низькі і продовжують зменшуватися;
- Генерована потужність є безкоштовною;
- Точка безбитковості накопичення та передачі енергії може кардинально змінитися в майбутньому;
- Можна використовувати практично де завгодно;
- Землю поряд із станціями можна використовувати для фермерського господарства та випасу худоби.

Ці характеристики вплинули на вибір вітрогенератора як одним із предметів дослідження.

## **1.2. Будова вітрогенератора**

Вітрогенератор, або по-іншому його називають перетворювачем енергії вітру, – це пристрій, який перетворює частину кінетичної енергії вітру в електричну енергію, сприймаючи її своєю рухомою частиною і передаючи обороти з допомогою ротора в генератор.

Основні елементи у вітроустановці зображено на рисунку 1.1.

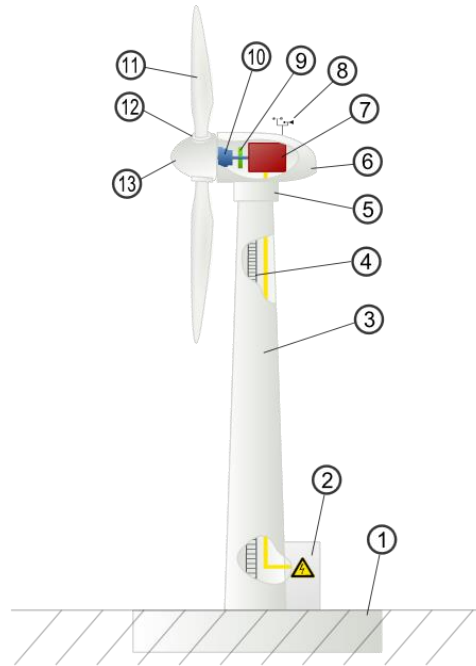


Рисунок 1.1 – Основні елементи вітрогенератора [2]

Назви основних елементів вітрогенератора, що пронумеровані на рисунку вище подано у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Назви основних елементів вітрогенератора

№ п/п	Назва
1	Фундамент
2	Силова шафа, що включає силові контактори й ланцюги керування
3	Вежа
4	Сходи
5	Поворотний механізм
6	Гондола
7	Електричний генератор
8	Система спостереження за напрямком і швидкістю вітру (анемометр)
9	Гальмівна система
10	Трансмсія
11	Лопаті
12	Система зміни кута атаки
13	Ковпак ротора

Вітрогенератори виготовляються з різними характеристиками відповідно до умов клімату а також з відмінністю у осі обертання ротора, котра буває вертикальної та горизонтальної. Малі вітрогенератори використовуються для таких цілей, як зарядка акумуляторів для живлення будинків . Більші турбіни можуть бути використані для внесення внесків у побутове енергопостачання при продажі невикористаної енергії назад постачальнику комунальних послуг через електричну мережу. Масиви великих турбін, відомих як вітрові електростанції, стають дедалі важливішим джерелом періодично відновлюваної енергії і використовуються багатьма країнами як частина стратегії зменшення їх залежності від викопного палива. В одній оцінці стверджувалося, що станом на 2009 рік вітер мав "найнижчі відносні викиди парникових газів, найменші потреби у споживанні води та ... найсприятливіші соціальні наслідки" [3] порівняно з фотоелектричними, гідроенергетичними, геотермальними, вугільними та газовими.

У порівнянні поширеності вітрогенераторів, горизонтальні є як старшими, так і більш поширеними против вертикальних. Їхні конструкції можуть включати лопаті або бути без них. Вертикальні конструкції виробляють менше енергії і зустрічаються рідше.

Великі трилопатеві вітряні турбіни з горизонтальною віссю виробляють переважну більшість енергії вітру в світі сьогодні. Ці турбіни мають головний вал ротора та електричний генератор у верхній частині вежі і для роботи повинні бути спрямовані на вітер. Направлення на попутний вітер у малих вітрогенераторів забезпечується простим вітряним флюгером, тоді як великі турбіни, зазвичай, використовують датчик вітру в поєднанні з системою гойдання. У більшості з них є коробка передач, яка перетворює повільне обертання лопатей на більш швидке обертання, яке більше підходить для приводу електричного генератора [4]. Деякі турбіни використовують інший тип генератора, який підходить для більш повільного введення швидкості обертання. Їм не потрібна коробка передач і їх називають прямим приводом, тобто вони з'єднують ротор безпосередньо з генератором, без коробки передач



між ними. Хоча генератори з постійним магнітом із прямим приводом можуть коштувати дорожче через необхідні рідкісноземельні матеріали, але ці безредукторні турбіни іноді мають перевагу над генераторами з редуктом, оскільки вони усувають коробку передач, котра сприйнятливий до накопичення великого крутного моменту і навантаження, що спричиняє проблему пов'язаної з надійністю. А також проблеми та витрати на обслуговування. Існує також псевдомеханізм прямого приводу, який має певні переваги перед механізмом прямого приводу з постійним магнітом.

Турбіни, що використовуються на вітряних електростанціях для комерційного виробництва електроенергії, зазвичай мають три лопаті. Під час їх роботи виникають пульсації з низьким крутним моментом, що сприяє хорошій надійності. Лопаті, як правило, пофарбовані в білий колір для денної видимості на літаках і мають довжину від 20 до 80 метрів. Розміри та висота турбін збільшуються з кожним роком. На сьогодні вітрогенератори що встановлюються над поверхнею водойм морів побудовані до 8 МВт [5] і мають довжину лопатей до 80 метрів. Розробляються проекти потужністю від 10 до 12 МВт. Звичайні багато мегаватні турбіни мають трубчасті сталеві вежі висотою від 70 до 120 м і в крайніх випадках до 160 м.

Вітрові турбіни з вертикальною віссю мають головний вал ротора, розміщений вертикально. Однією з переваг цієї конструкції є те, що турбіни не потрібно спрямовувати на вітер, щоб бути ефективною, що є перевагою на ділянці, де напрямок вітру сильно змінюється. Це також перевага, коли турбіна інтегрована в будівлю, оскільки вона за своєю суттю менш керована. Крім того, генератор і коробка передач можуть бути розміщені біля землі, використовуючи прямий привід від роторного вузла до наземної коробки передач, покращуючи доступність для обслуговування. Однак ці конструкції виробляють набагато менше енергії, у порівнянні із горизонтальними вітрогенераторами, що є головним недоліком [6].

Ключові недоліки включають відносно низьку швидкість обертання з подальшим вищим крутним моментом і, отже, вищою вартістю приводного

механізму, суттєво меншим коефіцієнтом потужності, 360–градусним обертанням аеродинамічного профілю під потоком вітру під час кожного циклу, а отже, і дуже динамічним навантаженням на лопаті. Результатом такої конструкції є пульсуючий крутний момент, створюваний деякими конструкціями ротора на приводі, та труднощі з точним моделюванням потоку вітру, а отже і проблеми аналізу та проектування ротора перед виготовленням прототипу для конкретної місцевості.

Компоненти вітрогенератора.

Вітрові турбіни перетворюють енергію вітру в електричну для подальшого поширення. Звичайні турбіни з горизонтальною віссю можна розділити на три компоненти:

- Ротор, що становить приблизно 20% від вартості вітрогенератора, включає лопаті для перетворення енергії вітру в енергію обертання з низькою швидкістю.
- Генератор, що становить приблизно 34% від вартості вітрогенератора, включає електричний генератор, керуючу електроніку і, швидше за все, редуктор (наприклад, планетарний редуктор), [7] привід з регульованою швидкістю, або компонент безступінчастої передачі для перетворення низькошвидкісного вхідного обертання у високошвидкісний оберт, придатного для виробництва електроенергії.
- Навколишня конструкція, що становить приблизно 15% від вартості вітрогенератора, включає в себе механізм повороту башти та ротора.

Вітрогенератор типу 1,5 (МВт), який часто зустрічають у Сполучених Штатах, має висоту 80 метрів. Роторний вузол (лопаті та ступиця) важить 22000 кілограмів. Гондола, котра містить генератор, важить 52000 кілограмів. Бетонна основа вежі побудована з використанням армуючої сталі на 26 000 кілограмів і містить 190 кубічних метрів бетону. Основа має діаметр 15 метрів і товщину біля центру 2,4 метра.

Для моделювання майбутніх поломок вітрогенератора було витрачено велику кількість зусиль. Зростаючий попит на відновлювану енергію призвів до

глобального впровадження та швидкого розширення технології вітрогенераторів. Вітрові турбіни, як правило, розраховані на 20-річне життя [8], однак через складне навантаження із навколишнього середовища, в якому вони працюють, вітрові турбіни рідко експлуатуються до цього віку без значного ремонту та великого технічного обслуговування. З метою вдосконалення управління вітроелектростанціями відбувається все більший рух у напрямку профілактичного обслуговування, на відміну від планового технічного обслуговування для зменшення простою та втрати виробництва. Це досягається використанням прогностичних систем моніторингу та управління.

Через проблеми з передачею даних структурний моніторинг стану вітряних турбін зазвичай виконується за допомогою декількох акселерометрів та тензорезисторів, прикріплених до гондоли, для контролю редуктора та обладнання. В даний час для вимірювання динаміки лопатей вітряних турбін використовують цифрову кореляцію зображень та стереофотограмметрію. Ці методи, як правило, вимірюють зміщення та деформацію для виявлення місця дефектів. Динамічні характеристики вітряних турбін, що не обертаються, вимірювались за допомогою цифрової кореляції зображень та фотограмметрії [9]. Тривимірне відстеження точок також було використано для вимірювання динаміки обертання вітрових турбін [10].

Малі вітрові турбіни можуть використовуватися для різних застосувань, включаючи резиденції або поза мережею, телекомунікаційні вежі, платформи у морі, сільські школи та клініки, дистанційний моніторинг та інші цілі, що вимагають енергії там, де немає електричної мережі або де мережа є нестабільною. Малі вітрогенератори можуть бути такими ж малими, як і генератор на п'ятдесят ват для човна. Гібридні сонячні та вітрові установки все частіше використовуються для дорожніх знаків, особливо в сільських районах, оскільки вони уникають необхідності прокласти довгі кабелі від найближчої точки підключення до мережі [11].

### **1.3. Параметри вітрогенератора що впливають на математичну модель**

За останнє десятиліття спостерігається швидке зростання виробництва вітрової енергії, оскільки щорічно встановлюються нові потужності виробітку вітроенергетики в усьому світі. Генерація електроенергії ВЕС зростає на значні три рази з приблизно 203,5 ГВт до 650,8 ГВт за минуле десятиліття [12]. В енергосистемах баланс підтримується шляхом постійного регулювання потужності виробництва та контролем попиту. Оскільки вітер за напрямком протікання є неупорядкованим, потужність отриманої електроенергії є імпульсивною. Короткострокові прогнози (в діапазоні від 1 години до 72 годин) корисні для планування енергосистеми для зобов'язань та відправлення енергоблоків, а також для торгівлі електроенергією на певних ринках електроенергії, де вітроенергетика та накопичувачі установки можуть бути розряджені або захищені від перезаряду. Середньострокові прогнози та прогнози (від 3 днів до 7 днів) необхідні для планування технічного обслуговування вітряних електростанцій, відключення енергоблоків та технічного обслуговування відключень теплових генераторів, а також для планування технічного обслуговування мереж та зберігання енергії. Помилки прогнозу зазвичай збільшуються із збільшенням часового інтервалу.

Прогнозування вітру для виробництва енергії та функціонування енергосистем в основному фокусується на безпосередніх короткочасних годинах до двох днів і середньострокових 2–7 днів. Це пояснюється тим, що у великих ВЕС операції, такі як регулювання, дотримання навантаження, балансування, блокування та планування блоків, здійснюються протягом цих часових рамок. Наука про прогнозування енергії вітру описується як застосування теорій і практик як метеорології, так і кліматологічної специфіки до виробництва вітрової енергії. В розробленій системі використовуватимуться дані із українського гідрометеорологічного центру [13].

Однак загальним висновком є те, що в міру збільшення рівня використання енергії вітру для генерування електроенергії, необхідне додаткове збалансування системи, що дозволить визначити чи не буде надлишковою ця енергія, і навпаки, чи не буде її дефіцит у випадку її необхідності за несприятливих умов. Важливість балансування пов'язана з економічністю існуючої енергосистеми. Тому інструменти прогнозування вітроенергетики є безцінними, оскільки вони дозволяють краще відправляти, планувати та вводити в дію теплові генератори, гідроелектростанції та накопичувачі енергії, а також більш конкурентоспроможну торгівлю на ринку в міру збільшення та зниження енергії вітру. Загалом вони зменшують фінансовий та технічний ризик невизначеності виробництва вітрової енергії для всіх учасників ринку електроенергії.

Характеристики вітрогенератора що визначають його продуктивність.

Характеристики вітрогенератора об'єднані взаємозалежними фізичними величинами. На рисунку 1.2 зображено і відмічено малий вітрогенератор і його характеристики, що впливають на кінцеву продуктивність виробітку електроенергії.

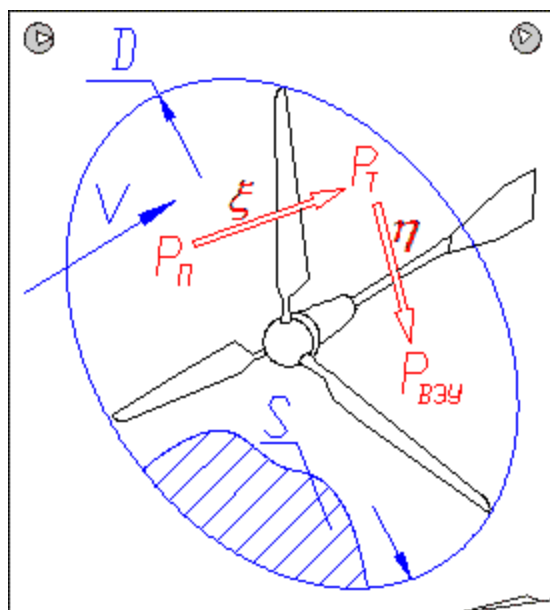


Рисунок 1.2 – Параметри вітрогенератора [14]

Ключові характеристики вітрогенератора:

- Номінальна потужність  $P_{ном}$  [Вт,кВт] – залежність потужності від швидкості вітру, або ж потужність, котру генерує генератор вітроустановки при ключових значеннях швидкості вітру;
- Розрахункова швидкість вітру –  $V_p$  [м/с] найменша швидкість вітру, при якій вітроустановка здатна видавати номінальну потужність;
- Діаметр віротурбіни  $D$  [м]. У випадку спеціальних типів вітрогенератора враховуються величини, з котрих можливо розрахувати площу поверхні, котра прийматиме тиск вітру;
- Генерація електроенергії в місяць  $W_M$  [кВт•год] – значення, що вирахоується із добутку середньої величини швидкості вітру на кількість днів;
- Середня потужність  $P_{ср}$  [кВт] – потужність, значення які варіюється для місцевості в залежності від швидкості вітру, і вказує на виробіток значення добутку якого на кількість годин і днів в місяці буде рівним реальним показникам.
- Потужність вітроустановки визначається за формулою 1.1.

$$P_{ВЕУ} = \eta * P_T \quad (1.1)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії генератора і передаточної коробки (у більшості випадків дорівнює 0.8 – 0.9);

- $P_T$  – потужність турбіни вітрогенератора. Визначається за формулою 1.2.

$$P_T = \xi * P_{п} \quad (1.2)$$

- $\xi$  – коефіцієнт отриманої енергії в вітрового потоку. Повністю відрізняється від коефіцієнту корисної дії. Потужність котру не вталося перевести в енергію обертання лопастей не є втраченою, оскільки вона залишається у потоці вітру. Існує декілька теорій щодо коефіцієнту отриманої

енергії, але їх суть заключається в тому, що при найкращих умовах проектування вітрогенератора, максимальний коефіцієнт вітровикористання дорівнює від 0.59 до 0.68. Не можливо повністю використати всю енергію вітру, адже у такому разі швидкість вітрового потоку після проходження вітрогенератора повинна дорівнювати нулю. На сьогодні, дійсний коефіцієнт вітровикористання вдало спроектованого вітрогенератора рівний 0.4–0.55;

- $P_{\Pi}$  – потужність потку вітру, котрий протікає крізь поверхню вітрової турбіни. Потужність потоку вітру вираховується за формулою 1.3.

$$P_{\Pi} = \frac{\rho * V^3}{2} S \quad (1.3)$$

- $\rho$  – щільність повітря (прийнято вважати рівним 1.225 кг/м<sup>3</sup>);
- $V$  – швидкість вітрового потоку перед проходженням віротурбіни;
- $S$  – обтікаюча площа вітроустановки. Формула площі 1.4.

$$S = \pi * D^2 \frac{2}{4} \quad (1.4)$$

Ці формули дають змогу розрахувати такі ключові параметри як номінальна потужність, діаметр і розрахункова швидкість вітру, котрі є одними з величин, що використовуються для підрахунку вироблення електроенергії. Також потрібно взяти до уваги такі характеристики як очікуване вироблення енергії і середня потужність вітроустановки. Для точного підрахунку цих величин, потрібно мати діаграму розподілу швидкостей вітру на термін, на котрий буде відбуватись прогнозування вироблення електроенергії. Для зіставлення за виробленням електроенергії різних вітрогенераторів один з одним, необхідно спрогнозувати вироблення та порівняти суму виробленої енергії. Більше значення суми вказуватиме на продуктивнішу доцільність використання даного вітрогенератора против вітрогенератора з меншим значенням суми.

Для визначення електроенергії виробленої вітрогенератором за місяць використовуються наступні припущення:

- потужність вітрогенератора при швидкості вітру нижче розрахункової рівна добутку номінальної потужності на куб відношення меншої швидкості до швидкості, для якої взято номінальну потужність, формула 1.5.

$$P = P_{\text{НОМ}} * \frac{v^3}{V_P^3} \quad (1.5)$$

- Для швидкості вітру вище розрахункової, значення потужності беруться відповідно до таблиці номінальних значень для конкретного вітрогенератора, або ж максимальним значенням у випадку обмежень вітрогенератора для максимальної швидкості.

- Розподіл швидкостей вітру (формула 1.6) і їх зміни за певний проміжок часу підкоряється закону Гауса [15].

$$\text{Розподіл} = A * e^{-\pi * A^2 * (V - V_0)^2} \quad (1.6)$$

де  $V_0$  – середня швидкість вітру;  $A$  – параметр [16], змінюється відносно  $V_0$ . Змінні значення параметру  $A$  наведені у таблиці 1.3. Вони розраховані М. М. Поморцевим на базі статистичних даних, для місцевостей середнє значення швидкості вітру на яких близьке до 5 м/с.

Таблиця 1.3 – Значення параметру  $A$ .

$V_0$ , м/с	3	4	5	6
$A$	0.228	0.185	0.165	0.15



Результатом тверджень наведених вище, для розрахунку середньої потужності вітроустановки  $P_{CP}$  у залежності від середньої швидкості вітру та розрахункової швидкості, виведена у формулі 1.7.

$$P_{CP} = \int_0^{\infty} P_{НОМ} * \left(\frac{v}{v_P}\right) * A * e^{-\pi * A^2 (v - v_0)^2} dV \quad (1.6)$$

Використавши цю формулу, можна розрахувати кількість прогнозовано генерування енергії за місяць по формулі 1.7.

$$W_M = P_{CP} * 30 * 24 \quad (1.7)$$

#### **1.4. Особливості геолокації для вітрогенератора.**

Як описувалось вище, на даний момент є безліч різних типів вітрогенераторів і вибір конкретного типу дл конкретної місцевості є важливою задачею для отримання максимально ефективних результатів. Значна частина потрібної інформації є у вільному доступі , а саме характеристики вітрогенераторів, котрі надають їх виробники. На основі цих даних виконується порівняльна характеристиктика вітрогенератора для тої чи іншої місцевості. Виробник вітрогенератора також надає повну інформацію щодо стандартів та норм встановлення вітрогенератора, що не будуть порушувати закони та нищити навколишнє середовище.

Доступна потужність вітру. Вирішення кількості виробленої електроенергії (кВт–год) годин на день необхідно генерувати. Розподіл у цьому плані буває на два типи. У першому типі вітрогенератор встановлюється як додаткове джерело енергії, котра генерується для додаткових потреб підприємства та, або продажу. У такому випадку існують стандарти та обмеження, що не дозволяють встановити великі за потужністю вітрогенератори на певну відстань до населених пунктів. Також у цьому

випадку важливим фактором є щоденне середнє споживання. Воно розраховується на цілий рік із урахуванням сезонних витрат і використань електроенергії. У другому типі, вітрогенератори вибираються для встановлення на ВЕС із розрахунком максимальної можливої генерації електроенергії для даної геолокації.

Для пошуку місця встановлення необхідно використовувати анемометр. Цей пристрій зазвичай встановлюється на стовпі і залишається на місці протягом певної тривалості для визначення середньої швидкості та напрямку вітру. Тривалість часу заміру впливає на об'єм даних що будуть записані. Більший об'єм дає більш репрезентативніший об'єм і глибину даних для аналізу. Більшість експертів рекомендують залишити анемометр принаймні на три місяці для отримання мінімальною картини, але для отримання повноцінного результату і через фактор того що швидкість може змінюватись протягом сезонів, доцільнішим краще залишити його на період в один рік.

