

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ  
ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ  
АЛГОРИТМУ ДЕРЕВА РІШЕНЬ**

***М. О. Кіктєв, кандидат технічних наук, доцент***

***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

*E-mail [nkiktev@ukr.net](mailto:nkiktev@ukr.net)*

***В. В. Осипенко, доктор технічних наук***

***Національний технологічний університет, Київ***

*E-mail [vvo7@ukr.net](mailto:vvo7@ukr.net)*

***М. Б. Панасюк, студент***

***Є. О. Молітвін, студент***

*E-mail [mikola.panasyuk.01@gmail.com](mailto:mikola.panasyuk.01@gmail.com), [molitvin.zhenia2001@gmail.com](mailto:molitvin.zhenia2001@gmail.com)*

***Національний університет імені Тараса Шевченка***

**Анотація.** Для ефективного вирішення нових завдань керування відновлюваними джерелами енергії необхідні інновації в моделюванні, експлуатації та керуванні енергосистемою. Завдяки ефективному використанню відновлюваних джерел енергії системи керування здатні задовольнити потреби навантаження та мінімізувати витрати на енергію.

Метою дослідження є розробка та створення розподіленої інформаційної системи для проведення аналізу, обробки та зберігання метеорологічних даних, удосконалення методики вибору найбільш ефективного джерела електроенергії, розрахунку та прогнозу показників енергоспоживання.

У статті описано розроблену інформаційну систему ефективного використання відновлюваних джерел електроенергії, яка забезпечує зберігання метеорологічних відомостей та прийняття рішення про доцільність використання джерела енергії. Інформація про погоду представлена номером станції, від якої передаються відомості, датою та часом проведення досліджень, індексом ультрафіолету, індексом потужності вітру, координатою на карті. Оператор має можливість виконувати аналіз погоди кожної станції окремо для планування ефективної роботи відновлюваних джерел електричної енергії. Розрахунок потужності виробленої енергії, а також її прогнозування виконується на основі моделі ARIMA. База даних побудована на реляційній моделі даних, для розробки програми використана мова програмування PHP та СУБД phpMyAdmin. Також використано інтернет-сервіси Google Map API (для визначення координати

розташування джерела відновлювальної енергетики населеного пункту) та *weatherbit.io* (для визначення погоди).

**Ключові слова:** *електроенергія, вартість, станції, погодні умови, прогнозування, розподілена інформаційна система, база даних, програма, графічний інтерфейс*

**Актуальність.** Нині електростанції, що використовують альтернативні джерела енергії, такі як сонячні та вітрові електростанції, наразі частіше зустрічаються. Для ефективного вирішення нових проблем управління необхідні інновації при моделюванні, експлуатації та управлінні енергетичною системою. Системи підключеного контролю та комунікації створюють як можливості, так і проблеми для майбутнього розвитку систем відновлюваної енергії. Використання алгоритмів керування енергоспоживанням може зменшити споживання і тим самим заощадити гроші споживачів. Завдяки ефективному використанню відновлюваних джерел енергії, імпортованих з мережі, системи керування можуть задовольнити потреби навантаження та мінімізувати витрати на енергію, пов'язані зі сценарієм. На основі ідеї інтелектуальної мережі (Smart-Grid та Microgrid Systems) це дослідження планує розробити схему керування відновлюваними ресурсами в поєднанні з акумулятором, реалізованою за допомогою динамічної бази даних, методів прогнозування та алгоритму прийняття рішень. Комп'ютерне моделювання у вигляді тестування системи підтверджує ефективність цього підходу.

За результатами метеорологічних спостережень ґрунтуються всі типи прогнозів та попереджень про спонтанні явища, а також процеси оптимізації ефективного використання відновлюваних джерел електричної енергії. Тому сьогодні багато уваги приділяється оптимізації процесів збору та зберігання плоскості. Оскільки метеорологічні центри фізично розташовані сотні і тисячі кілометрів один від одного, існує потреба створити єдину централізовану базу, до якої будуть доступні працівники місцевих метеорологічних станцій. Тобто створюється розподілена база даних.

Основним завданням, яке лежить в основі цього дослідження, є створення інформаційної системи та додаток для автоматизованого обліку виробництва енергії генеративної станції вітру. Розвинене рішення повинно мати таку функціональність:

пошук нашого місцезнаходження; надання даних з будь-якого міста світу; прогнозування даних для вибраного міста; надання даних про швидкість вітру обраного міста; вихід статистики швидкості вітру у вибраному місті; розрахунок виробництва енергії на генеративній станції вітру відповідно до даних про швидкість вітру; виведення статистики виробництва енергії у вибраному місті; можливість порівняння; виведення статистики для порівняння виробництва енергії в різних містах.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Системи мікрогрід з відновлюваними джерелами електроенергії (сонячна енергія з використанням концентраторів, вітрогенератор вертикального розташування, воднева автономна установка), як елемент енергосистеми концепції Smart Grid [1] дозволяють організувати весь цикл отримання, використання та зберігання електроенергії. Для побудови таких систем необхідне отримання даних метеослужби з інтернету, обробка їх та прийняття рішень про те, яке джерело електроенергії доцільно використовувати на даний час доби, пору року, за поточних погодних умов. Завдання побудови мікрогрід системи може вирішуватися шляхом створення віртуальної електростанції (VPP), що є структурою, яка поєднує в собі елементи трьох видів [2]: розосереджені генератори (вітроустановки, фотоелектричні станції, міні- та мікро ТЕЦ тощо); споживачі-регулятори навантаження (побутові та промислові); системи акумулювання енергії. Для визначення джерела енергії, яке економічно ефективно в даний момент часу, необхідно класифікувати сукупність погодних, сезонних та тимчасових факторів, що можна реалізувати за допомогою методів кластерного аналізу.