Для повного вивчення місцевості встановлюють метеостанцію, являється досить дорогою процедурою. Для досягнення найкращих результатів необхідно встановити місце із середньою швидкістю вітру понад 5 м / с. Місце повинно бути відкритим, щоб уникнути заворотів вітру за генератором що призводять до турбулентності та зменшення швидкості. Розташування на вершині пагорба є ідеальним завдяки тому, як вітер прискорюється над піком.

Залежно від конструкції вітрогенератора, необхідно також враховувати шум що створює вітрогенератор під час своєї роботи. Звучання високого писку звуку є негативним результатом роботи великих вітрогенераторів при більшій швидкості вітру. Зазвичай це відбувається через швидке проходження повітря через кінчики лопаток турбіни. Спеціальні конструкції леза можуть усунути цю проблему взагалі, однак дозволяючи більш–менш безшумну роботу.

Графік потужності є загальним способом для виробників представити розрахункову потужність турбіни для різних швидкостей вітру. Графіки потужності показують передбачуване виробництво електроенергії для турбіни

при заданих швидкостях вітру. Приклад графіку для вітрогенератора ротора Онипко [17] зображено на рисунку 1.3.

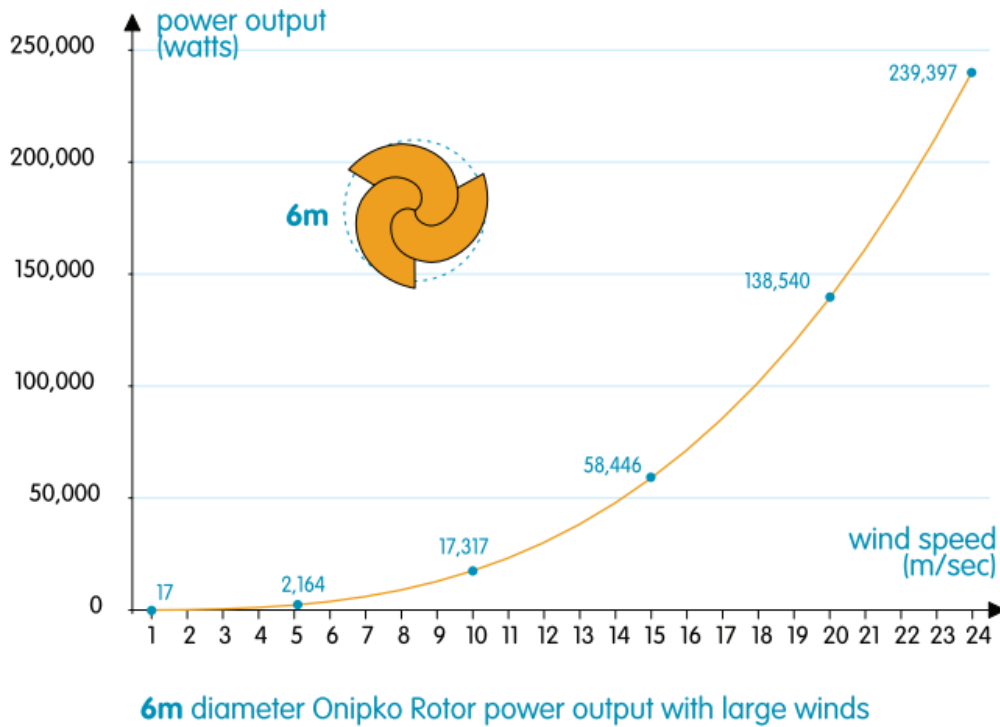


Рисунок 1.3 – Графік залежності потужності від швидкості вітру [17]

Вони також показують швидкість, з якою турбіна буде врзатися та вимикатись, та з якою швидкістю вона буде працювати на своєму піку. Не завжди графіки, надані виробниками турбін, перевіряються незалежно, і після встановлення є можливість виявлення завищення кількості енергії, котру вітряки будуть виробляти при більших швидкостях вітру.

#### Вибір типу турбіни

Після визначення запасу необхідного виробітку кВт–год і визначення запасу доступної енергії є у районі від наявного вітру, визначається якої потужності буде вибрано вітрогенератор для досягнення мети а також можливість досягнення цього результату.

Якщо вибрана територія – широкі відкриті поля, низька вітрова турбулентність і постійний порив, що дме досить постійно, тоді вибір турбіни, яка підходить саме для цієї області, дасть кращі результати, ніж використання тієї ж установки на закритій міській площадці. З тієї ж самої причини, одна і та

ж турбіна не буде настільки придатною в районі з постійно мінливими напрямками вітру і безліччю перешкод, що викликають турбулентність.

Більшість територій України рівнинного типу і отримують багато сонця, і з цієї причини (а також з—за того, що вони потребують менше обслуговування), сонячні панелі, як правило, є набагато більш популярним та життєздатним вибором відновлюваної енергії за останнє п'ятиріччя в Австралії – особливо для невеликих побутових установ та в забудованих територіях.

Енергія вітру майже завжди є більш ефективнішою для перетворення у електроенергію у відкритій сільській місцевості, ніж у міській, де будівлі перенаправляють вітер і забезпечують притулок. У містах вітроенергія може бути доцільною для використання в прибережних регіонах або на вершинах висотних будівель, де вітер найсильніший. Сільські особливості геолокації, як правило, мають менше перешкод для вітру, масивних перешкод котрі після протікання вітру викликають турбулентність.

Місця де встановлені вітрові турбіни, як правило, це території віддалені від населених пунктів в гірських та сільськогосподарських районах у південній та прибережній частинах України, де умови ідеальні для вітру. Через це на Українському ринку домінують вітрові турбіни з горизонтальною віссю (HAWT). На даний момент вітрогенератори з вертикальною віссю (VAWT) постійно розробляються та вдосконалюються, і вони набагато більше підходять для кріплення на даху. Їх розвиток дозволить збільшити кількість моделей вітрогенераторів що використовуються біля, або на житлових об'єктах.

### **1.5. Вплив висоти на прогнозування генерації електроенергії**

Встановлення вітряної турбіни на найкращій висоті може суттєво змінити кількість енергії, яку вдасться згенерувати, і в меншій мірі на те, скільки технічного обслуговування їй знадобиться. У більшості випадків потрібно підібрати таку висоту, щоб турбіна була якомога вище і якомога в найменшому

протіканні турбулентних вітрів, щоб підтримувати стабільний, стабільний потік потужності.

На рисунку 1.4 зображено розрахунок відстані до вітрогенератора від перешкоди на шляху вітру.



Рисунок 1.4 – Вибір розташування вітрогенератора.

Пагорби, дерева, будівлі та інші перешкоди впливають на швидкість вітру у відповідному місці. Також до уваги потрібно взяти явище "зсуву вітру" [18] будь-якої вітроустановки, меншої за 30 м. Явище зсуву вітру виконує закономірність того що, чим ближче потік вітру він знаходиться до землі, тим вітер рухається повільніше. Це явище використовується для зворотнього ефекту, визначення швидкості вітру на висоті  $h_1$  при наявності значення вітру на нижчій висоті  $h$ , а також при використанні даних із інтернет сервісів карт швидкосте вітру для геолокації.

Інженери вітроенергетики моделюють зсув вітру, використовуючи одну з двох математичних моделей, логарифмічна формула або формула закону потужності [19].

Логарифмічна формула передбачає, що швидкість вітру пропорційна логарифму висоти над землею. Отже, наступне рівняння дає відношення швидкості вітру на висоті для якої вираховується швидкість вітру до швидкості на висоті анемометра:

$$\frac{V_{\text{шук.}}}{V_{\text{анем.}}} = \frac{\ln(h_{\text{шук.}}/Z_0)}{\ln(h_{\text{анем.}}/Z_0)} \quad (1.8)$$

де:  $V_{\text{шук}}$  – швидкість вітру на висоті вежі вітрової турбіни [м / с].

$V_{\text{анем}}$  – швидкість вітру на висоті анемометра [м / с].

$h_{\text{шук}}$  – висота на якій визначається швидкість вітру.

$h_{\text{анем}}$  – висота заміру швидкості анемометром.

$Z_0$  – значення шорсткості поверхні.

Значення шорсткості поверхні – параметр, що характеризує шорсткість навколишнього рельєфу. У таблиці 1.4 нижче наведені репрезентативні довжини шорсткості поверхні.

Таблиця 1.4 – Значення шорсткості поверхні [20].

Опис поверхні	$z_0$
Дуже гладка, ожеледиця або бруд	0.00001 m
Спокійне відкрите море	0.0002 m
Хвилі у морі	0.0005 m
Снігова поверхня	0.003 m
Газонна трава	0.008 m
Грубе пасовище	0.010 m
Неоране поле	0.03 m
Посіви, поля із зерновими	0.05 m
Декілька дерев	0.10 m
Багато дерев, декілька будівель	0.25 m
Лісова місцевість	0.5 m
Передмістя	1.5 m
Центр міста, високі будівлі	3.0 m

Формула закону потужності передбачає, що відношення швидкості вітру на різній висоті задається рівнянням 1.9.

$$\frac{V_{\text{шук.}}}{V_{\text{анем.}}} = \left( \frac{h_{\text{шук.}}}{h_{\text{анем.}}} \right)^\alpha \quad (1.9)$$

де:  $V_{\text{шук}}$  – швидкість вітру на висоті вежі вітрової турбіни [м / с].

$V_{\text{анем}}$  – швидкість вітру на висоті анемометра [м / с].

$h_{\text{шук}}$  – висота на якій визначається швидкість вітру.

$h_{\text{анем}}$  – висота заміру швидкості анемометром.

$\alpha$  – показник степенного закону.

Показник степенного закону є безрозмірним параметром. Основоположні дослідження з механіки рідини показали, що його значення дорівнює  $1/7$  для турбулентного потоку над плоскою пластиною. Дослідники швидкості вітру виявили, що на практиці показник степенного закону залежить від нерівності місцевості, стійкості атмосфери та ряду інших факторів.

Дана інформація забезпечує можливість оптимального вибору висоти, та визначення характеристик що впливають на генерацію електроенергії вітрогенератором.

## **1.6. Інтернет ресурси для вибору оптимальної геолокації**

Хоча більша частина енергії вітру надходить від турбін що розташовані у прибережній зоні, в останні п'ять років з'являються проекти розташування котрих знаходиться суто на морі. Інша проблема вітрогенераторів полягає в тому, що вони становлять небезпеку для птахів і кажанів, щорічно гинуть сотні тисяч, через зіткнення із лопастями вітрогенераторів. Також коливання, спричинені обертанням лопастей вітрогенератора, створюють шум, що є негативним фактором як для людини, так і для природи. Його наслідками є втрата середовища проживання для тварин.

Для вибору геолокації розташування вітрогенератора, сьогодні можна скористатись онлайн сервісами карт вітрів світу, котрі в режимі онлайн надають можливість перегляду даних швидкості вітру на певній території. Приклад швидкостей вітру із онлайн сервісу Windy [21], станом на перше листопада на території Тернопільської області, зображено на рисунку 1.5.

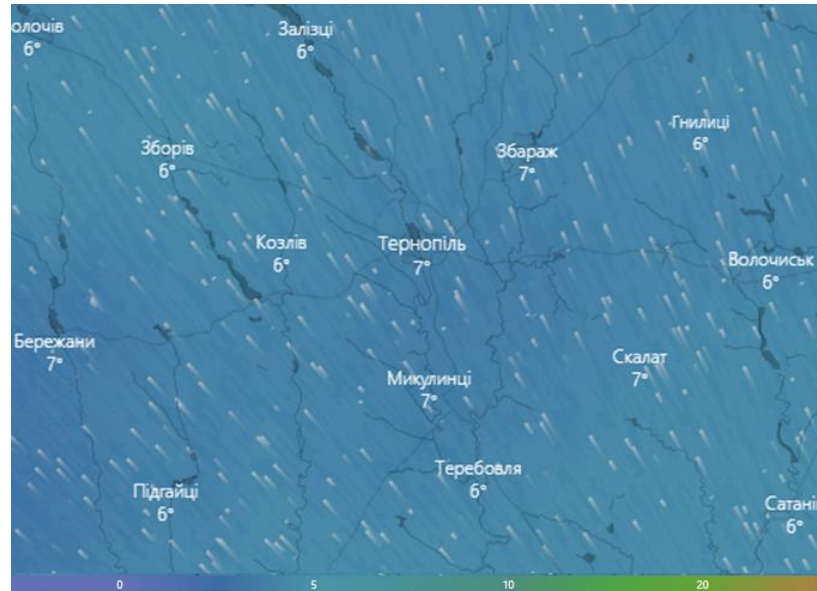


Рисунок 1.5 – Карта вітрів Тернопільської області [21]

Дані є найважливішими при виборі геолокації для встановлення вітрогенератора. Аналогом онлайн сервісу Windy є сервіс Earth Nullschool [23]. Окрім швидкостей вітру, ці сервіси надають таку інформацію:

- Погоду;
- Температуру;
- Вологість;
- Висота хвиль;
- Океанічні течії;
- Забруднення;
- Насиченість вуглекислого газу в повітрі;
- Маса пилу в повітрі;
- Карта тиску відповідно до висоти;
- Результати на основі даних із супутників;
- Результати на основі даних із метеостанцій;
- Комбіновані результати.

Відмінність між ними полягає такої в можливостях що демонструються в сервісі, а також що в Windy зображено геополітичний поділ, та можливість отримання погодних даних на конкретну геолокацію. Також є важливою є



можливість зміни висоти заміру швидкості. Приклад для цієї ж геолокації з висотою на якій встановлюються великі вітрогенератори показаний на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Карта вітрів Тернопільської області [22]

На основі даних отриманих у порівнянні цих сервісів можна сказати що сервіс Earth Nullschool є менш інформативним.

В обох сервісах є можливість встановлення собі на сайт, але відсутня можливість для отримання звітів щодо даних за проміжки часу.

### **1.7. Причини вибору теми для роботи**

У зв'язку із стрімким розвитком відновлювальної енергетики в Україні та сприятливого економічного клімату спрямованого на заохочення генерації електроенергії відновлюваною енергетикою, і із ростом попиту продажу елементів ВЕС, питання ціни аналізу пошуку геолокації для встановлення вітрогенератора все ще залишається дорогим і часо–затратним.

Другою і важливою проблемою, що виникла в процесі формування генеруючих ресурсів ВЕС і їх обслуговування є вимога постанови документу Верховної ради України «Про ринок електричної енергії» [23], в котрій йдеться, що Згідно з законом, кожен учасник ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку, зобов'язаний реєструвати обсяги електроенергії, які він продаватиме вже з різницею спожитої, або ж споживатиме за правилами цих ринків. За невідповідність між поданими і реальними даними будуть накладатись штрафи.

З 01.01.2021 року прогнозування виробітку сонячної та вітрової енергії на добу наперед стане обов'язковим для усіх учасників енергетичного ринку – це закріплено. Правильність інформації гарантує оптимальну інтеграцію джерел відновлюваної електроенергії у загальну енергосистему країни.

## **Висновки до розділу 1**

В даному розділі було проаналізовано будову вітроустановки, розглянуто і описано типи існуючих вітрогенераторів. Розглянуто поділ ціни вітрогенератора на відсоткові частини цін компонентів. Проведено аналіз ключових характеристик вітрогенератора, що використовуються для обчислення генерованої потужності. Проведено пошук існуючих формул для вирахування прогнозу генерації електроенергії на місяць. Проаналізовано та описано основні умови геолокації, котрі впливають на підбір вітрогенератора, для доцільного виконання поставлених вимог генерації електроенергії перед підбором вітрогенератора. Також не менш важливою частиною, описано вплив розміщення на певній висоті і залежність від навколишнього оточення до генерованої електроенергії. На основі сказаного вище – в розділі проведено повний аналіз питань для розгляду перед вибором вітроустановки та її локації.

Також розглянуто проблеми, знаходження рішення котрих, або ж його розв'язання були покладені у дану роботу.

## 2. МЕТОДИ ТА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ

### 2.1 Методи прогнозу генерування електроенергії вітрогенератором

Ефективне планування виробництва енергії є важливою функцією енергетичних компаній, особливо в області прогнозування. Прогнозування енергії вітру є дуже важливим як для електромереж, так і для ринку електроенергії. У зв'язку з розвитком економічного механізму в Україні, спрямованого на заохочення генерації електроенергії відновлювальними джерелами енергії, попит їх встановлення збільшується. Для господарств різних розмірів, у процесі вибору вітрогенератора для локального встановлення постає питання підрахунку майбутньої згенерованої електроенергії та час окупності даної установки а також доцільність її встановлення. Відповіді на ці питання можна отримати спрогнозувавши генерацію електроенергії вітрогенератором. Моделі прогнозування генерації базуються на моделях прогнозування енергії вітру.

Існують різні методи прогнозування потужності вітру. Ці методи класифікуються за часовими шкалами та за різними методологіями, доступними в літературі [24–26].

Часові шкали та методи прогнозування енергії або енергії вітру, поєднуючи літературу, можна розділити на три категорії:

- Ультракороткий прогноз: від кількох хвилин до 1 години вперед;
- Середньостроковий прогноз: від кількох годин до тижня вперед;
- Довгостроковий прогноз: від тижня до року або більше вперед.

Усі ці методи успішно розвинулись в часи минулого століття і до тепер, з вимогами прогнозу погоди для фермерства, авіаційних транспортних сполучень, наземних транспортних сполучень, подорожуючих в морі і для загальних потреб пересічних громадян. Також ці методи можна використати і використовуються для прогнозування виробітку електроенергії вітрогенератором.

У таблиці 2.1 наведено порівняння характеристик цих методів

Таблиця 2.1 – Характеристики методів прогнозу сили вітру.

Часова шкала	Діапазон	Програми
Ультракороткий прогноз	Година наперед	Операції сітки в режимі реального часу; Постійне і регулярне обчислення із врахуванням нових змін.
Середньостроковий прогноз	День наперед	Планування економічного диспетчерського навантаження ; Робота з вагомими і обґрунтованими рішеннями, з менш декомпозиційними даними; – Рішення впливають на безпека ринку електроенергії та енергоносіїв.
Довгостроковий прогноз	Наперед на декілька днів	Відповідають за планування технічного обслуговування; Вибір стратегій операцій роботи генераторів; Найменш затратні по обчисленню.

Методи прогнозування вітру також можна класифікувати на основі їх методології на дві категорії:

- Фізичний підхід (детермінований підхід)

Фізичний метод або детермінований метод базується на обрахунку даних із нижчих шарів атмосфери або числовому прогнозі погоди NWP [28] з використанням даних прогнозу погоди, таких як температура, тиск, шорсткість поверхні та перешкоди. Загалом, швидкість вітру, отримана від місцевої метеорологічної служби та трансформована до вітрових турбін на вітровій

електростанції перетворюється на енергію вітру, з якої вже можна підрахувати згенеровану електроенергію [27].

- Статистичний підхід

Статистичний метод базується на величезній кількості історичних даних без урахування метеорологічних умов. Зазвичай для їхньої роботи залучається штучний інтелект, нейронні мережі, і дані часових періодів для серійного аналізу [29].

Також на основі цих двох методів були розроблені гібриди. Гібридні методи поєднують фізичні методи та статистичні методи, зокрема використовують прогнози погоди та аналіз часових рядів.

## 2.2 Математичні моделі прогнозування вітру

Моделі прогнозування вітру можна класифікувати на такі ж три категорії як і методи прогнозу швидкості вітру:

- Фізичні моделі;
- Статистичні та обчислювальна модель;
- Гібридна моделі.

Підхід штучного інтелекту належить до статистичного підходу. Суть підходу штучного інтелекту полягає у встановленні взаємозв'язку між вхідними і вихідними даними методами штучного інтелекту, а не використанням аналітичного методу. Модель, описана у цій формі, зазвичай є нелінійною моделлю. Багато методів штучного інтелекту кращі за звичайні і мають хорошу перспективу розвитку [30].

Статистичні моделі прості у використанні та дешевші у розробці порівняно з іншими моделями. В основному, статистичні методи використовують попередню історію даних вітру для виконання прогнозу на найближчі кілька годин, вони корисні для коротких періодів часу. Недоліком цього методу є те, що помилка прогнозування збільшується із збільшенням

прогнозування часу, тобто статистичні часові ряди та методи нейронних мереж в першу чергу призначені для короткострокових прогнозів.

Під класифікацію цього підходу можна визначити як: моделі, засновані на часових рядах та методи, засновані на нейронних мережах. Ці методи прогнозування, як правило, використовуються для малих горизонтів прогнозу (мезомасштаб), оскільки в цих горизонтах методом навчання знаходиться кореляція швидкості вітрів, а отже, і генерація. До статистичних моделей, які найбільш розповсюджуються дослідниками, належать: авторегресивна (AR), авторегресивна ковзна середня (ARMA) та авторегресивна інтегрована ковзна середня [31].

Перевага, використання з іншими методами, що забезпечують порівняння недорогих моделей статистичного прогнозування, які не потребують будь-яких даних, крім історичних даних про генерування вітрової енергії. Однак, точність прогнозування для цих моделей значно падає, коли розширюється час для прогнозування та дані для проміжок даних для аналізу.

У роботі [32] представлений новий статистичний метод, заснований на моделі AR та аналізі незалежних компонентів. На основі отриманих результатів запропонований метод, очевидно, дає більшу точність порівняно з прямими прогнозами.

Зазвичай поєднання різних підходів, таких як фізичний та статистичний підходи, моделі, що поєднують коротко- та середньострокові та називають змішаними або гібридними моделями. Згідно з [33], мета гібридних моделей полягає у тому, щоб скористатися перевагами кожної моделі та отримати оптимальні загальні прогнозні показники. Оскільки інформація, що міститься в індивідуальному методі прогнозування, обмежена, гібридний метод може максимізувати доступну інформацію, інтегрувати інформацію з окремих моделей та найкращим чином використовувати переваги різних методів прогнозування, тим самим покращуючи точність прогнозування.

Для прогнозування потужності вітру використовували багато типів гібридних моделей. Типи комбінацій можуть бути:

- Поєднання фізичного та статистичного підходів;
- Поєднання моделей на короткий та середній термін;
- Поєднання альтернативних статистичних моделей;
- Поєднання альтернативних моделей штучного інтелекту.

У коротких за часом прогнозах майже завжди використовуються змішані моделі для коригування результатів, знайдених за допомогою моделей числового прогнозу погоди.

#### Моделі ультракороткого прогнозу

Моделі негайного короткострокового прогнозування, як правило, базуються на статистичних підходах, особливо ANN, через трудомісткість експлуатації NWP [34].

Як один з яскравих прикладів для негайного короткострокового прогнозування вітру, є модель WPMS, що була модифікована для роботи в середовищі ICT різних мережевих операторів та обслуговуючого персоналу великих вітрових парків [35].

WPMS використовував штучні нейронні мережі (ANN), які навчені великою кількістю історичних даних у вітряній фермі. Вхідні дані, вихідні дані, виміряні у вітряній електростанції, та прогнозовані метеорологічні параметри були перетворені препроцесором у формат XML та передані до ядра програми, що складається з модулів прогнозування та модулів перетворення. Ядро по черзі проводять такі розрахунки:

- Визначення поточної подачі енергії вітру для всієї зони регулювання контролю та для будь-якої області мережі та часткових областей.
- Складання прогнозів притоку енергії вітру на наступний день для зони контролю за правилами та для мережевих регіонів на основі прогнозованих метеорологічних параметрів.
- Розрахунок негайної короткотермінової подачі енергії вітру протягом інтервалу 1–8 годин для зони контролю та часткових областей, на основі метеорологічних параметрів та виміряних даних про потужність.

Існуючі моделі та інформаційні системи розроблені на їх основі, їх розробники із вказаними періодами прогнозування та методами, що лежать в їх основі подані в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Існуючі моделі та ІС.

Модель/ІС	Розробник	Обсяг прогнозування в часі	Метод
WPMS	ISET, Germany	Ультракоткий прогноз	Статистичний підхід
WPPT	IMM & DTU	Середньостроковий прогноз	Статистичний підхід
Prediktor	Risø	Середньостроковий прогноз	Фізичний підхід
Zephyr	Risø & IMM	Середньостроковий прогноз	Статистичний і фізичний підхід
WPFS Ver1.0	Chinese Electric Power Science Institute	Середньостроковий прогноз	Статистичний і фізичний підхід
ANEMOS	26 partners from 7 countries	Ультракоткий прогноз; Середньостроковий прогноз	Статистичний і фізичний підхід
ARMINES (AWPPS)	European Commission	Ультракоткий прогноз; Середньостроковий прогноз	Статистичний і фізичний підхід
Ewind	AWS Truewind	Середньостроковий прогноз	Статистичний і фізичний підхід
Sipreolico	University Carlos III & Red Eléctrica de España	Середньостроковий прогноз	•Статистичний підхід
Previento	Oldenburg University	Довгостроковий прогноз	Статистичний і фізичний підхід
LocalPred & RegioPred	CENER	Довгостроковий прогноз	Статистичний і фізичний підхід
WEPROG	UCC	Довгостроковий прогноз	Статистичний і фізичний підхід



Моделі середньострокового прогнозу .Для прогнозування вітроенергетики для короткострокового прогнозування було розроблено кілька інструментів, таких як WPPT, Predictor, Zephyr, Ewind, WPFS Ver1.0, AWPPS. Ці моделі були впроваджені в ряді тематичних досліджень в Іспанії, Німеччині, Данії, Ірландії, Греції та Франції [36].

Класичною моделлю, яка широко застосовується для цього часового масштабу, є Інструмент прогнозування енергії вітру (WPPT). Він може бути використаний для формування короткотермінових, до 120 годин, фактично 36 годин, прогнозів виробництва вітроенергії. Система дуже гнучка, оскільки може давати значення прогнозування як загальне охоплення не тільки окремої вітрової електростанції, але й регіону як морська вітроелектростанція HornsRev. Система також забезпечує надійні оцінки невизначеності інструментів, що дуже важливо для оптимального планування або торгівлі. WPPT базується на вдосконалених нелінійних статистичних моделях. Набір моделей включає напівпараметричну модель кривої потужності для вітроелектростанцій з урахуванням швидкості та напрямку вітру, а також моделі динамічного прогнозування, що описують динаміку потужності вітру та будь-які денні коливання.

Моделі самокалібруються та самоадаптуються. В результаті вони автоматично регулюють параметри відповідно до змін кількості турбін та їх характеристик, оточення, моделей NWP та неявних характеристик моделей, таких як шорсткість, брудність поверхонь лопастей.

WPPT на основі штучного інтелекту може автоматично калібруватись до спостережуваної ситуації. За мінімальних налаштувань система вимагає онлайн-вимірювань потужності вітру. Однак, залежно від конфігурації, враховуються такі дані:

- Система бере дані в режимі реального часу датчиків вимірювання швидкості вітрів для аналізу;
- враховуються агреговані показники енергії із усіх вітрогенераторів, або з частково усіх доступних турбін в регіоні;

- Беруться для аналізу метеорологічні прогнози швидкості та напрямку вітру, що охоплюють вітрові електростанції та регіони;
- Передбачені інші доступні вимірювання або передбачення, такі як місцева швидкість вітру, стабільність, кількість активних вітрогенераторів.

Іншим важливим інструментом є Prediktor, розроблений програмою метеорологічних досліджень (MET). Однак, на відміну від WPPT, основна ідея Prediktor полягає в спробі якомога більше моделювати за допомогою фізичних моделей. Система забезпечує очікуване виробництво вітрових електростанцій, як правило, до 48 годин кожні 6 годин. Все, що йому потрібно, – це он-лайн доступ до вихідних даних із моделі NWP. Основними кроками є наступні: загальні моделі погоди прогнозуються за моделлю NWP. Така модель може передбачати лише загальний вітер і отримувати дійсні прогнози в конкретному місці. І тоді ці прогнози пристосовуються як необхідні. Це виготовлення на замовлення здійснюється за допомогою моделі WAsP, яка моделює місцеві впливи, включаючи вплив шорсткості, геолокаційних особливостей хребтів та пагорбів, та перешкоди разом із впливом вітрових турбін одна на одну.

Оскільки жодна модель не може ідеально імітувати природу, для виправлення недоліків у програмі Prediktor використовуються два фільтри MOS (статистика виведення моделі). Спостережувана потужність вітру використовується для регулювання параметрів цих фільтрів. Кінцевим результатом роботи моделі є очікуване виробництво вітроелектростанції кожні 3 години протягом наступних 48 годин. Крім того, Prediktor прогнозує або найближчим часом прогнозує до 50 вітрових електростанцій в Ірландії, Північній Ірландії, Данії, Німеччині, Франції та Іспанії.

#### Моделі довгострокового прогнозу

Було проведено кілька досліджень щодо підходів до довгострокового прогнозування вітру. Інструментів прогнозування для масштабів такого об'єму часу не є багато. Через тривалий термін прогнозування наперед, прості моделі більше не можуть відповідати цим вимогам, тому розглядається використання NWP або гібридних моделей NWP.

Сучасні засоби прогнозування енергії вітру забезпечують прогнози на часовий горизонт до декількох днів заздалегідь і, як правило, базуються на NWP. Іншими словами, вся інформація про майбутню еволюцію прогнозування вітру надається NWP. Національні метеорологічні служби або приватні постачальники метеорологічних даних пропонують широкий спектр різних даних, які підходять для прогнозування швидкості вітру та потужності вітру.

Моделі Previento та Prediktor подібні між собою, але перша використовує більш суворе фізичне зменшення масштабу та спеціалізоване масштабування. Вона забезпечує надійний прогноз очікуваної потужності вітру для будь-яких місць та регіонів Німеччини, Європи та де завгодно по всьому світу до 10 днів заздалегідь та з часовою роздільною здатністю до 15 хвилин. Прогнозування потужності вітру базується на оптимальній комбінації різних погодних моделей, беручи до уваги місцеві умови оточення вітроелектростанції, а також NWP.

Система Previento базується на фізичному підході із залученням широкомасштабної моделі прогнозування погоди, такої як Lokalmodell, що являє собою німецьку службу погоди. Вона моделює поверхню геолокації з урахуванням нерівності, орографії та ефектів розмивання. Важливим для розрахунку швидкості вітру на висоті вітрогенератора є щоденне варіювання теплової стратифікації атмосфери, що являє собою зміну і розподіл температури відносно висоти над поверхнею, яка використовується для зміни логарифмічного профілю. Використовуючи питому характеристику потужності турбіни, розраховується очікувана вихідна потужність для окремих ділянок. Загальна електроенергія, вироблена вітром у певному регіоні, розраховується на основі вибраних вітроелектростанцій.

#### Моделі гібридного прогнозу

Універсальним є інструмент для виконання передбачувальних функцій у кожному аспекті. ANEMOS – це гібридний інструмент прогнозування вітру, що враховує різні часові межі. У рамках проекту акцент робиться на розробці інтеграційних метеорологічних прогнозів із високою роздільною здатністю та

відповідних моделей прогнозування для морських вітрів. Для морських випадків буде розглядатися морська метеорологія, а також інформація за допомогою супутникових радіолокаційних знімків.

Крім того, для того, щоб оцінити переваги прогнозування в моделях ринку електроенергії Nord Pool, проект WILMAR за підтримки Європейської Комісії розробив ринкову модель для моделювання прогнозування вітроенергетики. Мета цього проекту – розробити точні моделі, які значно перевершують фактичний сучасний рівень прогнозування наземних та морських вітрових ресурсів за допомогою передових фізичних, статистичних та комбінованих підходів.

Проект розроблений з дев'ятьма робочими модулями, які відповідають технічним цілям, як показано нижче:

- Необхідність збору та оцінки даних;
- Оцінка роботи в режимі он–лайн;
- Офлайн оцінка моделей прогнозування;
- Морське прогнозування;
- Розробка фізичних методів;
- Розробка статистичних методів;
- Розробка платформи прогнозування ANEMOS;
- Installation Встановлення платформи для роботи в режимі онлайн;
- Загальне розповсюдження та оцінка.

Ця система буде встановлена кількома комунальними службами для роботи в режимі он–лайн на прибережних та морських вітряних електростанціях для національного прогнозування вітру. Області застосування характеризуються різними рельєфами та кліматом, що оточують вітрові електростанції. Електронна робота комунальних підприємств дозволить перевірити моделі та проаналізувати, як прогнози можуть сприяти конкурентній інтеграції вітроенергетики на ринку електроенергії, що розвивається.

### 2.3 Точність результатів та джерело помилок розрахунків

Для узагальнення, тільки точні та надійні моделі прогнозування вітру визнаються головним внеском для збільшення поширення використання сили вітру в якості відновлювальних джерел енергії що використовуються для генерації електроенергії, оскільки їх використовують для вибору місця локації майбутніх ВЕС та їх технічних характеристик. Зазвичай моделі оцінюють із використанням середньої похибки, абсолютної похибки величини MAE [38], середнє квадратичне відхилення MSE [39], середньоквадратичної помилки RMSE [40], гістограм розподілу частоти помилки, коефіцієнта кореляції, R, середньої абсолютної похибки у відсотках MAPE [41] та коефіцієнт детермінації.

Доведено, що помилка результату прогнозу буде збільшуватися із збільшенням часового розміру. Однак деякі інструменти покращили точність завдяки збільшенню кількості вхіднихданих та кількості додаткових умов вибору. Наприклад, як одна з найбільш зрілих комерційних моделей для негайного короткострокового прогнозування, WPMS продемонструвала показники з RMSE 7% –19%. AWPPS було успішно адаптовано та затверджено для більш ніж 35 берегових та морських вітроелектростанцій в тиках країнах як Данія, Німеччина, Греція, Ірландія, Португалія, Іспанія та Великобританії, розташовані в різних типах місцевості від рівнин до усладненої географічної обстановки.

Ефективність прогнозування одиничної вітроелектростанції коливається між 2–5% від номінальної потужності вітроелектростанції для прогнозів на годину вперед та 10–15% на 48 годин вперед. Ефективність регіонального прогнозування становить 8–10% на 24 години вперед.

Безліч факторів може впливати на прогнозований результат у різних аспектах:

- Перетворення отриманої інформації про погоду прогноз потужності вітрової турбіни є ключовою проблемою прогнозування вітру, тоді як майже 80% похибки можна пояснити помилками під час розрахунку NWP.
- Стохастичні моделі на основі режиму просторово–часових поправок пояснюють більше 20% помилок для прогнозу на 2 години.
- Великі помилки прогнозування зумовлені фазовими помилками в прогнозах метеорологічних досліджень, що використовуються як вхідні дані для такого інструменту, як WPPT.
- Оскільки використання великої площі для прогнозування чисельно занадто дороге, лише значні моделі здатні розрізнити море та сушу і можуть регулювати геологічний масштаб для прогнозу.

Ці рекомендовані заходи вживаються для зменшення помилок прогнозування: використовуючи комбінацію різних моделей NWP, таких як ANEMOS, коротші горизонти прогнозування призводять до зменшення помилок прогнозу та збільшують просторовий розподіл у більшому географічному регіоні. Очікується зменшення помилок у випадку дані з вітроелектростанцій комплексно використовуватимуться для прогнозування вітру.

## 2.4 Доповнена математична модель для ІС

Для інформаційної системи прогнозу генерації електроенергії вітрогенератором, була використана фізична математична модель для розрахування генерованої електричної енергії із вхідними даними швидкості вітру для конкретної геолокації. Прогнозування відбувається для наперед вибраного вітрогенератора, на основі його графіка залежності потужності від швидкості вітру, а також на не перед визначеній геолокації, для якої взяті дані записів швидкостей вітру. На рисунку 2.1 наведено приклад розрахунку прогнозу виробітку електроенергії, на основі даних погоди на 11 вересня 2020 у місті Київ для ротора Онипко.

Розрахунок проводився 10 вересня з використанням прогнозованих даних про погоду із інформаційного порталу Meteo ua [42].

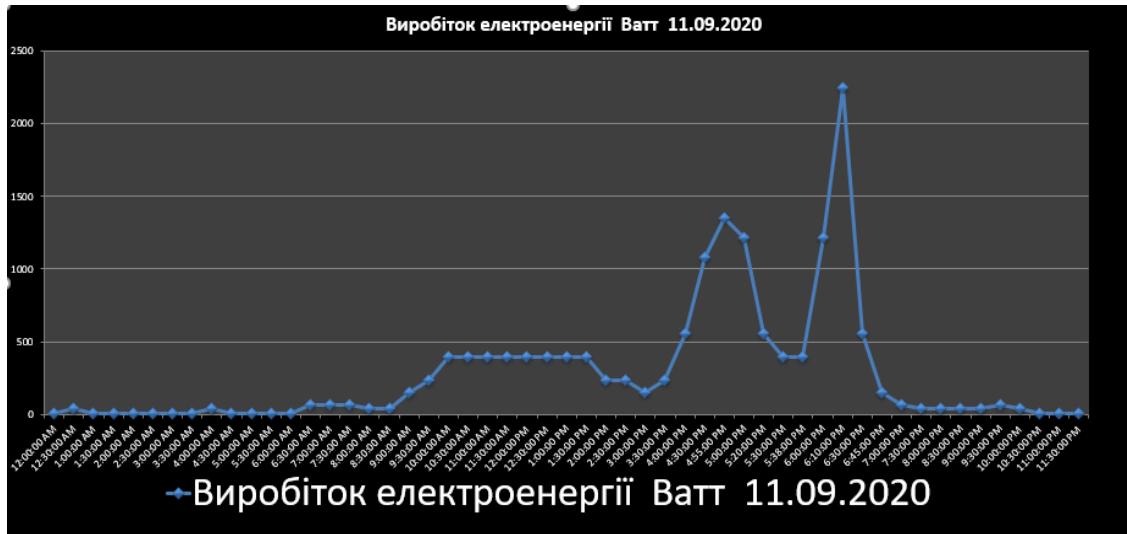


Рисунок 2.1 – Прогноз виробітку на 11 вересня.

На основі даних швидкості вітру, вироблена потужність за день  $P$ , за формулою 2.1, вираховувалась через добуток середнього арифметичного швидкостей вітру на початок і кінець години на номінальну потужність вітрогенератора Онипко. Дана прогнозована вироблена потужність склала 14.9 Кват та була розрахована для висоти встановлення що дорівнює висоті розташування метеорологічних станцій над землею.

$$P_{\text{генерована}} = \sum \left( \frac{v+v_1}{2} \right) * P_{\text{ном}} \quad (2.1)$$

Для розрахунку на висоті відмінній від висоти метеорологічних станцій необхідно додатково застосувати формулу 1.9.

## 2.5 Доповнений метод для ІС

Метод прогнозування полягає в тому, що так само як і існує можливість розрахувати прогнозовану генерацію електроенергії на майбутнє, також існує

можливість розрахувати невикористаний потенціал за минулі дні, місяці, роки з використанням архіву даних погоди. Із цього в випадку порівняння і знаходження середнього значення цих даних – утвориться крива на графіку, що дозволить прогнозувати у довгостроковому плані майбутній виробіток та прогноз часу окупності собівартості.

Для вибору джерела даних були розглянуті безліч інформаційних систем мережі Інтернет як платних і безкоштовних, так із різними об'ємами надаваної інформації. Вибір для території України залишився на порталі Meteo ua, дані котрого є безкоштовними для перегляду.

Для аналізу була вибрана дата 11 вересня, але 2019 року. Взявши дані про погоду за минулий рік, на їх основі було складено прогноз нереалізованого виробітку електроенергії що поданий на рисунку 2.2. Загальна кількість склала 11,3 Кват.



Рисунок 2.2 – Прогноз нереалізованого виробітку на минулий рік.

Так отримавши значення за минулий рік на цей же день, у випадку їх порівняння, та побудови графіку середнього для даних значень – отримаємо прогнозований графік виробітку для цього ж дня і на наступні роки. Приклад порівняння значень виконано і приведено на рисунку 2.3.



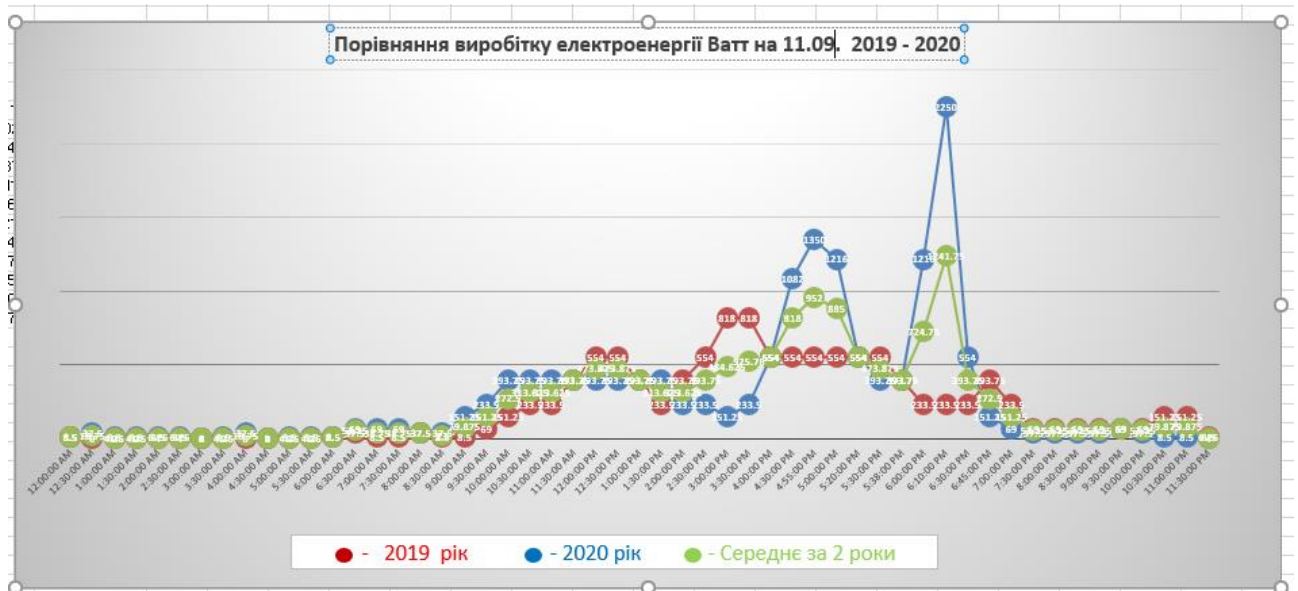


Рисунок 2.3 – Порівняння років.