У роботі дослідників університету Антильських островів (французька територія) Ruddy Blonbou та ін. [3] показано, що динамічний підхід до керування зарядом та розрядом на рівні системи накопичення енергії забезпечує гарну якість обслуговування (енергоефективне відключення потужності, згладжування потужності та зниження невизначеності) при зменшеній ємності накопичення з прикладу енергії вітру.

У статті російських дослідників Т. А. Шестопалової та ін. [4] розглянуто систему управління комплексом альтернативних джерел енергії з прогнозуванням стану.

Питання управління альтернативними джерелами електроенергії за допомогою системи «МайстерСКАДА» розглянуто на сайті компанії ТОВ «ІнСАТ» А. М. Підлісним та А. А. Зайко (Росія) [5] та у магістерській роботі студента НТУУ «КПІ» Д. М. Палія [10].

У роботах українських дослідників В. В. Каплуна та В. В. Осипенко [6-8] розглядається формування питомого умовно-динамічного тарифу (УДУ), що є інтегральним показником, залежить від часу, з урахуванням тарифів як від загальних мереж, та від відновлюваних джерел енергії. Результати цього дослідження можуть бути використані в процесах ціноутворення на електроенергію для мікромереж або динамічного керування інтелектуальною мережею з відновлюваними джерелами.

У роботі [12] наведено огляд завдань та сфер застосування Microgrid, аналіз існуючих методів прогнозування та управління, розробка алгоритмів прогнозування енергоспоживанням, а також розробка алгоритмів управління навантаженням та зниження пікових навантажень.

Розробка програмного інтерфейсу та проектування баз даних для цієї задачі описано в роботах за участю авторів цієї статті М. О. Кіктева, В. В. Осипенка та ін. [11-13]. У публікаціях [12-13] описано створення динамічної бази даних метеорологічних умов та кластеризація даних методом k-середніх для подальшого визначення найбільш відповідного джерела електроенергії в залежності від погодних умов та пори року. У статті [11] розроблено алгоритм прийняття рішень та програмний інтерфейс для системи управління джерелами відновлювальної енергетики. У публікації співробітниці університету Тулузи (Франція) Catherine Bobtcheff [6] розглянуті питання оптимального динамічного управління джерелами відновлювальної енергетики за умов невизначеності.

**Мета дослідження** - розробити та створити розподілену інформаційну систему для аналізу, обробки і зберігання метеорологічних даних, покращити методологію

вибору найбільш ефективного джерела електроенергії, розрахунку та прогнозування показників споживання енергії.

### Матеріали та методи дослідження.

*Математична модель вирішення проблеми.*

Створена енергія обчислюється формулою:

$$E = S * P_w * r_w + U * P_s * r_s,$$

де  $E$  – прогнозована генерована енергія;  $S$  – індекс швидкості вітру;  $r_w$  – випадкове значення в діапазоні  $[0,5, 1]$ , що імітує побічні ефекти на ефективність вітряного млини;  $U$  – індекс ультрафіолетового випромінювання;  $r_s$  – випадкове значення в діапазоні  $[0,5, 1]$ , що імітує побічні ефекти на ефективність сонячних батарей.

*Дерево рішень.* У рамках нашого завдання ми використовуємо класифікацію даних про погоду за рішеннями для визначення найкращого режиму роботи. Дерево рішень для нашої проблеми показано на рис. 1. Важливим компонентом представлення концептуальної моделі є діаграми потоків даних. На першому етапі його створення ми розробляємо схему контекстних потоків (рис. 2), завдяки якій буде чітко зображена взаємодія системи з іншими модулями. Надалі ми розширимо діаграму, деталізуючи процеси та потоки даних. Рекомендований режим визначається на основі метеорологічних показників з використанням дерева рішень, показаних на рис. 1. Узагальнений алгоритм визначення рекомендованого режиму роботи показаний на рис. 3.