Хоча є велика ймовірність не отримати таких же значень і на наступні роки через різницю у погоді, але це дозволить точніше оцінити у довгостроковому періоді очікуваних значень під час появи питання щодо рішення встановлення вітрогенератора.

Відповідь на питання може дати результат у вигляді порівняння періодом з рік. З підрахунком ціни проданої згенерованої електроенергії, можна отримати приблизне значення часу, коли виробіток перевищить собівартість, і рентабельність даної інвестиції в встановлення вітрогенератора.

## 2.6 Побудова вимог інформаційної системи у UML діаграмах.

Перед початком створення інформаційної системи, необхідно виконати опис ключових функціональних характеристик, для обмеження і чіткого вираження функціоналу що необхідно реалізувати. На основі розглянутої інформації у підрозділах розділу 2 описано особливості виконання обчислень у інформаційній системі.

Для створення діаграм я вибрав середовище Rational Rose. Дане середовище має зрозумілий інтерфейс, а його функціональні можливості давно

себе зарекомендували, як надійний програмний продукт для системного аналізу та опису технічних вимог програмних продуктів.

У діаграмі компонентів використання ключовим актором буде тільки користувач системи.

У користувача системи є безліч варіант використання, це робота вітрянками в системі для їх вибору, вибір місця геолокації, вибір висоти над землею розташування вітрогенератора, перегляд прогнозованого результату генерації.

Приклад частини створеної діаграми варіантів використання для ролі адміністратора показано на рисунку 2.4.

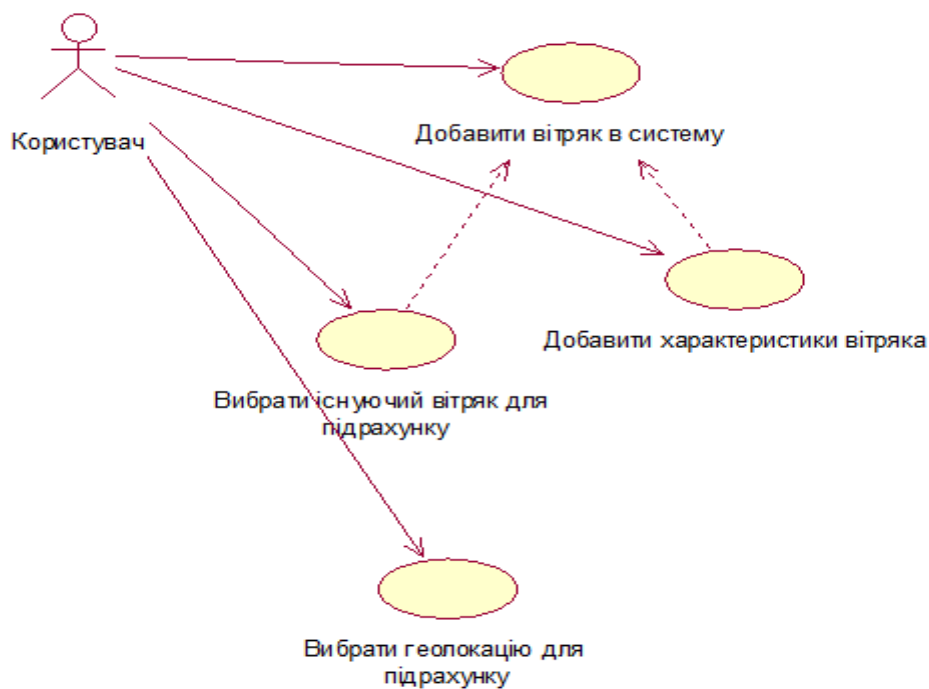


Рисунок 2.4 – Приклад дій користувача.

Розроблена діаграма повністю подана у додатку Б.

Наступним кроком була розроблена діаграма класів. Оскільки проект є досить великим, і опис та створення усіх його класів в uml діаграмах виконується аналогічно, для прикладу наведено і створено набір класів, що реалізують побудову інтерфейсу з використанням бібліотеки react.

На рисунку 2.5 зображено клас Tabs, його методи та атрибути.

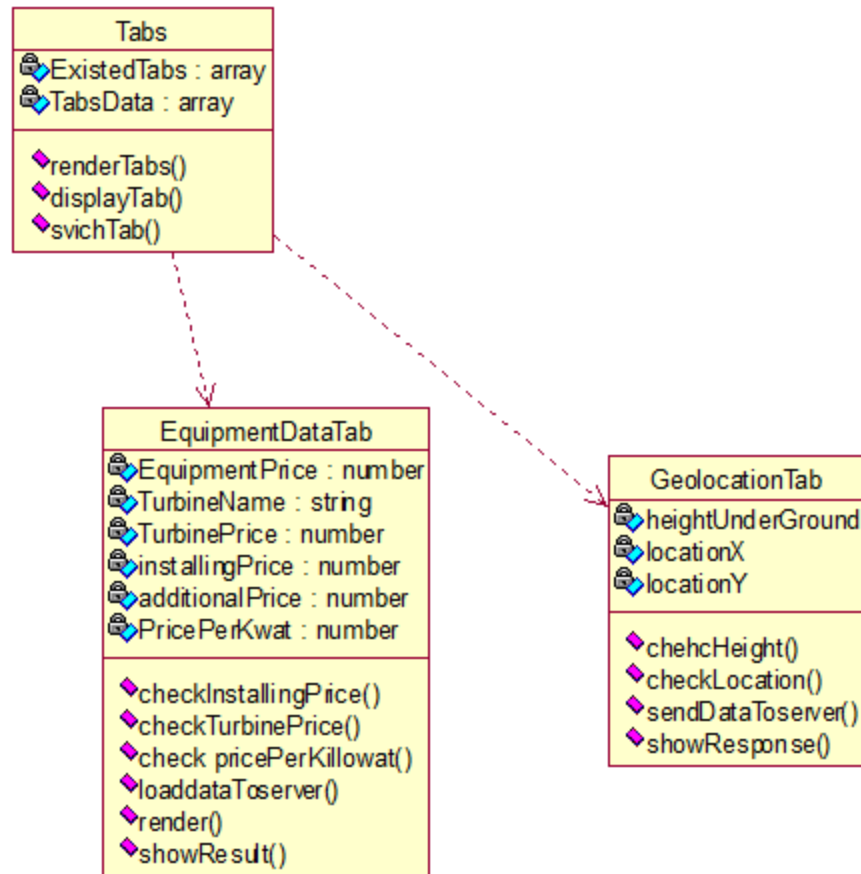


Рисунок 2.5 – Клас Tabs

Особливість реакту полягає в тому щоб повторно використовувати компоненти що були створені раніше, і будувати великі компоненти з набору дрібних, тому між класами вікна пошуку існує відношення залежності, що на діаграмі показано пунктирною лінією.

В прикладі показано клас колектора вкладок та стрілками вказано його семантичне відношення залежності від класів вкладок по призначенню `GeolocationTab` та `GeolocationTab`. Діаграма класів інтерфейсу головної сторінки інформаційної системи показана в додатку В.

Наступним чином створено діаграму діяльності користувача. Для початку на діаграмі встановлюється початкова точка. Наступним кроком проводиться додаються послідовні дії користувача в інформаційній системі. Створена діаграма діяльності зображена на рисунку 2.6.

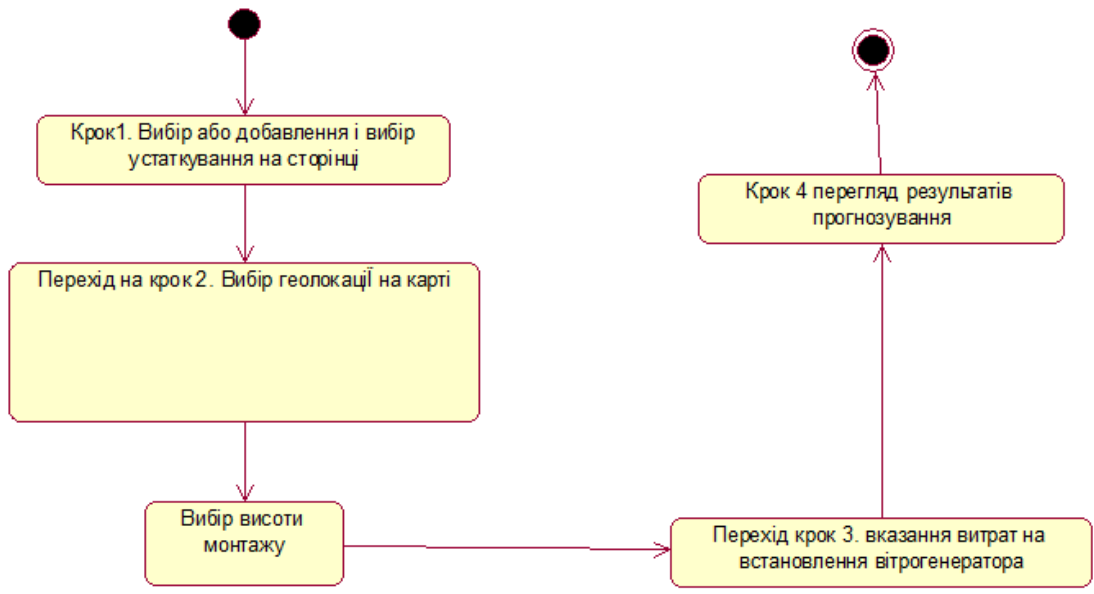


Рисунок 2.6 – Діаграма діяльності користувача.

Створення діаграми послідовності потрібно для опису послідовності і бачення часу життя і використання об'єктів у програмі. Ця діаграма допоможе під час процесу розробки побачити, коли необхідно видалити об'єкт, або результат обробки даних для оптимізації використання технічних ресурсів. На рисунку 2.7 зображено процес запиту даних від клієнта в БД через проміжного обробника сервера.

Увесь вміст створеної діаграми діяльності наведено в додатку Г.

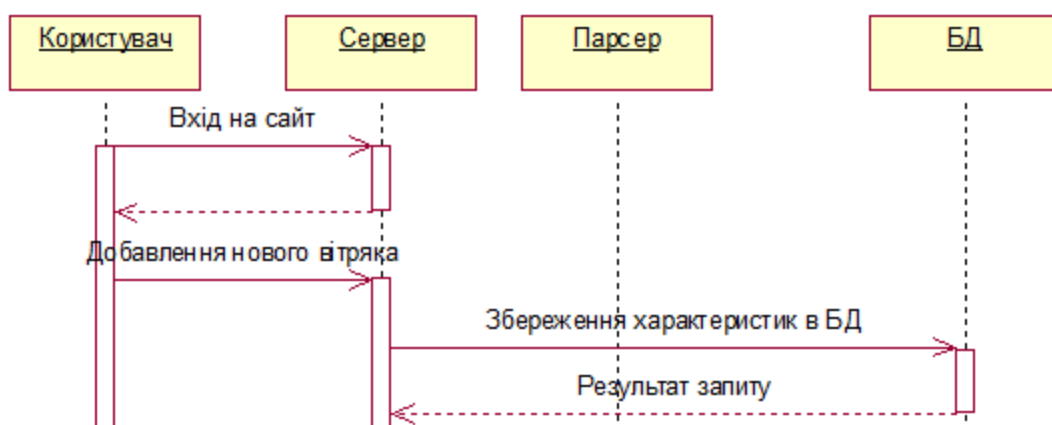


Рисунок 2.7 – Діаграма діяльності користувача.

Для створення діаграми кооперації в Rational Rose достатньо відкрити діаграму послідовності і натиснути клавішу F5. Результат подано у додатку Д.

Дана діаграма дозволяє переглянути якими даними будуть обмінюватись між собою функціональні компоненти інформаційної системи.

## **Висновки до розділу 2**

У цьому розділі наведено огляд різних інструментів з різними методами, що використовуються для прогнозування генерування потужності вітрових електростанцій з урахуванням різних масштабів часу. Було обговорено кілька моделей прогнозування, які мають свої особливості. Крім того, акцент був зроблений на точності моделей прогнозування та джерелі помилок. Важко оцінити ефективність різних моделей, оскільки існуючі програми застосовувались по-різному. Жодна модель їх прогнозування не може повністю врахувати будь-які умови, однак вони слугували ефективним інструментом для максимізації уловлюваної потужності, збільшуючи тим самим надійність вітряної енергії для вітряних електростанцій.

Також розглянуто використані методи та моделі що використовуються в інформаційній системі прогнозу генерування електроенергії вітрогенератором.

В підсумку створено UML діаграми для програмної реалізації інформаційної системи.

### **3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ**

#### **3.1 Аналіз сучасних веб–технологій для розробки веб–ресурсів**

Розробка графічного інтерфейсу користувача даної системи проводилася із використанням сучасних технологій та інструментів програмного забезпечення, на основі існуючих інтернет ресурсів що перелічуються у цьому розділі.

##### **HTML**

HTML є мовою розмітки яка на сьогоднішній час вважається основною для створення веб–додачків і веб–сторінок. Вона разом з Cascading Style Sheets (CSS) та JavaScript утворює трійку технологій які вважаються основою для сучасного World Wide Web.

Переглядачі веб–ресурсів завантажують HTML документи з серверів або з жорсткого диска і відображають у вигляді мультимедійних сторінок, в котрих на відміну від звичайних є можливість змінювати або впливати на контент. З допомогою семантики HTML, програміст може описувати тільки структуру сторінки, а саме зовнішній вигляд документу тільки один раз і в подальшому використовувати цю структуру для генерації відмінного контенту.

Теги HTML – або ж основні логічні одиниці HTML з допомогою котрих описуються сторінки. Із їх використанням у розробника з’являється можливість додавати на сторінку такі елементи як зображення, відеофайли, аудіо файли та інші об’єкти з якими користувач може взаємодіяти із веб сторінкою як із вікном сучасної програми. Також мова розмітки дозволяє і утворює засіб з допомогою якого структура документів може бути впорядкована для наповнення аналогічним контентом, та створення статичних довідників таких як вікіпедія.

HTML не є мовою програмування, тобто вона не має можливості створювати динамічну функціональність. Натомість це дає можливість упорядковувати та форматувати документи, подібно до Microsoft Word.

Браузер зчитує файл HTML і відтворює його вміст, щоб користувачі Інтернету могли його переглянути, тому важливо дотримуватись структури у файлі, адже в разі помилки браузер не зможе подати файл для перегляду користувачеві.

Зазвичай середній веб-сайт включає кілька різних HTML-сторінок. Наприклад: домашні сторінки, про сторінки, сторінки контактів мали б окремі документи HTML.

## CSS

CSS – Каскадні таблиці стилів. Це таблиці стилів, котрі використовуються для того щоб описати де у документі повинні знаходитись конкретні блоки та якого вигляду вони повинні набути. Зазвичай використовується в парі з мовою розмітки, для прикладу HTML. На сьогоднішній день, CSS є ключовим елементом World Wide Web, на одному рівні з JavaScript і HTML.

Він також може використовуватися з будь-якими документами XML, включаючи звичайні XML, SVG.

CSS використовується разом з HTML та JavaScript на більшості веб-сайтів для створення користувальницьких інтерфейсів для веб-програм та користувальницьких інтерфейсів для багатьох мобільних додатків.

До створення CSS, теги такі як шрифт, колір, стиль фону, вирівнювання елементів, межі та розміри, повинні були повторюватися на кожній веб-сторінці разом із описами усіх їх стилів. Це був дуже тривалий процес. Наприклад: Якщо ви розробляєте великий веб-сайт, де шрифти та кольорова інформація додаються на кожну сторінку, це стане довгим та дорогим процесом. Для вирішення цієї проблеми був створений CSS. Це була рекомендація W3C[43].

Визначення стилів CSS зберігаються у зовнішніх файлах CSS, тому можна змінити весь веб-сайт, змінивши лише один файл.

CSS надає більш детальні атрибути, ніж звичайний HTML, для визначення зовнішнього вигляду веб-сайту.

## Javascript

JavaScript – це одна з мов програмування високого рівня, котра задовольняє специфікацію ECMAScript.

Аналогічно з CSS і HTML, JavaScript є одною з трьох основних на сьогодні мов що збільшує кількість World Wide Web[43] щорічно. JavaScript надає можливість створювати веб–сторінки в котрих користувач має можливість змінювати вміст і є важливою частиною веб–додатків. Більшість веб–сайтів що існують використовують JavaScript [44], а найбільш популяризовані браузері мають індивідуальний JavaScript–механізм для його виконання.

У більшості випадків JavaScript або вбудований у веб–сторінку, або він включений у файл з розширенням .js. JavaScript також є мовою, котра переважно виконується на стороні клієнта, а не на стороні сервера, хоча за останнє п’ятиріччя ці показники наближуються до зрівняння. Скрипт на мові JS завантажується на комп’ютері відвідувачів сайту, а потім обробляється.

Додавання коду JavaScript на веб–сторінку є досить простим процесом і звичним, якщо виконувати кодування за допомогою HTML та CSS. JavaScript можна додавати безпосередньо до коду сторінки за допомогою тегів `<script>` і надаючи їм атрибут `type text / javascript`. Процес добавлення JavaScript подібний на додавання CSS на сайт.

Код JavaScript також можна додати на сторінку як окремий заголовний файл із розширенням .js. Зазвичай це робиться, якщо це код, який необхідно включити на кілька сторінок одночасно. Потім сценарій завантажується та обробляється у веб–браузері кожного користувача, перетворюючи його на динамічні об’єкти та ефекти, які вони бачать на своєму екрані.

Оскільки JavaScript обробляється окремими браузерами, можливо, користувач може відключити JavaScript на своєму кінці. Сайти, які використовують JavaScript, повинні мати резервний план, щоб уникнути поломки, коли це трапиться.



Синтаксис JavaScript використовує динамічну типізацію, фігурні дужки, відмінну від звичайного ООП, але орієнтацію на написання коду в вигляді об'єктів з використанням прототипів.

Той факт, що сценарій знаходиться на сторінці HTML, означає, що сценарії написані програмістом може бачити та копіювати люба особа, що переглядає сторінку. Тим не менше, ця відкритість є великою перевагою, оскільки зворотний бік полягає в тому, що скрипт можете бути переглянутим, вивченим та використаним в будь-якому іншому JavaScript скрипті та використаним на іншій сторінці.

Клієнтський JavaScript спеціально розроблений для використання у веб-браузері разом із HTML-сторінками. Це має певні наслідки для безпеки.

Користувач запитує певну сторінку HTML, не знаючи, чи містить вона JavaScript. Сторінка HTML доставляється в браузер, включаючи сценарії. Зазвичай сценарії запускаються автоматично, коли сторінка завантажується або коли користувач виконує певні дії. Взагалі користувач не може нічого зробити, щоб зупинити сценарії. Користувач має можливість вимкнути JavaScript, але мало хто з кінцевих користувачів знає, як це зробити.

Коли користувач отримує сторінку, яка включає JavaScript, інтерпретатор JavaScript його браузера запускає і намагається виконати сценарій. Зараз основною проблемою є те, що різні браузери використовують свій власний інтерпретатор, і що іноді постачальники браузерів вирішили не реалізовувати трохи JavaScript. Їх причини, як правило, були пов'язані з перевагами бізнесу над конкурентами.

Крім того, кожна нова версія браузера розуміє більше JavaScript і дозволяє все більше і більше частин HTML-сторінки змінюватись сценаріями. Це призводить до ще більшої несумісності.

Найкраще вирішувати проблеми сумісності в кожному конкретному випадку.

JavaScript дозволяє у використанні імперативні разом з прототипними та об'єктно орієнтованими стилями програмування а також підтримує

функціональні стилі. Дана мова підтримує API форм і полів для швидкої побудови інтерфейсів. Воно використовується для обробки даних отриманих від клієнта у вигляді тексту та оброблених з допомогою масивів, перетворень дат, перевірки регулярними виразами та візуалізації результатів DOM. Сама мова використовує в своїй основі хост–середовище що являє собою браузер в котрий вона є вбудована, щоб надати можливість виконання основних своїх функцій функції[45].

### jQuery

jQuery – це швидка, невелика, багатоплатформна та багатфункціональна бібліотека JavaScript. Вона призначений для спрощення сценаріїв HTML на стороні клієнта. Це робить такі речі, як обхід та маніпулювання документами HTML, анімацію, обробку подій та AJAX дуже простими за допомогою простого у використанні API, який працює на багатьох браузерах різного типу.

Основна мета jQuery – забезпечити простий спосіб використання JavaScript на вашому веб–сайті, щоб зробити його більш інтерактивним та привабливим. Він також використовується для додавання анімації.

jQuery – це невелика, легка та швидка бібліотека JavaScript. Вона є крос–платформною і підтримується в різних типах браузерів. Це також називається писати менше робити більше, оскільки існує багато типових завдань, для виконання яких потрібно багато рядків коду JavaScript, і методи які вони реалізують, можна викликати одним рядком коду, коли це потрібно. Також дуже корисно спростити багато складних речей з JavaScript, таких як виклики AJAX та маніпуляції DOM.

Ключові переваги Qquery наведені переліку нище:

- jQuery – це невелика, швидка та легка бібліотека JavaScript;
- jQuery не залежить від платформи;
- jQuery реалізує принцип писати менше, робити більше;
- jQuery спрощує обробку викликів AJAX та DOM.

Нижче наведені важливі функції jQuery:

- Маніпуляція з HTML;

- Маніпуляція з DOM;
- Вибір елемента DOM;
- Маніпуляція CSS;
- Ефекти та анімація;
- Асинхронні запити AJAX;
- Короткі синтаксис виклику методів подій HTML;
- Розширюваність завдяки плагінам;
- Вбудований парсинг JSON.

Усі ці переваги надають можливість розробникам реалізувати абстракції для анімації та взаємодії, створення ускладнених ефектів з комбінації простих ефектів та створення віджетів із складною логічною будовою.

Підхід у вигляді модулів, з яким побудований jQuery надає можливість створювати динамічні веб–програми та сторінки у глобальній мережі Інтернет.

### React

Дана бібліотека JavaScript написана з відкритим кодом для побудови інтерфейсів користувача або компонентів інтерфейсу. Вона підтримується Facebook та спільнотою окремих розробників та компаній. React можна використовувати як основу при розробці односторінкових або мобільних додатків. Однак React займається лише наданням даних у DOM, тому створення React–програм зазвичай вимагає використання додаткових, розроблених її або сторонніми розробниками, бібліотек для управління станом та маршрутизації [45].

React не намагається надати повну бібліотеку програм в одному файлі, а реалізує поступове додавання. Він розроблений спеціально для побудови користувальницьких інтерфейсів, тому не включає багато інструментів, які деякі розробники можуть вважати необхідними для створення додатка. Це дозволяє вибрати, яку бібліотеку розробник воліє виконувати такі завдання, як забезпечення доступу до мережі або локального зберігання даних. У міру дозрівання бібліотеки з’являються загальні моделі використання.

React.js став однією з використаних технологій, для розробки клієнтської сторони даного додатку. Ця бібліотека спеціалізується на допомозі розробникам у створенні користувальницьких інтерфейсів або інтерфейсів. Що стосується веб-сайтів та веб-додатків, інтерфейси користувача – це набір екранних меню, рядків пошуку, кнопок та всього іншого, з чим користувачі взаємодіють для використання веб-сайту чи програми. [46].

До розробки React, розробники застрягли у створенні користувальницьких інтерфейсів вручну за допомогою Vanilla Js API, у якому розробник самостійно прописував стани і обробники у відповідь на дію користувача. Або виконував це з менш орієнтованими на UI попередниками React, такими як jQuery. Це створювало багато можливостей для створення помилок у програмах та створення програм із низькою швидкодією. У 2011 році інженер Facebook Джордан Уолк створив React JS спеціально для поліпшення розробки інтерфейсу.

Окрім забезпечення багаторазового коду бібліотеки React що спричинила економію часу на розробку та зменшення ризику помилок кодування, React має дві ключові функції, які додають привабливості розробникам JavaScript такі як JSX та virtual Dom

У зв'язку з тим, що ReactJS являється новою технологією і ще не повноцінно укорінилась як одна із тих яку використовують без роздумів, нижче було детально описано недоліки та переваги що спричинили вибір даної бібліотеки для розробки даного проекту

Список переваг ReactJS[47]:

- Дану бібліотеку легко вивчити і використати. Дана бібліотека не є складною для вивчення і легкою для використання за рахунок великої документації до неї, котра у свою чергу є постійно поновлювальною та перекладеною на українську мову.
- ReactJS рекомендує для розробників використовувати при розробці патерн MVC (Model View Controller розшифровується як Модель Вигляд

Контролер), це дуже часто використовуваний шаблон дизайну програмного забезпечення для реалізації інтерфейсів користувача.

- Також ReactJS є бібліотекою відкритий вхідний код якої знаходиться у вільному доступі, прикладів реалізації проектів на котрій є вдосталь щоб нею оволодіти.

- Побудова веб сторінок що не поступаються програмам стає на порядок простішою. Створення інтерфейсу веб додатку в якому реалізоване динамічне відображення інформації з HTML рядками без даної бібліотеки було ускладнене, тому, що вимагало багато коду пов'язаного між собою, але з допомогою React JS ця проблема вирішилась якщо брати її підхід за основу розробки. Цей підхід дозволяє менше кодувати і надає значно більше функціоналу.

Віртуальний DOM у React покращує взаємодію з користувачем, а розробник пришвидшує роботу. DOM – це логічна структура документів у форматах HTML, XHTML або XML. Веб-браузери використовують механізми компонування для перетворення або синтаксичного аналізу HTML-синтаксису представлення в об'єктну модель документа, яку ми можемо побачити у браузерах.

Основне занепокоєння щодо традиційної конструкції DOM полягає в тому, як він обробляє зміни, тобто вводи користувачів, запити тощо. Сервер постійно перевіряє різницю, спричинену цими змінами, щоб надати необхідну відповідь. Щоб правильно відповісти, йому також потрібно оновити дерева DOM у цілому документі, що не є ергономічно дійсним, оскільки дерева DOM сьогодні досить великі, містять тисячі елементів.

Із використанням React вдалося збільшити швидкість оновлень за допомогою віртуального DOM. На відміну від інших фреймворків, які працюють із Real DOM, ReactJS використовує свою абстрактну копію – Virtual DOM. Він оновлює навіть мінімалістичні зміни, застосовані користувачем, але не впливає на інші частини інтерфейсу. Це також можливо завдяки ізоляції компонентів React.

Це робить оновлення дуже швидкими, дозволяючи створювати високо динамічний інтерфейс. З використанням react користувач можемо помітити, як він пише у чаті Facebook і бачить одночасне оновлення стрічки новин. Більше того, у React розробники не повинні прив'язувати DOM до функціональних можливостей у інтерфейсі, оскільки елементи React вже підключені до нього. Це також надає можливість переносити react програми на інші платформи.

Цей підхід дозволив розробникам швидше працювати з UI-об'єктами та використовувати гаряче перезавантаження – застосовуючи зміни в режимі реального часу. Це не тільки підвищило продуктивність розробника, але й пришвидшило програмування команди.

## API

API розшифровується як інтерфейс програмування додатків Application Programming Interface, або ще набір функцій і процедур, що дозволяють створювати програми, які отримують доступ до функцій або даних операційної системи, програми чи інших служб». Якщо говорити більш простими словами, API – це програмний посередник, який дозволяє двом різним додаткам спілкуватися між собою. [48].

Комерційні веб-сайти часто надають розробникам специфікації або протоколи щодо запитів на послуги або обміну даними з компанією. Код, яким вони діляться, називається API, а інструменти, які вони виробляють, – додатками. Дуже часто більші організації створюють API для своїх клієнтів або для внутрішнього використання, і основною метою є зовнішній обмін інформацією.

Компанії будь-якого розміру можуть використовувати API для аналізу веб-сайтів, інструментів управління проектами та командами, систем онлайн-платежів та багатьох інших операційних рішень.

Для окремих випадків, шляхів зміни і подання даних, API може реалізовувати багато інтерфейсів написаних на визначених наперед специфікаціях для підпрограм, класів що використовують конкретні об'єкти, структур даних. Windows API прикладом різних форм API.

Існує три підходи до політики випуску API. Приватний у якому API призначений лише для внутрішнього використання. Це дає компаніям найбільший контроль над їх API. Партнерський – API ділиться з конкретними діловими партнерами. Це може забезпечити додаткові потоки доходу без шкоди для якості. Громадський API доступний кожному. Це дозволяє третім сторонам розробляти програми, які взаємодіють з API сервера надання послуг та можуть бути джерелом для інновацій.

Сучасний API набув деяких характеристик, які роблять їх надзвичайно цінними та корисними:

- Сучасні API дотримуються стандартів (як правило, HTTP та REST), зручних для розробників, легкодоступних та зрозумілих;
- До них ставляться більше як до продуктів, ніж до коду. Вони розроблені для споживання для конкретної аудиторії (наприклад, розробників мобільних пристроїв), вони задокументовані та створені таким чином, щоб користувачі могли мати певні очікування щодо її обслуговування та життєвого циклу;
- Оскільки вони набагато стандартизовані, вони мають набагато сильнішу дисципліну щодо безпеки та управління, а також контролюються та управляються за результатами та масштабами;
- Як і будь-яка інша частина виробничого програмного забезпечення, сучасний API має власний життєвий цикл розробки програмного забезпечення (SDLC) проектування, тестування, побудови, управління та версій. Крім того, сучасні API добре задокументовані для споживання та встановлення версій.

## JSON

JSON – JavaScript Object Notation це формат даних із відкритим стандартом або обмін для напів структурованих даних. Він заснований на тексті і може бути прочитаний людьми та машинами. У JSON напів структуровані дані, що надходять з різних джерел та пристроїв, включаючи мобільні телефони, веб-браузери, сервери та пристрої IoT, збираються у вигляді повідомлень, що називаються "подіями", організованих логічно в пакети, а

потім передаються на платформу даних через інтерфейс для передачі даних API. Він може бути використаний у багатьох додатках, але особливо поширений для передачі даних між серверами та веб-програмами або підключеними до Інтернету пристроями. Це пов'язано з тим, що ці програми часто можуть отримувати дані лише у вигляді тексту, а JSON – використовує передачу в вигляді людино зрозумілого тексту.

За час розробки у даного формату з'явилась певна кількість недоліків:

- Клієнти не можуть перевірити те чи сформований текст відповіді від сервера включає всі необхідні дані, вони повинні просто використовувати його.

- Фронтенд розробники можуть і повинні отримувати метадані через більш чітко визначені кінцеві точки. Набір ключів доступу до отримання даних від сервера через API вже надається через oauth2 або API сервери авторизації. Інформація про можливості уповноваженого користувача надається через oauth2, а також може бути отримана через більш загальні кінцеві точки, такі як розподіл отриманої інформації відповідно від виконаної дії користувачем через API. Додаткові дані можна набагато легше надати через кінцеві точки API, ніж за рахунок збільшення ключа доступу ще більше в якому зашифровані дані про користувача.

- Згенеровані токени доступу зараз досить масивні і повинні зберігатись в cookies клієнта. Токен також повинен надсилатися з кожним запитом. Типовий згенерований токен може досягати розмірів десятків байт, тоді як типовий маркер JWT може легко досягти високих сотень. Це зобов'язує використовувати різні типи запитів відповідно до дій користувача

Але на противагу недолікам даного формату існують переваги :

- Формат даних відносно простий, легко читається та пишеться. Усі формати – стислі, невелика зайнята пропускна здатність;

- Легко аналізуючи, клієнтський JavaScript може просто читати дані JSON через js функцію `JSON.parse()`;



- Підтримка декількох мов, включаючи мови серверних скриптів, такі як ActionScript, c, c #, ColdFusion, java, javascript, Perl, PHP, python, ruby, полегшують синтаксичний аналіз на стороні сервера.
- У світі PHP з'явилися PHP–JSON та JSON–PHP. Переважно, щоб програма після серіалізації PHP називалася безпосередньо. Об'єкти, масиви тощо на стороні сервера. Php можуть безпосередньо генерувати формат JSON, зручний для доступу та вилучення клієнта;
- Оскільки формат JSON можна використовувати безпосередньо за допомогою коду на стороні сервера, значно спростився обсяг розробки коду на сервері та на стороні клієнта, а завдання виконали незмінним та простим у обслуговуванні.

### **3.2 Аналіз систем контролю версій для розробки інформаційної системи**

#### **Git**

При розробці програмного продукту, у розробників часто виникає ситуація коли необхідно відновити стан програми до того стану в якому вона знаходилась певний період тому назад. Щоб вирішити дану проблему, було використане стандартне на сьогоднішній час рішення, а також для створення умов для майбутнього розширення продукту як в ширину так і користувачами, котрі не починали його розробляти з самого початку, було прийняте рішення про використання Git [49].

Система управління: Це у більшості випадків декларується так, що Git є інструментом відстеження вмісту. Git можна використовувати для зберігання вмісту – він здебільшого використовується для зберігання коду завдяки іншим функціям, які він надає.

Система контролю версій: код, який зберігається в Git, постійно змінюється, коли додається більше коду. Також багато розробників можуть додавати код паралельно. Тож Система контролю версій допомагає вирішити

цю проблему, зберігаючи історію змін. Крім того, Git надає такі функції, як гілки та злиття,

Розподілена система контролю версій: Git має віддалене сховище, яке зберігається на сервері, та локальне сховище, яке зберігається на комп'ютері кожного розробника. Це означає, що код не просто зберігається на центральному сервері, але повна копія коду присутня на всіх комп'ютерах розробників. Git – це розподілена система контролю версій, оскільки код присутній на комп'ютері кожного розробника. Поясню поняття віддаленого та локального сховищ далі в цій статті.

Проекти реального життя, як правило, мають декількох розробників, які працюють паралельно. Тож система контролю версій, така як Git, потрібна для того, щоб між розробниками не було конфліктів коду.

Крім того, вимоги в таких проектах часто змінюються. Таким чином, система контролю версій дозволяє розробникам повернутися та повернутися до попередньої версії коду.

Перша версія Git була випущена сьомго квітня 2005 року, щоб замінити платне програмне забезпечення – система контролю версій BitKeeper, що використовувалась використовуване при розробці Linux.

Для впевненості в тому, щоб послідовність змін не буде переписана, або ж не буде видалено змін що відбулись, в системі версій git використовуються методи засновані на криптографії, в котрих методом шифрування тексту файлів отримуються криптографічні ключі, котрі є унікальними для конкретних файлів. Зміна файлів впливає на зміну ключа. Також, оскільки методи пов'язані з криптографічним шифруванням, в якості ключа шифру може використовуватись електронний підпис розробника із прив'язкою створених комітів і тегів.

Основні вимоги котрі покладені у сучасній git системі:

- Потужна підтримка нелінійного розвитку – Git підтримує швидке розгалуження та злиття та включає спеціальні інструменти для візуалізації та навігації нелінійною історією розвитку. У Git основним припущенням є те, що

зміні версії системи будуть об'єднуватися частіше, ніж вони написані, оскільки вони передається різним рецензентам. У Git гілки дуже легкі: гілка – це лише посилання на один коміт. Коміт – запис користувача в системі про зміну версії певного файлу. Завдяки батьківським зобов'язанням можна створити повну структуру гілок;

- Розподілений розвиток – як і в аналогів на котрих була створена git – Darcs, BitKeeper, Mercurial, Bazaar та Monotone, Git надає кожному розробнику локальну копію повної історії розвитку, а зміни копіюються з одного сховища в інше. Ці зміни імпортуються як додані гілки розробки та можуть бути об'єднані так само, як і місцево розроблена гілка;

- Підключаються стратегії злиття – як частина дизайну набору інструментів, Git має чітко визначену модель неповного злиття і має безліч алгоритмів її завершення, що завершується тим, що повідомляє користувачеві, що він не може завершити злиття автоматично, і які конфліктні моменти необхідно редагувати вручну;

- Історія Git зберігається таким чином, що ідентифікатор певної версії (коміт у термінах Git) залежить від повної історії розвитку, що веде до цього коміту. Після публікації неможливо змінити старі версії, не помітивши цього. Структура схожа на дерево Меркле, але з додатковими даними у вузлах та листках;

- Скасування операцій або резервне копіювання змін призведе до залишення марних звисаючих об'єктів у базі даних. Це, як правило, невелика частка постійно зростаючої історії об'єктів, що розшуковуються. Git автоматично виконує збір сміття, коли в сховищі створено достатньо вільних об'єктів.

Система має низку розроблених інтерфейсів доступу, таких як git-gui та gitk що поширюються в якості основи Git. Віддалений контроль репозиторіїв Git підтримується git-демоном, процесом що постійно знаходиться у виконанні, що являє собою сервер SSH або HTTP. git-daemon має TCP-сервіс, котрий є частиною програмного пакета Git і є одночасно з SSH є широко використовуваною програмою для доступу в git. Метод підключення через

HTTP, не беручи до уваги ряду обмежень, є часто використовуваним в мережах що піддані моніторингу, з причини того що підтримує низку існуючих налаштувань фільтрів даної мережі.

### Github

GitHub на сьогодні є дочірньою компанією Microsoft. Даний сервіс є американською веб-службою для хостингу версій файлів користувачів в мережі інтернет для віддаленого доступу та зміни і управління версій з використанням Git. В більшості випадків сервіс використовують для зберігання коду програм. Він реалізує основи git та можливості розподіленого керування версіями управління вихідним кодом. Окрім функціоналу git, github реалізує низку власних функцій.

Сервіс забезпечує управління доступу і низку функцій кооперації для декількох програмістів. Для прикладу моніторинг власників створених помилок, запит функцій, управління завданнями і можливість оформлення інформаційної сторінки для кожного проекту окремо.

GitHub надає окремі плани для командних, корпоративних, безкоштовних і професійних облікових записів. В більшості випадків такі облікові записи використовуються для висвітлення реалізованих проектів командами або ж окремими особистостями для все доступного огляду, і безкоштовної можливості ними користуватись. На початок січня 2019, GitHub реалізував важливу функцію надання усім типам користувачів можливість створювати необмежену кількість приватних репозиторіїв, в тому числі і користувачам що використовують даний сервіс безкоштовно.

Для випадків використання GitHub для ведення версій вихідного коду, реалізовано особливості для підтримки:

- документації до коду, також включно із основною автоматично-створеною документацією у файлі README. Можливість його зберігання для демонстрації у різних форматах;

- моніторинг дати створення включно із запитами на функції, з віхами, поінтами, призначеннями та автоматичне подання цієї заданої інформації в пошукову систему;
- пошук за вказаними запитом коду та коментарів;
- реалізована історія змін та можливість переходу по них;
- створено і автоматично заповнюються графіки по продуктивності конкретного користувача і його кількості комітів;
- із наявною документацією по сервісу, створено каталог сервісів, з якими можлива інтеграція;
- розділені та уніфіковані відмінності;
- можливість користувачам отримувати сповіщення про зміни в проекті електронною поштою, а також налаштування сповіщень про результати проведених тестів;
- з використанням символу @ вжитим безпосередньо перед зареєстрованим ніком користувача, створена можливість вказати у коментарі користувача котрому прийде про це сповіщення.
- хостинг GitHub: веб-сайти не великого розміру можуть розміщуватися для їх перегляду через браузер як звичайних веб-сторінок з відкритих проектів на GitHub. Де <https://username.github.io/project-name>. – URL-адреса сторінки у котрої project-name – ім'я проекту котрий використовується в якості джерела, а username – ім'я власника проекту;
- відображення даних у вигляді списків у файлах;
- можливість візуалізації даних на картах;
- читання документів PDF;
- відповідно до типу проекту та вибраних мов програмування, появляються сигнали про знайдені уразливості розробленого проекту. Сповіщення про це приходять через електронну пошту із вказанням проекту, місць коду, або ж недоброзичливих програмних пакетів;
- Файли що в собі зберігають 3D візуалізацію. Створена можливість для їх перегляду у браузері за допомогою розробленого засобу що представляє

собою інтегрований переглядач файлів STL у GitHub. Він зображає дані з файлів на "3D-полотні". Засіб перегляду було реалізовано із використанням технологій Three.js та WebGL;

### 3.3 Розробка серверної сторони

Розробка серверної сторони відбувалось з використанням серверної мови програмування Node.js. Для початку був створений основний файл app.js який являється ключовим і об'єднює в собі усі файли що використовуються в роботі сервера.

Для початку роботи було проініційовано проект та встановлено необхідні модулі для написання усіх додаткових частин проекту.

Для встановлення модулів використано команду `npm install module`, в котрій `module` – назва модуля що встановлюється. Для написання даного проекту були використані такі модулі:

- `Config` – модуль, котрий дозволяє виносити окремі налаштування сервера в окремий `config.json` файл. Це прискорює рефакторинг і зміни коду в майбутньому для розділеної розробки одного і того ж проекту;
- `Express` – модуль для побудови обробників запитів через API порти до додатку;
- `Osmosis` – модуль що використовуватиметься для парсингу даних погоди із `service meteo ua`.
- `Mongoose` – модуль для підключення до бази даних MongoDB і маніпулювання ними.

Після встановлення модулів з допомогою модуля `config` створено файл конфігурації додатку, в котрому зберігаються такі налаштування як порти запуску додатку, рядок із даними для підключення до бази даних.

Наступним кроком була ініціалізація проекту в системі `git` для постійної синхронізації робочих станів системи.