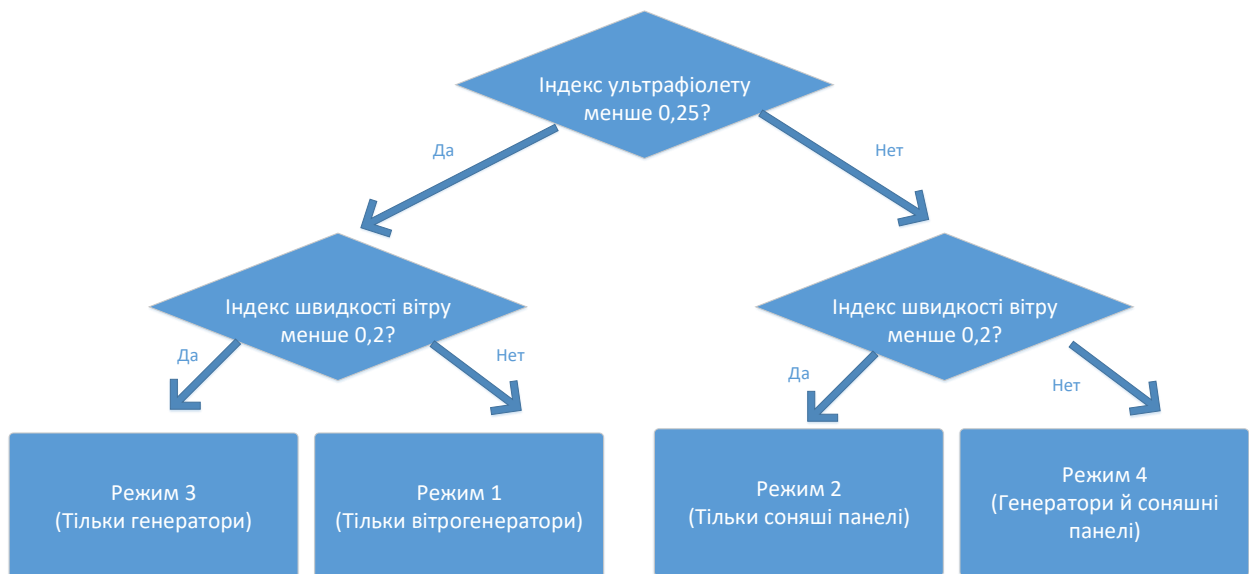
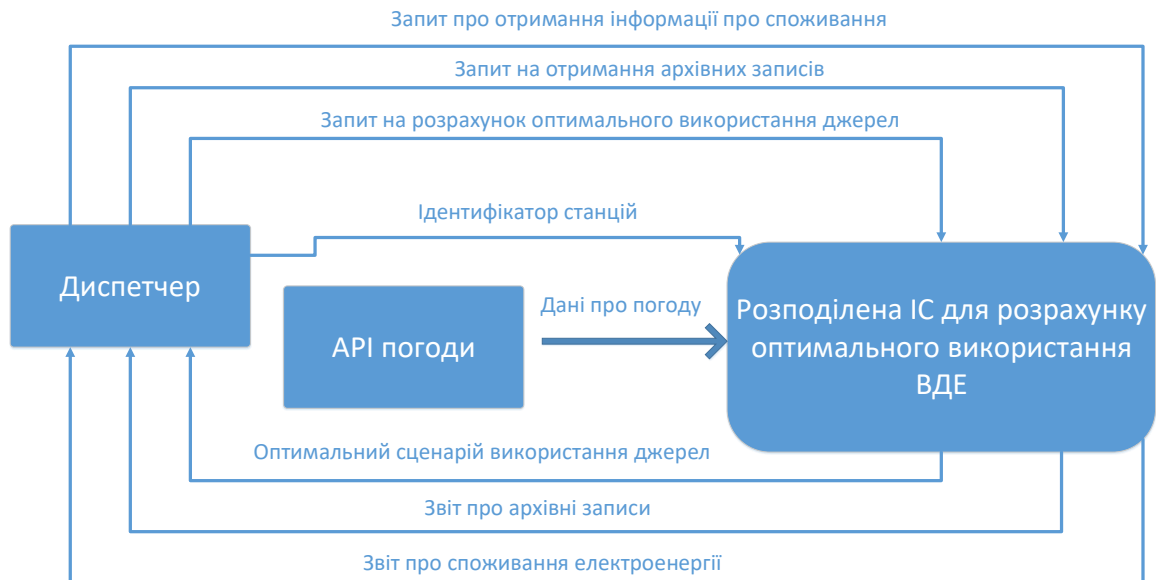


Рис. 1. Дерево класифікації



**Рис. 2. Контекстна діаграма потоків даних**

*Проектування бази даних.* На етапі розробки бази даних необхідно проаналізувати тематичну область, тобто визначити об'єкти предметної області та взаємозв'язок між ними. Ми описуємо тематичну область, яка буде використовуватися в інформаційній системі.



**Рис. 3. Узагальнив схему алгоритму для визначення рекомендованого режиму роботи**

Об'єкти та атрибути предметної області: *Станція – споживання* (1:N), *Станція – Погода* (1:N), *Станція – Джерело* (1:N), *Станція – Архів* (1:N), *Архів – Режим роботи* (1:N). На наступному кроці збудуємо саму логічну модель з використанням опису, наведеного вище.

На рис. 4 представлено схему таблиць бази даних. База даних включає 6 таблиць: *Станції*, *Споживання*, *Погода*, *Джерела*, *Архів*, *Режими*. На рис. 4 представлена схема взаємозв'язків таблиць бази даних. База даних включає 6 таблиць: *Станції*, *Споживання*, *Погода*, *Джерела*, *Архів*, *Режими*. Як впливає зі схеми, цілісність бази даних лише на рівні таблиць забезпечена наявністю первинних ключів у кожному. Провівши аналіз потреб нашої бази даних, було обрано СУБД phpMyAdmin. Створимо базу даних *ELECTRICITY* відповідно до даталогічної моделі. Засобами СУБД визначаємо ключі та інші властивості атрибутів відповідно до рис. 4. На рис. 5-7 показано головне вікно бази даних та структура двох таблиць (*Споживання* та *Погода*), при цьому показані властивості тих атрибутів, що вимагають їх встановлення (визначення).

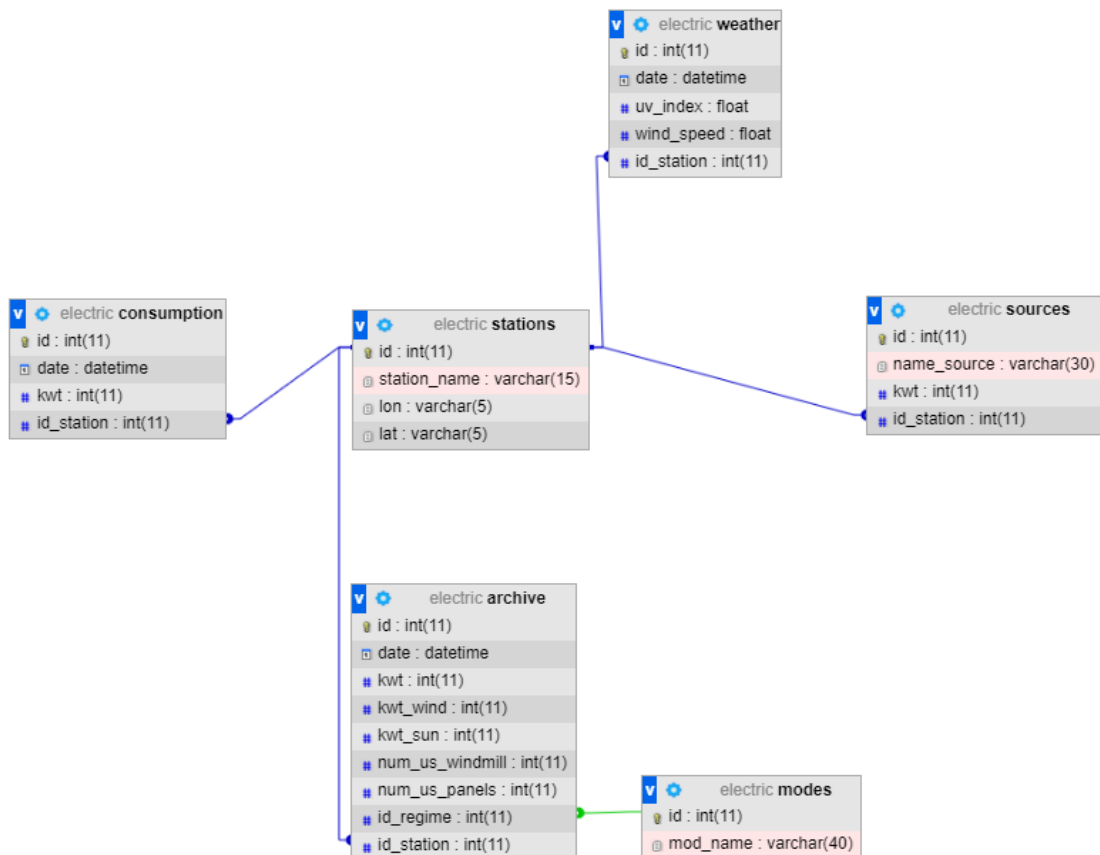


Рис. 4. Діаграма відносин таблиці баз даних

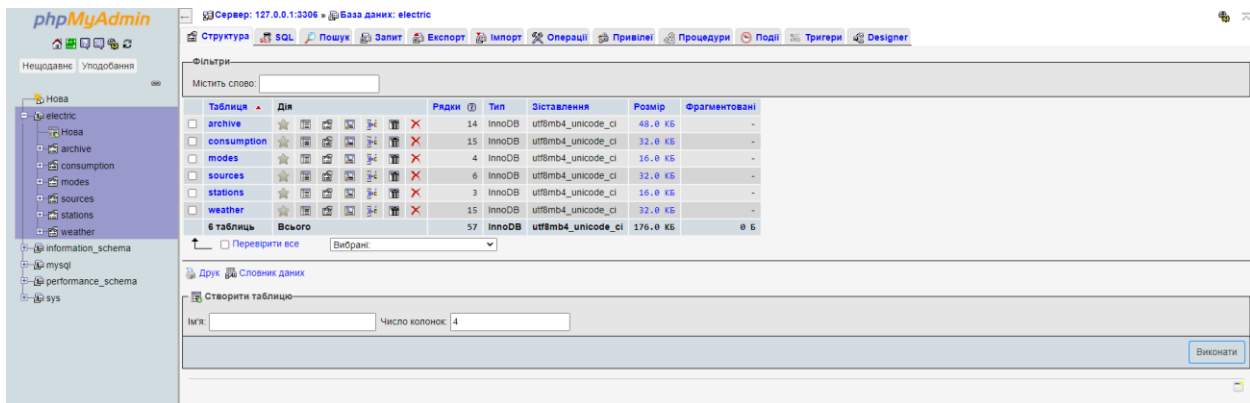


Рис. 5. Основне вікно бази даних

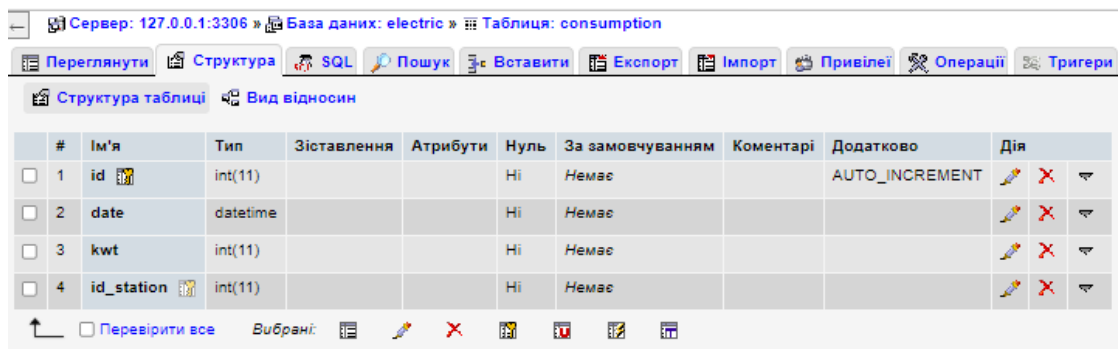


Рис. 6. Структура таблиці "Споживання"