До головного файлу добавлена функція запуску сервера що бере дані із конфіг файлу та запускаючи сервер переключасться в режим програми демона що постійно слідкує за одним портом, і очікує запитів що надходитимуть на нього.

Код гловного файла подано в лістингу 3.1.

### Лістинг 3.1 Код головного файлу

```
const express = require('express');
const config = require('config');
const mongoose = require('mongoose');

const app = express();
  async function start() {
    try {
      await mongoose.connect(config.get('mongoUri'), {
        useNewUrlParser : true ,
        useUnifiedTopology: true,
        useCreateIndex: true
      });
      app.listen(PORT, () => console.log(`server was
started on port ${PORT} ...`));

    } catch (e) {
      console.log('error', e.message);
      proces.exit(1);    }}
start();
```

Наступним кроком був написаний файл конфігурації для роботи з ORM mongoose, що висвітлює подібну інформацію як схема бази даних в SQL подібних базах даних.

В програмі були описані файли таких таблиць схем для таблиць MongoDB:

- Схема Вітрогенераторів;
- Схема локацій для яких спаршені дані погоди.

Приклад схеми для вітрогенераторів подано в лістингу 3.2.

### Лістинг 3.2 Код схеми для роботи з таблицею вітрогенераторів.

```
const {Schema, model, Types} = require ('mongoose');
const schema = new Schema({
  name:{ type : String, required: true, unique:true},
  manufacture:{ type : String, required: true},
```

```
power:[{ windSpeed:String , powerOutput: String}],
});
module.exports = model ('WindGenerator', schema);
```

Аналогічним чином була розроблена схема для зберігання спаршених даних погоди для конкретних даних.

Наступним чином було розроблено ендпоінти із серверної сторони на котрі можна звертатись із клієнтської сторони для запитів і відправлення даних необхідних для роботи програми.

В основному файлі добавлено посилання на окремі шляхи запитів через код `app.use('/api/WindGenerator,require('./routes/windGenerator.routes'));`, котрий вказує що по URL шляху `host/api/WindGenerator`, будуть виконуватись процедури описані в файлі `windGenerator.routes` що відповідають за обробку даних про вітрогенератори.

Приклад одної з таких процедур подано в лістингу 3.3.

Лістинг 3.3 Код процедур роботи з даними вітрогенераторів.

```
router.get('/:windGeneratorId', (req, res) => {
  _id = req.clientInfo.windGeneratorId;
  let windGenerator= await windGenerator.find({ _id },{chats:1 }
);
  res.json(windGenerator);
});
```

В даній процедурі описано роботу генерування відповіді на шлях за яким вказавши id вітрогенератора можа отримати його дані із бази даних.

Аналогічним чином описані і інші процедури маніпуляції з даними про вітрогенератори.

Важливою частиною серверної сторони було написання парсингу даних погоди із сайту `meteo.ua`. Особливість полягала в тому що для отримання погодних даних для 1 геолокації за рік, необхідно виконати 356 запитів до сервера окремо для кожного дня із встановленням інтервалів для запобігання бокування адреси на можливість подальших запитів.



Після цього відбувався процес парсингу отриманої сторінки і збереження даних в таблицю бази даних про погоду.

Дані були отримані із допомогою бібліотек `osmosis`, з використанням `xpath` виразу `.vl_parent`, що відповідає за клас блоку, в якому знаходиться запис швидкості вітру.

Код процедури що виконує парсинг сторінки подана у лістингу 3.4.

#### Лістинг 3.4 Процедура парсингу даних погоди.

```

async function loadLinks(paginationNumber, resLength) {
  for (let i = 1; i <= paginationNumber; i++) {
    console.log(i);|
    await new Promise((resolve) => {
      setTimeout(resolve, 500); // таймер в пів секунди по запитам
    });
    osmosis
      .get(link + i)
      .set({ elemNumber: ".vl_parent" })
      .find([".h3.title a@href"])
      .set("href")
      .data(function (data) {
        linksArray.push({ link: data.href });
      })
      .then(() => {
        if (linksArray.length == resLength) {
          //loadContent(resLength);
          console.log(linksArray.length, resLength);
          loadContent(linksArray.length);
          /*
          loadDataToDB({linksArray}) */
          CalculateParsedData ({linksArray})
        }
      });
  }
}

```

Викликом функції `CalculateParsedData` дані передаються для обрахунку генерованої продуктивності для вибраного генератора за день. Сама ж процедура проходиться по даним в циклі за рік. Викликом функції `loadDataToDB` дані зберігаються в базу даних.

Таким чином дані також підраховуються і за минулий рік 2 роки тому.

Тепер коли всі дані підраховані, необхідно писати клієнтську сторону для відображення результатів клієнту і отримання від нього даних.

### 3.4 Розробка клієнтської сторони

Для початку роботи було створено файл `index.html`, в якому зверстано інтерфейс користувача інформаційної системи. Лістинг коду подано в додатку Е.

Для отримання і подачі від і до користувача інформації було створено чотири вкладки у інформаційній системі. Результат на рисунку 3.1.

Інформаційна система прогнозу генерування електроенергії вітрогенератором

Пройдіться поступово по крокам, щоб встановити прогноз для вашої геолокації :

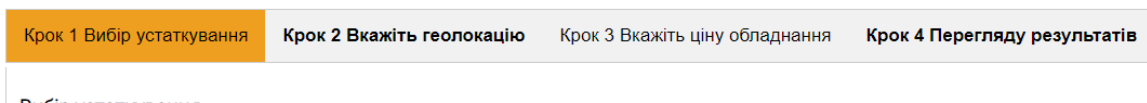


Рисунок 3.1 – Вкладки інтерфейсу

Для кожної вкладки зверстано відповідний інтерфейс для отримання даних від користувача. Приклад створеного інтерфейсу подано у додатку Ж.

Наступним кроком зверстану сторінку було описано у окремих файлах за правилами бібліотеки `react`, для побудови продуктивного інтерфейсту.

Для цього в корні клієнтської папки було створено пустий `react` проект командою `npm create-react-app my-app`.

У згенерованих файлах є початкова точка у файлі `App.js`. В ньго були додані компоненти вкладок описані в UML схемах. Код висвітлено в лістингу 3.5.

#### Лістинг 3.5 Головний `react` компонент.

```
import React, { Component } from "react";
import { Tab, Tabs, TabList, TabPanel } from "react-tabs";
import { BrowserRouter, Switch, Route } from "react-router-dom";
import FriendsTab from "../UtilsTab/UtilsTab";
import FriendsTab from "../GeolocationTab/GeolocationTab";
import FriendsTab from "../ResultTab/ResultTab";
import FriendsTab from "../PriceTab/PriceTab";
export default class App extends Component {
```

```

render() {
  return (
    <Tabs>
      <TabList>
        <Tab>Крок 1 Вибір Устаткування</Tab>
        <Tab>Крок 2 Вкажіть геолокацію</Tab>
        <Tab>Крок 3 Вкажіть ціну обладнання</Tab>
        <Tab>Крок 4 Перегляду результатів</Tab>
      </TabList>

      <TabPanel>
        <UtilsTab parentState={this.state} />
      </TabPanel>
      <TabPanel>
        <GeolocationTab parentState={this.state} />
      </TabPanel>
      <TabPanel>
        <PriceTab parentState={this.state} />
      </TabPanel>
      <TabPanel>
        <ResultTab parentState={this.state} />
      </TabPanel>
    </Tabs>    );
  }
}

```

Аналогічним чином були наповнені HTML елементами реакт компоненти що рендиряться в головному компоненті.

Кожен компонент класового типу має свій state, котий в даному коді передається від батьківського дочірнім, щоб зміни в одній вкладці впливали на дані в інших.

Для обробників подій як і в звичайному JavaScript, в реакті створюються функції обробники, що відповідають за покладені перед ними діями і являються методами класу компонента разом з якими вони були створені.

Приклад метода запиту інформації від сервера про існуючі вітрогенератори під час вибору на першій вкладці подано у лістингу 3.6. В даному методі з допомогою бібліотеки axios був виконаний запит через API інтерфейс по шляху створеному під час розробки серверної сторони.

Лістинг 3.6 Головний реакт компонент.

```

refreshData() {
  const config = {

```

```
method: "get",
  url: "http://localhost/api/WindGenerator/",
  data: "",
};
axios(config)
  .then((response) => {
    if(response.status === 200)
      this.prepareData (response.data )
  })
  .catch((err) => {
    console.log(err);
    // alert(err.response.data.message);
  });
}
```

Аналогічним чином описано інший функціонал клієнтської сторони що забезпечує повноцінне функціонування додатку.

### **Висновки до розділу 3**

В даному розділі розглянуто технології, з допомогою яких було створено дану інформаційну систему. Також розглянуто засоби, з допомогою яких виконувався контроль версій програми на процесі її розробки. Також описано процес створення серверної частини додатку. Описано важливий процес отримання даних про погоду із джерела meteo.ua. Наступним кроком було описано процес налаштування доступу до бази даних mongo DB. В завершення роботи, було розроблено клієнта даної інформаційної системи в інтерфейсі сучасного веб переглядача.

## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1 Охорона праці. Організаційні заходи та технічні засоби із забезпечення пожежної безпеки.**

Виконання норм та правил щодо пожежної безпеки на підприємстві чи виробництві є одною з важливих частин діяльності посадових осіб, підприємців що займаються комерційною діяльністю та працівників що на них працюють.

Вимоги до виконання для забезпечення пожежної безпеки представлені у наказі міністерства внутрішніх справ України за останньою редакцією 3 жовтня 2017 року[51].

Відповідно до вимог організаційних засобів, виконавча особа, в якості керівника підприємства, повинна встановити та визначити відповідальності для осіб, що відповідають за виконання та дотримання норм для забезпечення пожежної безпеки. Для окремих приміщень, об'єктів та споруд призначити осіб що відповідають за забезпечення в них дотримання вимог цих норм.

Для таких осіб, обов'язки описуються у посадових інструкціях і є обов'язковими для виконання.

Відповідно до вимог, на усіх окремих об'єктах відповідною інструкцією чи наказом, необхідно встановити та підтримувати протипожежний режим. У такому режимі в обов'язковому порядку необхідно реалізувати такі умови:

- Розміщення шляхів евакуації із об'єкту, та порядок щодо робіт для їх підтримання у стані для моментального використання;
- Дотримання особливостей використання відкритого вогню, умови його безпечної експлуатації;
- Дотримання правил і послідовність по проведенню робіт що можуть створити джерело загорання;
- Дотримання правил для відключення електротехнічних установок вентиляційної системи установи у разі виникнення пожежі;

- Дотримання правил щодо закриття приміщень, для уточнення їх покидання працівниками в кінці робочої зміни;
- Дотримання правил для забезпечення підтримання в належному стані протипожежних засобів та правила їх експлуатації;
- Для електричних шаф та силових установок, систем вентиляції установи, систем опалення та інших інженерних систем що використовуються на установу, необхідний бути розроблений порядок за планових ремонтних та відновлювальних робіт;
- Відбір осіб підрозділу відповідальних за пожежогасіння, які у разі виникнення пожежі в обов'язковому порядку зможуть з'явитись до її центру, та допомогти із гасінням чи суміжними роботами.
- Затвердження і ознайомлення в встановленому порядку працівників щодо дій, під час виникнення пожежі, способи сповіщення людей щодо даної ситуації, призупинення технічного устаткування, установок, ліфтів, можливості виклику працівників пожежно–рятувальних підрозділів.

Відповідно до змін у наказі міністерства внутрішніх справ [52] з 31 липня 2017 року, усі нововведення повинні бути надані для ознайомлення працівникам під час проходження пожежно–технічного мінімуму.

Технічні засоби із забезпечення протипожежної безпеки для об'єктів, на яких використовується електро–обчислювальна техніка.

Відповідно до того що на об'єктах використовується техніка, що підключена до мережі електричного струму, для пожежогасіння такої техніки повинні використовуватись спеціальні засоби що не створять подальшої небезпеки при взаємодії із елементами що знаходяться під напругою.

До таких засобів відносяться [53]: Переносні вуглекислотні вогнегасники, Переносні порошкові вогнегасники, сповіщувачі пожежі що реагують на дим, датчики що реагують на підвищення температури у приміщенні.

Гасіння пожежі із використанням таких вогнегасників повинно проводитись з дотриманням відстані від джерела вогню до розтруба вогнегасника не менше 1 метра.

Вогнегасники повинні відповідати типовим нормам належності вогнегасників відповідно до наказу Міністерства внутрішніх справ України від 15 січня 2018 року [54].

Відповідно до цих норм для приміщень із встановленим класом можливої пожежі, встановлена кількість вогнегасників пересувного та переносного типу. Також вказана залежність кількості вогнегасників від площі приміщення.

Дані кількості вказані для вогнегасників таких типів як порошкові вогнегасники, водяні та водопінні вогнегасники, газові.

Також вказано температурні умови, під час яких дозволено використовувати вогнегасники. Для порошкових варіація від мінус 50 °С до плюс 50 °С та додаткові варіації в залежності від типу. Для водопінних максимальний діапазон температур від мінус 20 °С до плюс 50 °С, та додаткові діапазони у залежності від особливостей конкретного вогнегасника. Аналогічна ситуація для водяних і газових вогнегасників.

Позапланова перезарядка вогнегасників усіх типів необхідна після їх використання, при виявленні технічних дефектів випускаючого механізму, корпусу або критичному падінні внутрішнього тиску. Діагностика та перевірка правил технічної експлуатації проводяться регулярно, не рідше, ніж один раз на рік. Порошкові моделі вогнегасників згідно правил пожежної безпеки перезаряджаються один раз в два роки, а вуглекислотні - один раз в п'ять років.

Для водяних й водопінних – не рідше одного разу на рік.

В підсумку можна сказати, що для пожежогасіння приміщень із ЕОМ використовуються вуглекислотні та порошкові вогнегасники. Відповідно до площі приміщення, необхідно вибрати їх кількість та розміщення на об'єкті. Також створення і дотримання протипожежного режиму - є обов'язковим.

## **4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

*Забезпечення захисту працівників суб'єкта господарювання від іонізуючих випромінювань.* Основний закон України що нормує і вимагає від

фізичних і юридичних осіб дотриманні норм і правил під час роботи із пристроями та матеріалами, які під час їхнього використання або зберігання створюють шкідливий вплив на людей або ж приміщення та матеріали, це закон про захист людини від іонізуючого випромінювання. Даний закон можна переглянути за посиланням [55] на державному інформаційному порталі.

Відповідно до тлумачення даного закону, під терміном опромінення розуміється вплив на тіло людини двох типів :

- Вплив від зовнішнього опромінення на тіло людини від джерел іонізуючого випромінювання, що безпосередньо знаходились поза тілом людини;
- Вплив від внутрішнього опромінення на тіло людини від джерел іонізуючого випромінювання, які під час експлуатації потрапили або знаходились в тілі людини.

В даному законі встановлено рівні втручання, що являють собою вимірювані величини, зумовлені впливом іонізуючого випромінювання на тіло людини та електротехніку, після набування значення котрих до об'єкту чи людина повинні бути виконані заходи щодо захисту від іонізуючого випромінювання.

Одиницею випромінювання є зіверт що являє собою похідну одиницю дози іонізуючого випромінювання в Міжнародній системі одиниць (SI) і є показником впливу на здоров'я низького рівня іонізуючого випромінювання на організм людини.[56]

Відповідно до закону згаданого вище, захист працівників забезпечується дотриманням роботодавцем таких норм:

- Для індивідуального опромінення населення, умови роботи праці необхідно забезпечити таким чином, щоб рівень опромінення за рік не повинен перевищувати встановленої дози 1 мілізіверта ефективної дози опромінення [57];



- Доза для об'єктів що вводяться в експлуатацію, на котрих працюватимуть люди, не повинна бути більша за рівень 50 еквівалентів ефективної дози на рік – 50 мілізівертів;
- Для студентів що проходять практику, віком від 18 років, встановлена норма, що вказує ефективну норму із максимальним порогом 20 мілізівертів за 1 рік.
- Для жінок, котрі недавно народили або доглядають за новонародженими, не допускається робота на установах із джерелами іонізуючого випромінювання, і вони повинні бути переведені на час грудного годування на інші види робіт. Для жінок що ще виношують дитину – іонізуюча ефективна доза не повинна бути більшою за значення одного мілізіверта за рік.

В цьому ж законі відповідно до класифікації персоналу розподілені норми і дози опромінення населення різних вікових та фахових категорій. Описані дії до виконання для забезпечення підтримки рівня захисту від іонізуючого випромінювання для місцевих органів виконавчої влади, фізичних та юридичних осіб, їх обов'язки у випадках радіаційних аварій та їх наслідків.

*Вплив проникаючої радіації ядерного вибуху на надійність роботи електронного обладнання.*

Дане питання розглядалося вченими починаючи із середини минулого століття дослідженнями в напрямку космічних технологій, а саме в захисті електрообладнання від шкідливого впливу радіації [58].

В ході дослідів було отримано значення гранично допустимих норм випромінювання що не заважатимуть роботі техніки. Для кожних дрібних елементів як резисторів, конденсаторів, мікропроцесорів і інших встановлені граничні значення, у випадку перевищення значення опромінювання альфа, бета та гамма випромінюванням – елементи переходили у стан непрацездатності.

В результаті досліджень, ефективним способом захисту технічних елементів від впливу випромінювання у результаті ядерного вибуху та радіації

в цілому є підбір матеріалів, що забезпечують відповідний рівень екранування технічних елементів [59].

#### **Висновки до розділу 4**

В даному розділі досліджено організаційні заходи та технічні заходи із забезпечення пожежної безпеки на установах. Чітко описані вимоги до керівництва та підлеглих працюючих на установах щодо їх дій в разі виникнення пожежі. Також описано вимоги до підтримання об'єктів у належному стані відповідно до складеного протипожежного режиму на об'єкті.

Розглянуто засоби протипожежної безпеки для користувачів електронних пристроїв та ЕОМ, а також способи гасіння та попередження джерела вогню під час його появи.

Додатковим підрозділом розглянуто проблему шкоди іонізуючого випромінювання на корпуси та деталі ЕОМ, що можуть спричинити їх вихід із нормального робочого стану.

Розглянуто засоби захисту деталей ЕОМ від іонізуючого випромінювання.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи магістра було досягнуто поставленої мети дослідження, а саме використано і доповнено існуючі математичні моделі у прототипі програмного забезпечення прогнозу виробітку електроенергії вітрогенератором для геолокаційних карт.

В даній роботі розглянуто такі питання як переваги відновлювальної енергії, існуючі на сьогодні типи відновлювальної енергії. Виконано порівняльний аналіз. В роботі розглянуто аспекти використання вітрової енергії як джерела що заставляє вітрогенератор виробляти електроенергію.

Розглянуто будову вітрогенератора, його типи. Описано параметри вітрогенератора, що впливають на кількість та потужність згенерованої ним електроенергії.

Детально описано залежність вибраної висоти монтажу вітрогенератора від кількості електроенергії, яку він зможе згенерувати. Також описано залежність вибору геолокації для встановлення вітрогенератора, та перешкод, котрі можуть спричинити зниження його продуктивності.

Описано наявні інтернет ресурси, котрими можна користуватись для вибору оптимального місця встановлення вітрогенератора. Вказано причини вибору теми роботи.

Наступним чином в даній роботі розглянуті існуючі методи прогнозування генерації електроенергії вітрогенератором, та методи що в них використовуються, а саме методи прогнозування сили вітру.

Аналогічним чином проаналізовані існуючі моделі прогнозування, та вказано існуючі проблеми, що впливають на точність результатів цих прогнозів.

Наведено приклад можливості використання даних методів та математичних моделей в нових напрямках, та приклад їх підрахунків.

На основі цих даних описано вимоги до інформаційної системи в UML схемах.

Зроблено детальний опис реалізації інформаційної системи відповідно до поставлених до неї вимог у UML схемах. Розроблено серверну сторону обробки даних, та написано браузерного клієнта до неї.

В завершення роботи розглянуто особливості охорони праці, котрі забезпечують безпечну роботу користувачів із інформаційною системою та огляд протипожежної техніки безпеки. Розглянуто вплив іонізуючого випромінювання на електро обчислювальну техніку.

В результаті роботи була створена інформаційна система що повністю реалізує поставлену перед нею задачу відповідно до причини вибору теми роботи.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Pros and Cons of Renewable Energy [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.freestudy.com/pros-and-cons-of-renewable-energy/>. – Дата доступу: 10.11.2020.
2. Вітрогенератори [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1>. – Дата доступу: 10.11.2020.
3. Evans, Annette; Strezov, Vladimir; Evans, Tim (June 2009). "Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13 (5): 1082–1088.
4. "Wind Turbine Components". Danish Wind Industry Association. 10 May 2003. Archived from the original on 7 June 2008.
5. "MHI Vestas Launches World's First\* 10 Megawatt Wind Turbine". 26 September 2018.
6. Paul Gipe (7 May 2014). "News & Articles on Household-Size (Small) Wind Turbines". *Wind-works.org*.
7. "Hansen W4 series". *Hansentransmissions.com*. Archived from the original on 15 March 2012. Retrieved 6 November 2013.
8. DNV GL service specification (SE) – Project certification of wind power plants: DNVGL-SE-0190, Edition December 2015.
9. Baqersad, Javad; Niezrecki, Christopher; Avitabile, Peter (2015). "Full-field dynamic strain prediction on a wind turbine using displacements of optical targets measured by stereophotogrammetry". *Mechanical Systems and Signal Processing*. 62–63: 284–295.
10. . Lundstrom, Troy; Baqersad, Javad; Niezrecki, Christopher; Avitabile, Peter (4 November 2012). "Using High-Speed Stereophotogrammetry Techniques to Extract Shape Information from Wind Turbine/Rotor Operating Data". In Allemang, R.; De Clerck, J.; Niezrecki, C.; Blough, J.R. (eds.). *Topics in Modal Analysis II*,

Volume 6. Conference Proceedings of the Society for Experimental Mechanics Series. Springer New York. pp. 269–275.

11. Anon. "Solar & Wind Powered Sign Lighting". Energy Development Cooperative Ltd. Retrieved 19 October 2013.

12. НОМІНАЛЬНА ПОТУЖНІСТЬ ВЕУ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://dbn.co.ua/blog/nominalna\\_potuzhnist\\_veu/2016-11-12-3889](https://dbn.co.ua/blog/nominalna_potuzhnist_veu/2016-11-12-3889). – Дата доступу: 10.11.2020.

13. ВИБІР ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІТРОГЕНЕРАТОРА І ЇХ ПОРІВНЯННЯ [Електронний ресурс] // <http://ecost.lviv.ua/> – Режим доступу до ресурсу: [http://ecost.lviv.ua/ua/osnov\\_parametr.html](http://ecost.lviv.ua/ua/osnov_parametr.html).

14. Основні параметри вітроустановки [Електронний ресурс] // [ecost.lviv.ua](http://ecost.lviv.ua). – 2010. – Режим доступу до ресурсу: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ojlE2O5tmh0J:ecost.lviv.ua/ru/osnov\\_parametr.html+&cd=1&hl=uk&ct=clnk&gl=ua](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ojlE2O5tmh0J:ecost.lviv.ua/ru/osnov_parametr.html+&cd=1&hl=uk&ct=clnk&gl=ua).

15. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: [http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/7713/1/%E2%84%9612\\_%D0%9C%D0%92%D0%A1%D0%A0\\_%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7\\_%D0%95%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80\\_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%85\\_%D0%9F%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9.pdf](http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/7713/1/%E2%84%9612_%D0%9C%D0%92%D0%A1%D0%A0_%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7_%D0%95%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D0%9F%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9.pdf). – Дата доступу: 10.11.2020.

16. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [https://pidru4niki.com/83013/tehnika/fizichni\\_osnovi\\_vikoristannya\\_energiyi\\_vitru](https://pidru4niki.com/83013/tehnika/fizichni_osnovi_vikoristannya_energiyi_vitru). – Дата доступу: 10.11.2020.

17. Onipko rotor wind station [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://onipko.com/wp-content/uploads/2013/12/Poster.pdf>. – Дата доступу: 10.11.2020.

18. Wind shear [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Wind\\_shear](https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_shear). – Дата доступу: 10.11.2020.

19. The way the wind speed increases with height above ground [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: [https://www.homerenergy.com/products/pro/docs/latest/wind\\_resource\\_variation\\_with\\_height.html](https://www.homerenergy.com/products/pro/docs/latest/wind_resource_variation_with_height.html). – Дата доступу: 10.11.2020.

20. Шорсткість поверхні [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Surface\\_roughness](https://en.wikipedia.org/wiki/Surface_roughness). – Дата доступу: 10.11.2020.

21 . Онлайн карти вітрів [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.windy.com/?49.270,25.922,8>. – Дата доступу: 10.11.2020.

22. Wind maps Online [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: Earth Nullschool. – Дата доступу: 10.11.2020.

23. Про ринок електричної енергії [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> – Дата доступу: 10.11.2020.

24. Wang, X.; Guo, P.; Huang, X. A review of wind power forecasting models. *Energy Procedia* 2011, 12, 770–778.

25. Dongmei, Z.; Yuchen, Z.; Xu, Z. Research on wind power forecasting in wind farms. In *Proceedings of the 2011 IEEE Power Engineering and Automation Conference (PEAM), Wuhan, China, 8–9 September 2011*.

26. Zhao, X.; Wang, S.; Li, T. Review of evaluation criteria and main methods of wind power forecasting. *Energy Procedia* 2011, 12, 761–769.

27. M. Lange, and U. Focken, “New developments in wind energy forecasting,” *IEEE Power and Energy Society General Meeting 2008 – Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century*, pp. 1–8, 20–24 July 2008.

28. Numerical weather prediction [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Numerical\\_weather\\_prediction#:~:text=Numerical%20weather%20prediction%20\(NWP\)%20uses,based%20on%20current%20weather%20](https://en.wikipedia.org/wiki/Numerical_weather_prediction#:~:text=Numerical%20weather%20prediction%20(NWP)%20uses,based%20on%20current%20weather%20)

conditions.&text=Post%2Dprocessing%20techniques%20such%20as,of%20errors%20in%20numerical%20predictions. – Дата доступа: 10.11.2020.

29. G. Giebel, G. Kariniotakis, and R. Brownsword, “The State-of-the-Art in Short-Term Prediction of Wind Power – A literature Review,[Online]: Available: [http://www.anemos-project.eu/download//ANEMOS\\_D1.1\\_StateOfTheArt\\_v1.1.pdf](http://www.anemos-project.eu/download//ANEMOS_D1.1_StateOfTheArt_v1.1.pdf).

30. Lei, M.; Shiyan, L.; Chuanwen, J.; Hongling, L.; Yan, Z. A review on the forecasting of wind speed and generated power. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2009, 13, 915–920.

31. Autoregressive-moving-average model [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Autoregressive%E2%80%93moving-average\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Autoregressive%E2%80%93moving-average_model). – Дата доступа: 10.11.2020.

32. Firat, U. Wind speed forecasting based on second order blind identification and autoregressive model. In *Proceedings of the 2010 Ninth International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)*, Washington, DC, USA, 12–14 December 2010.

33. Chang, W.–Y. A literature review of wind forecasting methods. *J. Power Energy Eng.* 2014, 2, 161–168.

34. G. Sideratos and N. Hatzigargyriou, “Using radial basis neural networks to estimate wind power production”, 1–4244–1298–6/07/\$25.00 © 2007 IEEE.

35. Xiaochen W. A Review of Wind Power Forecasting Models [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа до ресурсу: <https://cyberleninka.org/article/n/998015.pdf>. – Дата доступа: 10.11.2020.

36. B. Candy, S. J. English, and S. J. Keogh, “A Comparison of the impact of QuikScat and WindSat wind vector products on met office analyses and forecasts,” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 47, no.6, pp. 1632–1640, June 2009.

37. Short-term Forecasting Using Advanced Physical Modelling–The Results of the Anemos Project. Results from mesoscale, microscale and CFD modelling”, In



Proc. of the European Wind Energy Conference 2006, Athens, Greece, 27/2–2/3 2006.

38. Mean absolute error [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mean\\_absolute\\_error](https://en.wikipedia.org/wiki/Mean_absolute_error). – Дата доступу: 10.11.2020.

39. Стандартне відхилення [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Standard\\_deviation](https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_deviation). – Дата доступу: 10.11.2020.

40. Похибки та залишки [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%85%D0%B8%D0%B1%D0%BA%D0%B8\\_%D1%82%D0%B0\\_%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%88%D0%BA%D0%B8](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%85%D0%B8%D0%B1%D0%BA%D0%B8_%D1%82%D0%B0_%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%88%D0%BA%D0%B8). – Дата доступу: 10.11.2020.

41. Mean absolute percentage error [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mean\\_absolute\\_percentage\\_error](https://en.wikipedia.org/wiki/Mean_absolute_percentage_error). – Дата доступу: 10.11.2020.

42. Погода в Києві на 11–09–2020 [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://meteo.ua/ua/archive/34/kyiv/2020-09-11>. – Дата доступу: 10.11.2020.

43. Leading the web to its full potential [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.w3.org/>. – Дата доступу: 10.11.2020.

44. Dere M. How to integrate create–react–app with all the libraries you need to make a great app / Mohan Dere., 2018.

45. Eric E. Programming JavaScript Applications: Robust Web Architecture with Node, HTML5, and Moderns JS Libraries / Elliott Eric.

46. Herman D. Effective JavaScript: 68 Specific Ways to Harness the Power of JavaScript / David Herman., 2012. – (Effective Software Development Series; 1).

47. Jarrell E. Fetching API Data with React.JS [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://blog.hellojs.org/fetching-api-data-with-react-js-460fe8bbf8f2>. – Дата доступу: 10.11.2020.

48. Dere M. How to integrate create–react–app with all the libraries you need to make a great app / Mohan Dere., 2018.

49. GIT [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Git>. – Дата доступу: 10.11.2020.

50. GitHub Pages [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/GitHub\\_Pages](https://uk.wikipedia.org/wiki/GitHub_Pages). – Дата доступу: 10.11.2020.

51. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252–15#Text>. – Дата доступу: 10.11.2020.

52. Про затвердження Змін до Правил пожежної безпеки в Україні [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1048–17#n16>. – Дата доступу: 10.11.2020.

53. ДСТУ 3675–98. Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань (41026) [Електронний ресурс]. – 1998. – Режим доступу до ресурсу: [https://dnaop.com/html/41026/doc–%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3\\_3675–98](https://dnaop.com/html/41026/doc–%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_3675–98). – Дата доступу: 10.11.2020.

54. Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225–18#Text>. – Дата доступу: 10.11.2020.

55. Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання [Електронний ресурс]. 2019 – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15/98–%D0%B2%D1%80#Text>. – Дата доступу: 10.11.2020.

56. Sievert [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sievert>. – Дата доступу: 10.11.2020.

57. [https://nung.edu.ua/files/attachments/3–bezpeka–rad–avar–zp\\_tema\\_3.pdf](https://nung.edu.ua/files/attachments/3–bezpeka–rad–avar–zp_tema_3.pdf) [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: [https://nung.edu.ua/files/attachments/3–bezpeka–rad–avar–zp\\_tema\\_3.pdf](https://nung.edu.ua/files/attachments/3–bezpeka–rad–avar–zp_tema_3.pdf). – Дата доступу: 10.11.2020.

58. Ладыгин Е. А. Действие проникающей радиации на изделия электронной техники / Е. А. Ладыгин. – Москва: Советское радио, 1980. – 225 с.

59. Radiation hardening [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Radiation\\_hardening](https://en.wikipedia.org/wiki/Radiation_hardening). – Дата доступа: 10.11.2020.

# ДОДАТКИ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

**МАТЕРІАЛИ**

**VIII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



**9–10 грудня 2020 року**

**ТЕРНОПІЛЬ  
2020**

УДК 004:528

П. В. Німців, студент групи САМ-61, В. В. Никитюк, канд. техн. наук – Ph.D  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

### **Інформаційні сервіси та програмне забезпечення вибору геолокації для встановлення вітрогенераторів**

**P. Nimitsiv, student, V. Nykytyuk, Ph.D**

#### **Information services and software for geolocation selection for installation of wind turbines**

У будь-якій дискусії про проблему глобального потепління - відновлювана енергія, як правило, очолює список змін які світ може здійснити, щоб уникнути найгірших наслідків підвищення температури. Це тому, що відновлювані джерела енергії, такі як сонячна енергія та вітер, не виділяють вуглекислий газ та інші парникові гази, що сприяють глобальному потеплінню [1].

Розвиток даного виду отримання енергії створює робочі місця, робить електромережі більш стійкими, розширює доступ до енергії в країнах, що розвиваються, і допомагає знизити рахунки за енергію. Всі ці фактори сприяли поширенню відновлюваної енергетики за останні роки, коли вітер та сонячна енергія встановили нові рекорди з виробництва електроенергії [2].

Хоча і декотрим людям може не подобатись, як виглядають вітрові турбіни на горизонті і як вони звучать, але використання енергії вітру для генерації електроенергії та ціни на неї у світі що знижуються, виявляються занадто цінним ресурсом, який не можна залишити без уваги. Хоча більша частина енергії вітру надходить від турбін що розташовані у прибережній зоні, в останні п'ять років з'являються проекти розташування котрих знаходиться суто на морі. Інша проблема вітрогенераторів полягає в тому, що вони становлять небезпеку для птахів і кажанів, щорічно гинуть сотні тисяч, через зіткнення із лопастями вітрогенераторів. Також коливання, спричинені обертанням лопастей вітрогенератора, створюють шум, що є негативним фактором як для людини, так і для природи. Його наслідками є втрата середовища проживання для тварин.

Для вибору геолокації розташування вітрогенератора, сьогодні можна скористатись онлайн сервісами карт вітрів світу, котрі в режимі онлайн надають можливість перегляду даних швидкості вітру на певній території. Приклад швидкостей вітру із онлайн сервісу Windy [3], станом на перше листопада на території Тернопільської області.

Дані є найважливішими при виборі геолокації для встановлення вітрогенератора. Аналогом онлайн сервісу Windy є сервіс Earth Nullschool. Окрім швидкостей вітру, ці сервіси надають таку інформацію, як погоду, температуру і вологість, хвилі та океанічні течії, забруднення, насиченість вуглекислого газу в повітрі і інші. Відмінність між ними полягає в можливостях що демонструються в сервісі, а також що в Windy зображено геополітичний поділ та можливість отримання погодних даних на конкретну геолокацію зміни висоти заміру швидкості, в обох сервісах.

#### **Література:**

1. Evans, Annette; Strezov, Vladimir; Evans, Tim (June 2009). "Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13 (5): 1082–1088.
2. "MHI Vestas Launches World's First\* 10 Megawatt Wind Turbine". 26 September 2018.
3. Онлайн карти вітрів [Електронний ресурс] // Windy.com – Режим доступу до ресурсу: <https://www.windy.com/?49.270,25.922,8>.

УДК 519.21:537

П. В. Німців, студент групи САМ-61, В. В. Никитюк, канд. техн. наук – Ph.D  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

**Математична модель прогнозування генерації електроенергії вітрогенератором  
для комп'ютерно-інформаційної системи**

P. Nimitsiv, student, V. Nykytyuk, Ph.D

**Mathematical model for forecasting electricity generation by a wind turbine for a  
computer information system**

Ефективне планування виробництва енергії є важливою функцією енергетичних компаній, особливо в області прогнозування. Прогнозування енергії вітру є дуже важливим як для електромереж, так і для ринку електроенергії. У зв'язку з розвитком економічного механізму в Україні, спрямованого на заохочення генерації електроенергії відновлювальними джерелами енергії, попит їх встановлення збільшується. Для господарств різних розмірів, у процесі вибору вітрогенератора для локального встановлення постає питання часу окупності даної установки а також доцільність її встановлення. Відповіді на ці питання можна отримати спрогнозувавши генерацію електроенергії вітрогенератором.

Моделі прогнозування генерації базуються на прогнозування енергії вітру. Прогнозування енергії вітру можна розділити на дві загальні групи: перша група базується на аналізі архівів записів поведінки вітру, а друга група використовує прогнозовані значення на основі моделі чисельного прогнозування погоди, як вхідних даних. Останні роки використовуються підходи до (використання) навчання штучного інтелекту для прогнозування. Гібридні методи можуть включати використання обох цих складових.

Прогнозування відбувається для вибраного вітрогенератора, на основі його графіка залежності потужності від швидкості вітру, а також на неперед визначеній геолокації, для якої взяті дані записів швидкостей вітру. На рис. 1, наведено приклад розрахунку прогнозованого виробітку електроенергії на день, на основі даних погоди на 11 серпня 2020 та 2019 року для вітрогенератора Онипко за формулою 1.

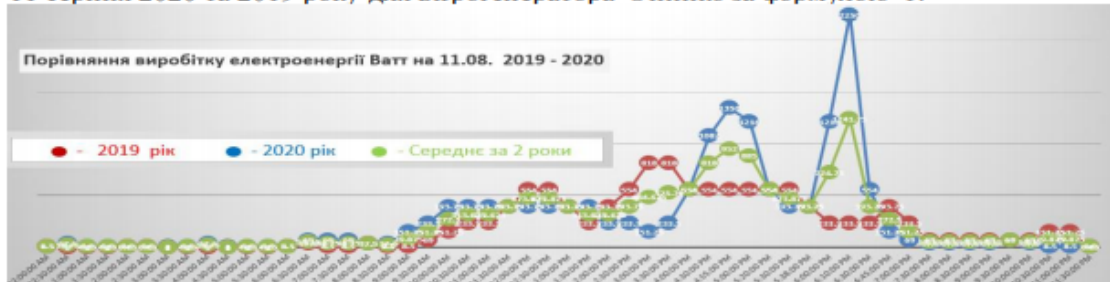
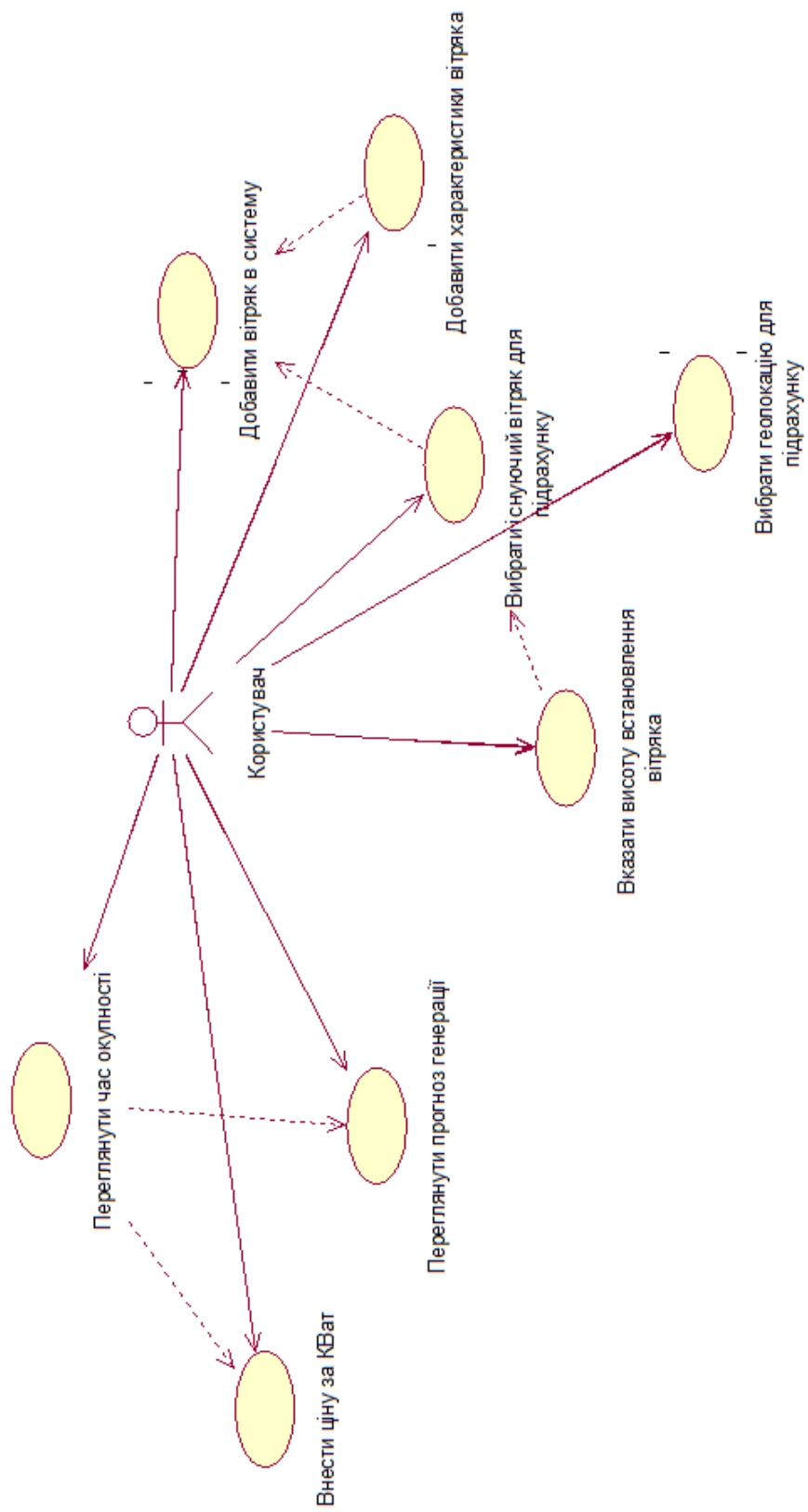


Рис. 1 – розрахунок прогнозованого виробітку електроенергії.