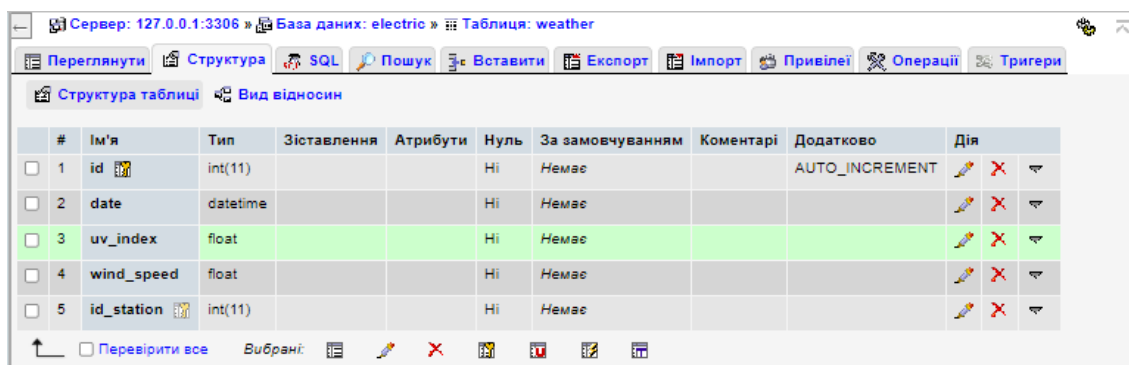


Рис. 7. Структура таблиці «Погода»

Перейдемо до створення самої програми. На цьому етапі ми визначаємо структуру програми. Почнемо розробку нашого запиту про виконання запитів. Необхідно знайти останні дані про погоду. На рис. 8 показує форму запиту мовою SQL та на рис. 9 Результат запиту "Дані про прогнози погоди та рекомендований режим".

```
$sql = "SELECT `stations`.`station_name`, `weather`.`date`, `weather`.`uv_index`, `weather`.`wind_speed`
FROM `stations` INNER JOIN `weather` ON `stations`.`id` = `weather`.`id_station`
ORDER BY `weather`.`id` DESC";
```

Рис. 8. Бланк запиту № 1 на мові

SQL

| Назва станції | Дата                | Індекс ультрафіолету | Індекс сили вітру |
|---------------|---------------------|----------------------|-------------------|
| Київ          | 2021-12-14 12:12:00 | 0.09                 | 0.342             |

Рис. 9. Результат виконання запиту №1

Наступний запит дозволяє вивести дані з архіву з назвами режимів та станцій замість ідентифікаторів від останнього до першого (рис. 10) та вивести дані щодо споживання, включаючи назви станцій замість ідентифікаторів на запит (рис. 11). Виведемо дані із архіву сценаріїв (рис. 12). Згенеруємо графіки роботи вітрогенераторів та сонячних панелей по станціях (рис. 13-14).

```
$sql = "SELECT *, `archive`.`id` AS `aid`
FROM `archive` INNER JOIN `modes` ON `archive`.`id_regime` = `modes`.`id`
INNER JOIN `stations` ON `archive`.`id_station` = `stations`.`id`
ORDER BY `archive`.`id` DESC";
```

Рис. 10. Бланк запиту № 2 на мові

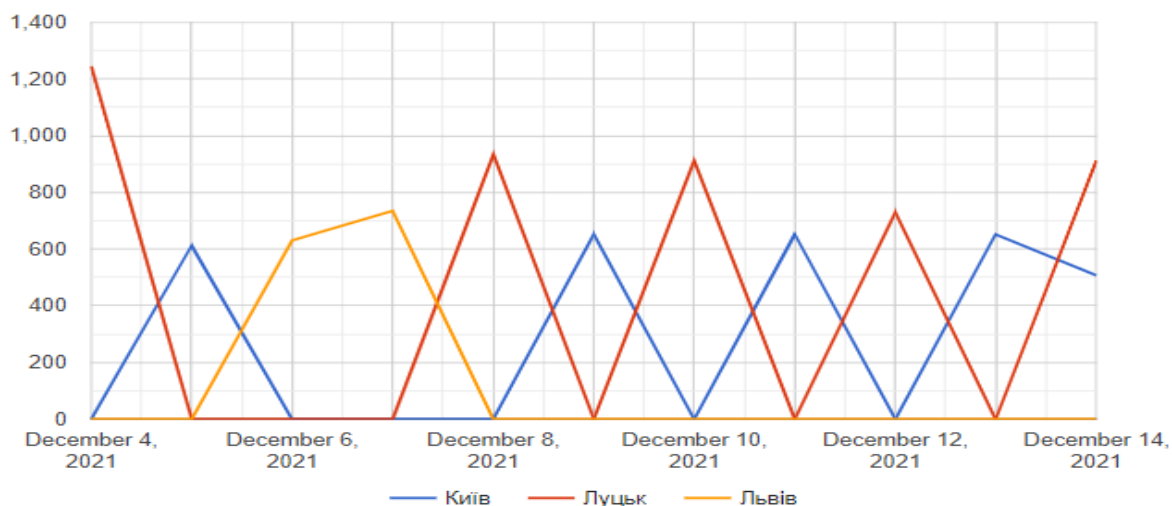
SQL

```
$sql = "SELECT *, `consumption`.`id` AS `cid`
FROM `consumption` INNER JOIN `stations` ON `consumption`.`id_station` = `stations`.`id`
ORDER BY `cid` DESC";
```

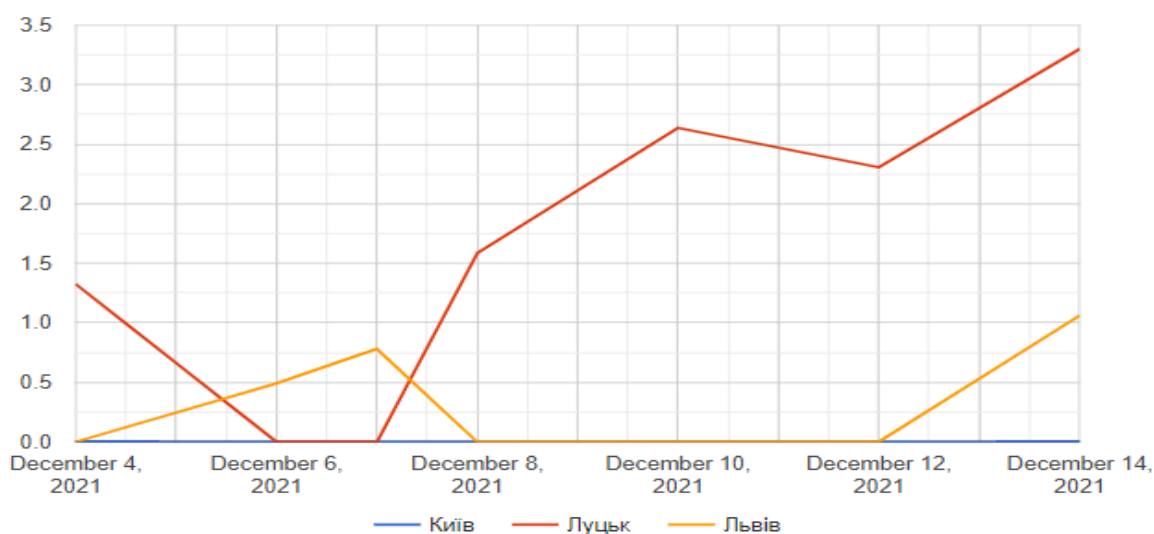
Рис. 11. Бланк запиту № 3 на мові SQL

| Ідентифікатор запису | Дата                | Згенеровано всього енергії(кВт) | Згенеровано енергії вітряками(кВт) | Згенеровано енергії сонцем(кВт) | Кількість задіяних вітряків | Кількість задіяних панелей | Режим           | Станція |
|----------------------|---------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------|---------|
| 47                   | 2021-12-14 15:12:41 | 3939                            | 3939                               | 0                               | 6                           | 0                          | Тільки вітряки  | Київ    |
| 45                   | 2021-12-14 03:12:44 | 1704                            | 912                                | 792                             | 1                           | 240                        | Вітряки, Панелі | Луцьк   |
| 44                   | 2021-12-14 03:12:43 | 2029                            | 2029                               | 0                               | 4                           | 0                          | Тільки вітряки  | Київ    |
| 43                   | 2021-12-14 03:12:14 | 1518                            | 1414                               | 104                             | 4                           | 98                         | Вітряки, Панелі | Львів   |
| 42                   | 2021-12-13 01:12:53 | 1956                            | 1956                               | 0                               | 3                           | 0                          | Тільки вітряки  | Київ    |
| 41                   | 2021-12-12 01:12:15 | 3482                            | 2918                               | 563                             | 4                           | 244                        | Вітряки, Панелі | Луцьк   |

Рис. 12. Дані з архіву сценаріїв



**Рис. 13. Графіки роботи вітрогенераторів**



**Рис. 14. Графіки роботи сонячних панелей**

Веб-браузер дає нам можливість отримати лише довготу та широту вашого розташування, тому щоб визначити місто, в якому ви знаходитесь, нам потрібно підключити Google Map API для визначення назви міста. Для зручності розуміння даних виведемо їх у екран (рис. 15). Тепер, коли ми можемо отримати прогноз погоди в будь-якому місті, додаємо можливість обчислювати потужність вітряків, щоб зрозуміти, чи є сенс його там улаштувати. Спочатку отримаємо дані швидкості вітру, визначимо середній показник та створимо графік (рис. 16).



Рис. 15. Інтерфейсна форма прогнозу погоди

Рекомендований режим визначається з урахуванням метеорологічних показників з допомогою дерева рішень, наведеного на рис.1. Тепер ми можемо працювати з назвою міста, довготою та широтою. Цих даних нам достатньо для того, щоб отримати інформацію про погоду через [www.weatherbit.io](http://www.weatherbit.io), але спочатку потрібно отримати ключ. Для безкоштовного користування є певні обмеження. Як ми бачимо за середньої швидкості 3,89 м/с, середня потужність вітряної станції буде 74.77 кВт. Щоб зрозуміти, в якому місті краще встановлювати станції, нам потрібно порівняти дані в різних містах, для цього створимо таку можливість.