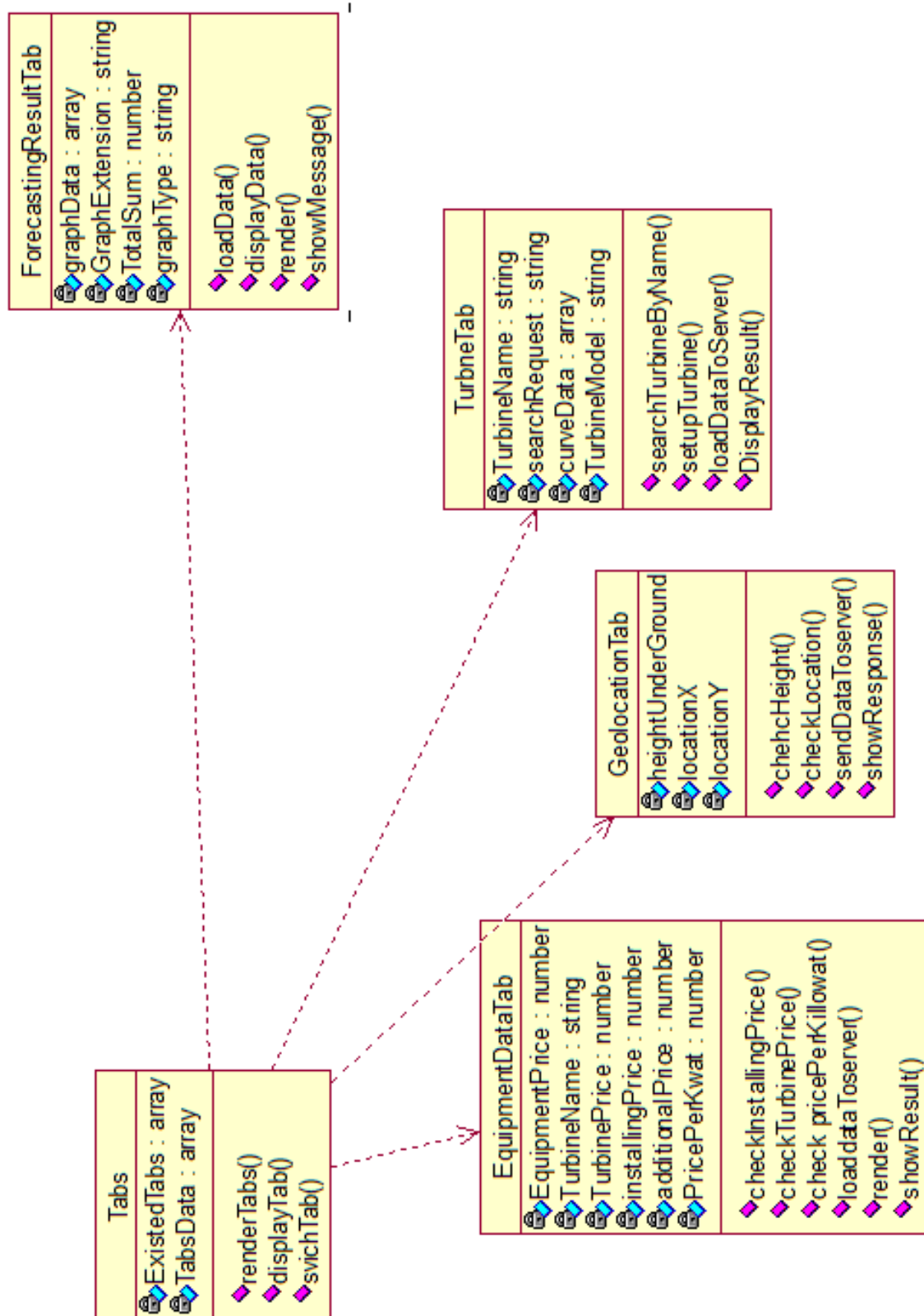
$$P_{\text{ген.}} = \sum F\left(\frac{V+V_1}{2}\right) * 0,5 \quad (1)$$

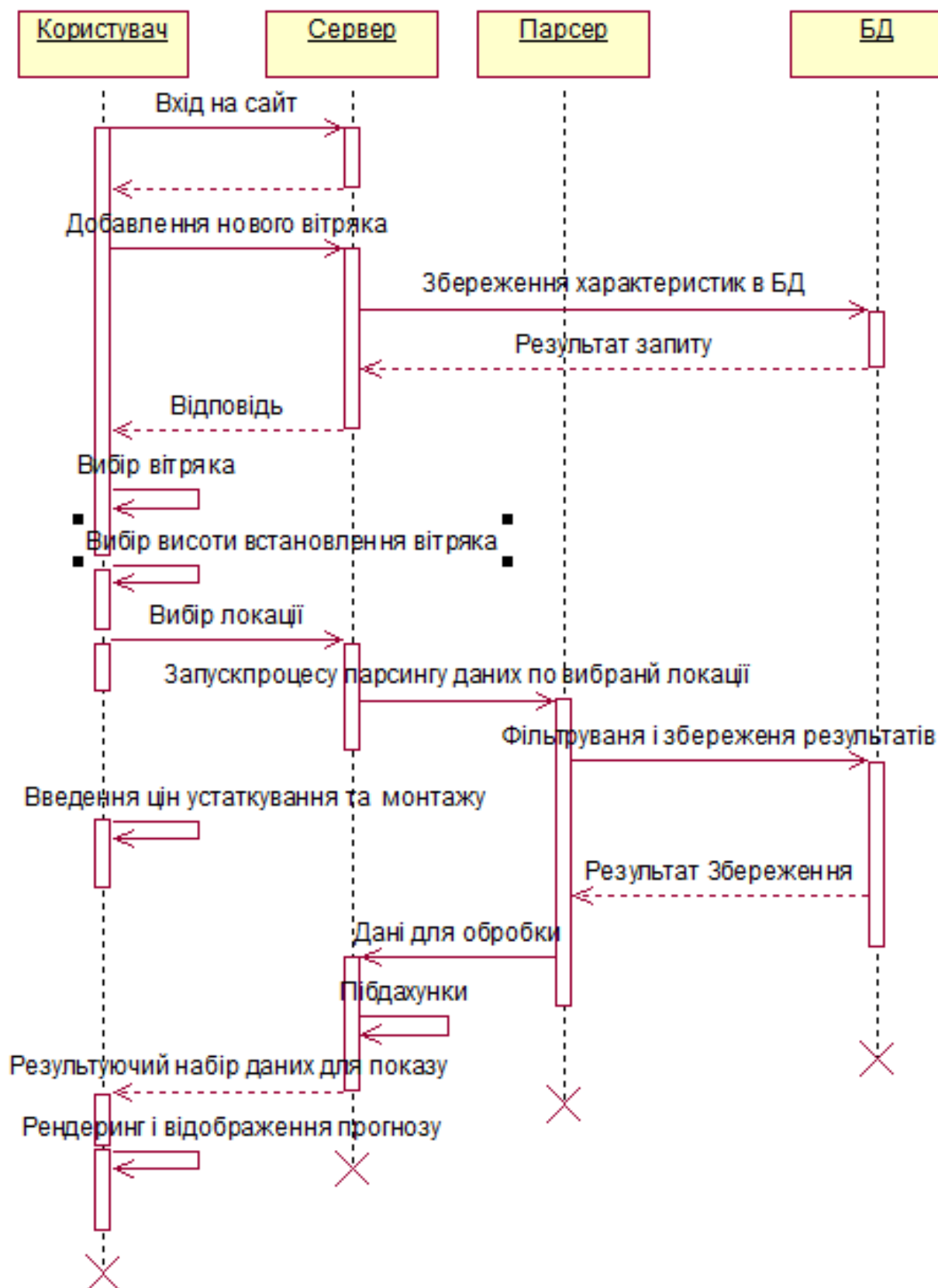
Де  $P_{\text{ген.}}$  – генерована енергія,  $V, V_1$  – швидкість вітру,  $F$  – функція генерованої енергії.

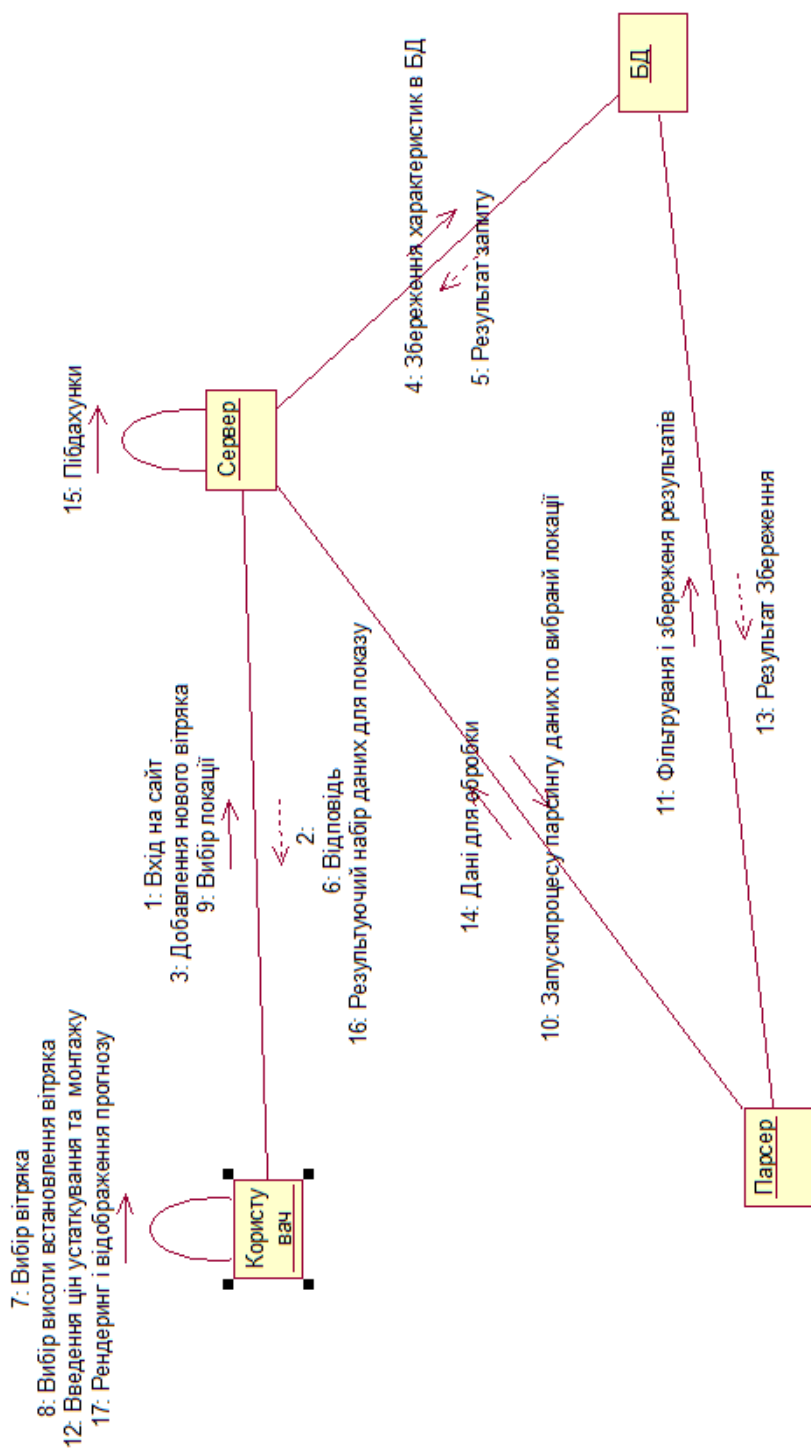
Виконавши цю процедуру для двох років і вирахувавши середнє значення згенерованої електроенергії, отримується прогнозоване значення виробітку вибраним вітрогенератором для вибраної геолокації. Виконавши дану процедуру на часовому масштабі в один рік з архівними даними погоди, можна отримати результат сумарної згенерованої електроенергії за рік, та проаналізувати доцільність встановлення вітрогенератора.











```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<meta name="viewport" content="width=device-width,
initial-scale=1">
<link rel="stylesheet" href="css/style.css">
<title>
    Інформаційна система прогнозу генерування
    електроенергії вітрогенератором
</title>
<style>
body {font-family:'Roboto', sans-serif;}

/* Style the tab */
.tab {
    overflow: hidden;
    border: 1px solid #ccc;
    display: inline-block;
    background-color: #f1f1f1;
}

/* Style the buttons inside the tab */
.tab button {
    background-color: inherit;
    float: left;
    border: none;
    outline: none;
    cursor: pointer;
    padding: 14px 16px;
    transition: 0.3s;
    font-size: 17px;
}
/* Change background color of buttons on hover */
.tab button:hover {
    background-color: #ddd;
}
/* Create an active/current tablink class */
.tab button.active {
    background-color: #EE9F1F;
}
/* Style the tab content */
.tabcontent {
    display: none;
    padding: 6px 12px;
    border: 1px solid #ccc;
```

```

    border-top: none;
}
.headerMain{
    align-self: center;
}
table , td{
    border: 1px solid black;
}
.search{
    display: flex;
}
.search input{
    margin-right: 10px;
    margin-bottom: 30px;
}
table,th,td
{
    border:2px solid green;
}
table
{
    border-collapse:collapse
}
td
{
    height:30px;
}
tbody tr:nth-child(even)
{
    background: #EE9F1F;
}
.nextButton
{
    position: relative;
    left: 40%;
}

input[type=button], input[type=submit],
input[type=reset] {
    background-color: #EE9F1F;
    border: none;
    color: white;
    padding: 16px 32px;
    text-decoration: none;
    margin: 4px 2px;
    cursor: pointer;
}

```

```

    }
    #Step2 h3{
display: inline;
    }
    canvas {
        -moz-user-select: none;
        -webkit-user-select: none;
        -ms-user-select: none;
    }
</style>
</head>
<script
src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=YOUR_API
_KEY&callback=initMap&libraries=&v=weekly"
    defer
    ></script>
    <script
src="https://www.chartjs.org/dist/master/chart.min.js"></s
cript>
    <script
src="https://www.chartjs.org/samples/master/utils.js"></s
cript>
    <script src="css/script.js"></script>
<body>

    <link rel="preconnect"
href="https://fonts.gstatic.com">
    <link
href="https://fonts.googleapis.com/css2?family=Roboto:wgh
t@300&display=swap" rel="stylesheet">
<h2 class="headerMain">Інформаційна система прогнозу
генерування електроенергії вітрогенератором</h2>
<p>Пройдіться поступово по крокам, щоб встановити прогноз
для вашої геолокації :</p>

<div class="tab">
    <button class="tablinks" onclick="openCity(event,
'Step1')">Крок 1 Вибір устаткування</button>
    <button class="tablinks" onclick="openCity(event,
'Step2')"><b>Крок 2 Вкажіть геолокацію</b></button>
    <button class="tablinks" onclick="openCity(event,
'Step3')">Крок 3 Вкажіть ціну обладнання</button>
    <button class="tablinks" onclick="openCity(event,
'Step4')"><b>Крок 4 Перегляду результатів</b></button>
</div>

```

```

<div id="Step1" class="tabcontent">
  <h3>Вибір устаткування</h3>
  <div class="search">
    <input type="button" value="Добавити новий
вітрогенератор">
    <input type="button" value="Вибрати існуючий">
  </div>
  <div class="editTable">
    <table>
      <header>Залежність потужності від швидкості для
вітрогенератора ОНИПКО</header>
      <tr>
        <td>1 <b>м/с</b></td>
        <td>2 <b>м/с</b></td>
        <td>3 <b>м/с</b></td>
        <td>4 <b>м/с</b></td>
        <td>5 <b>м/с</b></td>
        <td>6 <b>м/с</b></td>
        <td>7 <b>м/с</b></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><div contenteditable>7
<b>Vatt</b></div></td>
        <td><div contenteditable>138
<b>Vatt</b></div></td>
        <td><div contenteditable>467
<b>Vatt</b></div></td>
        <td><div contenteditable>1108
<b>Vatt</b></div></td>
        <td><div contenteditable>2164
<b>Vatt</b></div></td>
        <td><div contenteditable>2700
<b>Vatt</b></div></td>
        <td><div contenteditable>7000
<b>Vatt</b></div></td>
      </tr>
    </table>
  </div>
  <input class="nextButton" type="button" value="Далі">
</div>
<div id="Step2" class="tabcontent">
  <h3>Вкажіть висоту установлення над рівнем землі в
метрах</h3>
  <br>

```

```
<input type="number" value="3" style="display:
block;">
  <input class="nextButton" type="button" value="Далі"
style="display: block;">

  <iframe
src="https://www.google.com/maps/embed?pb=!1m18!1m12!1m3!
1d230118.62962255365!2d30.437019903442287!3d50.4136084298
60545!2m3!1f0!2f0!3f0!3m2!1i1024!2i768!4f13.1!3m3!1m2!1s0
x40d4cf4ee15a4505%3A0x764931d2170146fe!2sKyiv%2C%2002000!
5e0!3m2!1sen!2sua!4v1607165035654!5m2!1sen!2sua"
width="600" height="450" frameborder="0"
style="border:0;" allowfullscreen="" aria-hidden="false"
tabindex="0"></iframe>
</div>

<div id="Step3" class="tabcontent">
  <h3>Вкажіть ціну обладнання (грн)</h3>
  <br>
  <input type="number" value="60000" style="display:
block;">
  <input class="nextButton" type="button" value="Далі"
style="display: block;position: relative;top: -80px;">

  <h3>Вкажіть ціну встановлення (грн)</h3>
  <br>
  <input type="number" value="6000" style="display:
block;">

  <h3>Додаткові витрати (грн) </h3>
  <br>
  <input type="number" value="0" style="display:
block;">
  <h3><b>Поточна ціна за кіловат/годину по зеленому
тарифу</b></h3>
  <br>
  <input type="number" value="0" style="display:
block;">
</div>
<div id="Step4" class="tabcontent">
  <h3>Результат : середнє значення виробітку за рік
5413.5 Кват-годин, котрі продавши по зеленому тарифу 4,5
грн за кВат вкаже на час окупності від 3 до 4 років
</h3>
  <div style="width:75%;">
    <canvas id="canvas"></canvas>
```



```
    </div>
</div>
```

```
<script>
function openCity(evt, cityName) {
    var i, tabcontent, tablinks;
    tabcontent =
document.getElementsByClassName("tabcontent");
    for (i = 0; i < tabcontent.length; i++) {
        tabcontent[i].style.display = "none";
    }
    tablinks = document.getElementsByClassName("tablinks");
    for (i = 0; i < tablinks.length; i++) {
        tablinks[i].className =
tablinks[i].className.replace(" active", "");
    }
    document.getElementById(cityName).style.display =
"block";
    evt.currentTarget.className += " active";
}
</script>
```

```
</body>
</html>
```

## Інформаційна система прогнозу генерування електроенергії вітрогенератором

Пройдіться поступово по крокам, щоб встановити прогноз для вашої геолокації :

Крок 1 Вибір устаткування

Крок 2 Вкажіть геолокацію

Крок 3 Вкажіть ціну обладнання

Крок 4 Перегляду результатів

### Вибір устаткування

Добавити новий вітрогенератор

Вибрати існуючий

Залежність потужності від швидкості для вітрогенератора ОНИПКО

1 м/с	2 м/с	3 м/с	4 м/с	5 м/с	6 м/с	7 м/с
7 Watt	138 Watt	467 Watt	1108 Watt	2164 Watt	2700 Watt	7000 Watt

Далі

Крок 1 Вибір устаткування

Крок 2 Вкажіть геолокацію

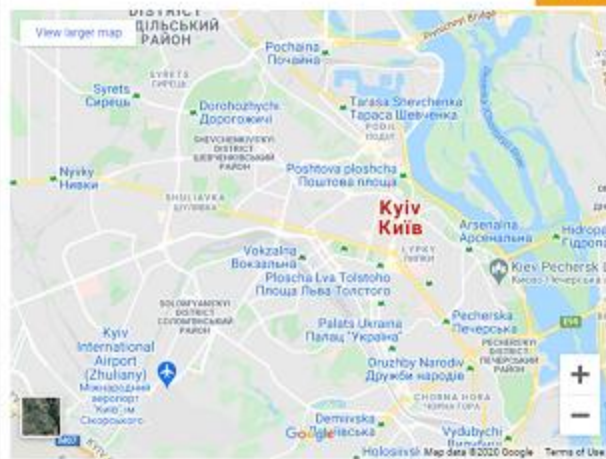
Крок 3 Вкажіть ціну обладнання

Крок 4 Перегляду результатів

Вкажіть висоту установлення над рівнем землі в метрах

3

Далі



## Інформаційна система прогнозу генерування електроенергії вітрогенератором

Пройдіться поступово по крокам, щоб встановити прогноз для вашої геолокації :

Крок 1 Вибір устаткування

Крок 2 Вкажіть геолокацію

Крок 3 Вкажіть ціну обладнання

Крок 4 Перегляду результатів

Вкажіть ціну обладнання (грн)

60000

Далі

Вкажіть ціну встановлення (грн)

6000

Додаткові витрати (грн)

0

Поточна ціна за кіловат/годину по зеленому тарифу

0

Результат : середнє значення виробітку за рік 5413.5 Кват-годин, котрі продавши по зеленому тарифу 4,5 грн за кват вкаже на час окупності від 3 до 4 років