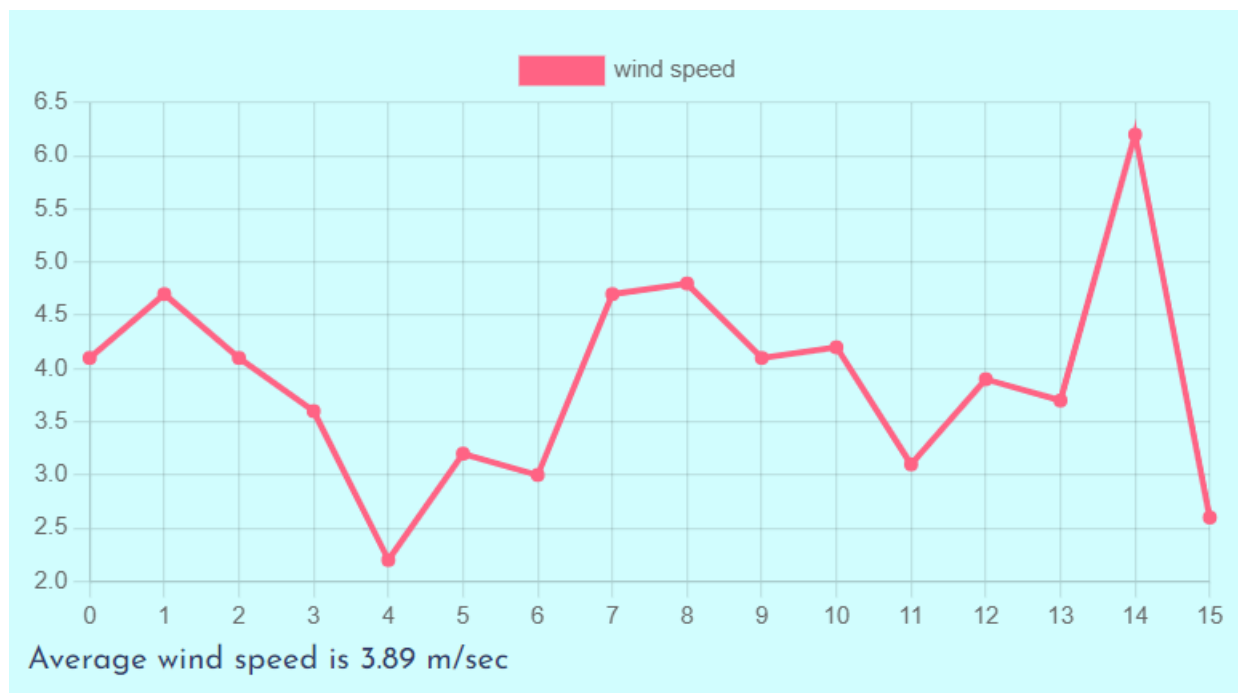


Рис. 16. Лінійний графік швидкості вітру

**Висновки та перспективи.** Результатом виконання дослідження стала розробка працюючого додатку на підставі розподіленої бази даних, що дозволяє автоматизувати введення метеорологічних даних та проводити класифікацію погодних даних для ефективної роботи поновлюваних джерел електричної енергії.

Розроблена система відповідає всім вимогам предметної області, таблиці створеної бази даних відповідають вимогам нормалізації, що дозволяє забезпечити цілісність даних.

Засобами html, css, php і phpMyAdmin створений зручний інтерфейс користувача, що робить використання всіх функцій системи ефективним. Додаток дозволяє вирішити всі завдання, визначені під час постановки завдання дослідження.

Для проведення класифікації погодних даних було обрано метод дерева рішень, за результатами якого були успішно класифіковані.

#### **Список використаних джерел**

1. Калашников В. И., Ткаченко С. Н., Хижняк П. А. Автономные микрогрид-системы с возобновляемыми источниками энергии, как элемент концепции smart grid. Перспективы развития. Вісник НТУ «ХПІ». 2015. Вып. 12 (1121). С. 374-378.
2. Денисюк С. П., Горенко Д. С. Аналіз проблем впровадження віртуальних електростанцій. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2016. № 2. С. 25-33.
3. Ruddy Blonbou, Stéphanie Monjoly and Jean-Louis Bernard. Dynamic Energy Storage Management for Dependable Renewable Electricity Generation [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/265074854\\_Dynamic\\_Energy\\_Storage\\_Management\\_for\\_Dependable\\_Renewable\\_Electricity\\_Generation](https://www.researchgate.net/publication/265074854_Dynamic_Energy_Storage_Management_for_Dependable_Renewable_Electricity_Generation)
4. Shestopalova T. A., Boldyrev I. A., Smirnov A. A. Control system of alternative energy sources with prediction of a condition. Alternative Energy and Ecology (ISJAEE). 2015;(17-18):176-180. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.isjaee.com/jour/article/view/98/0>
5. Подлесный А. М., Зайко А. А. Альтернативные источники энергии под управлением MasterSCADA [Електронний ресурс]. Режим доступа: <https://masterscada.insat.ru/articles/?id=43488>
6. Catherine Bobtcheff. Optimal Dynamic Management of a Renewable Energy Source under Uncertainty [Electronic resource]. Access mode: <https://www.jstor.org/stable/41615497?read-now=1&seq=1>
7. Osypenko V., Kaplun V. Modeling of Dynamic Energy-Management Scenarios in Local Polygeneration Microgrids Using Inductive Bi-clustering Algorithm. 2019 IEEE

14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). Lviv. P.183-186.

8. Osypenko V., Kaplun V. About Using Electricity Pricing For Smart Grid Dynamic Management With Renewable Source [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8764224>

9. Osypenko V., Kaplun V. On Modeling-Based Elements of an Intelligent System for Cost-Effective Dispatching of Energy Islands with Photovoltaic Sourcing [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8526738>

10. Палій Д. М.. Керування енергоспоживанням в SmartGrid. Магістерська дисертація зі спеціальності «Електронні системи». Київ: НТУУ «КПІ», 2018. 114 с.

11. Шкурпела Н. Ю., Кіктев М. О. Використання кластерного аналізу для обробки метеорологічних даних для ефективного використання відновлювальних джерел електричної енергії. Збірник тез міжнародної науково-практичної конференції «Теоретико-практичні аспекти аналізу економіки, обліку, фінансів і права» 18.06.2020. Ч. 1. С. 66-67.

12. Kiktev N., Osypenko V., Kalivoshko O., Kutyrev A. Information System for Decision-Making in the Management of Renewable Energy Sources in the Microgrid System. Proceedings of the II International Scientific Symposium "Intelligent Solutions" (IntSol-2021). Kyiv - Uzhhorod, Ukraine, September 28-30 2021. P. 101-110.

13. Kiktev, N., Osypenko, V., Shkorpela, N., Balaniuk, A. Input Data Clustering for the Efficient Operation of Renewable Energy Sources in a Distributed Information System. International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies. 2020. 2. P. 119–122, 9321940.

## References

1. Kalashnikov, V. I., Tkachenko, S. N., Khizhniak P. A. (2015). Avtonomnye mikrogrid-sistemy s vozobnovljaemymi istochnikami jenerгии, kak jelement koncepcii smart grid. Perspektivy razvitija [Autonomous microgrid systems with renewable energy sources as part of the smart grid concept. Development prospects]. Visnyk NTU «KhPI», 12 (1121), 374-378.

2. Denisiuk, S. P., Gorenko, D. S. (2016). Analiz problem vprovadzhennya virtual`ny`x elektrostancij [Analysis of problems of implementation of virtual power plants]. Energety`ka: ekonomika, tehnologiya, ekologiya, 2, 25-33.

3. Ruddy Blonbou, Stéphanie Monjoly, Jean-Louis Bernard. Dynamic Energy Storage Management for Dependable Renewable Electricity Generation [Electronic resource]. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/265074854\\_Dynamic\\_Energy\\_Storage\\_Management\\_for\\_Dependable\\_Renewable\\_Electricity\\_Generation](https://www.researchgate.net/publication/265074854_Dynamic_Energy_Storage_Management_for_Dependable_Renewable_Electricity_Generation)

4. Shestopalova, T. A., Boldyrev, I. A., Smirnov, A. A. (2015). Control system of alternative energy sources with prediction of a condition. Alternative Energy and Ecology (ISJAEE), 17-18, 176-180. [Electronic resource]. Available at: <https://www.isjaee.com/jour/article/view/98/0>

5. Podlesnyj, A. M., Zajko, A. A. Al'ternativnye istochniki jenerгии pod upravleniem MasterSCADA [Alternative energy sources managed by MasterSCADA]. [Electronic resource]. Available at: <https://masterscada.insat.ru/articles/?id=43488>
6. Catherine Bobtcheff. Optimal Dynamic Management of a Renewable Energy Source under Uncertainty [Electronic resource]. Available at: <https://www.jstor.org/stable/41615497?read-now=1&seq=1>
7. Osypenko, V., Kaplun, V. (2019). Modeling of Dynamic Energy-Management Scenarios in Local Polygeneration Microgrids Using Inductive Bi-clustering Algorithm. 2019 IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). Lviv, 183-186.
8. Osypenko, V., Kaplun, V. About Using Electricity Pricing For Smart Grid Dynamic Management With Renewable Source Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8764224>
9. Osypenko, V., Kaplun, V. On Modeling-Based Elements of an Intelligent System for Cost-Effective Dispatching of Energy Islands with Photovoltaic Sourcing. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8526738>
10. Palii, D. M. (2018). Keruvannya energospozhy`vannyam v SmartGrid [Power management in SmartGrid]. Magisters`ka dysertaciya zi special`nosti «Elektronni systemy». Kyiv, NTUU «KPI», 114.
11. Shkorpela, N. Yu., Kiktev, M. O. (2020). Vykorystannya klasternogo analizu dlya obrobky meteorologichnykh danykh dlya efektyvnoho vykorystannya vidnovlyuval`nykh dzherel elektrychnoyi energii. [Use of cluster analysis for meteorological data processing for efficient use of renewable energy sources] Zbirnyk tez mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferenciyi «Teoretyko-praktychni aspekty analizu ekonomiky, obliku, finansiv i prava» 18.06.2020, 1, 66-67.
12. Kiktev, N., Osypenko, V., Kalivoshko, O., Kutyrev, A. (2021). Information System for Decision-Making in the Management of Renewable Energy Sources in the Microgrid System. Proceedings of the II International Scientific Symposium "Intelligent Solutions" (IntSol-2021). Kyiv - Uzhhorod, Ukraine, September 28-30, 2021, 101-110.
13. Kiktev, N., Osypenko, V., Shkorpela, N., Balaniuk, A. (2020). Input Data Clustering for the Efficient Operation of Renewable Energy Sources in a Distributed Information System. International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2, 119–122, 9321940.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА ДЕРЕВА РЕШЕНИЙ**

***Н. А. Киктев, В. В. Осипенко, Н. Б. Панасюк, Е. О. Молитвин***

**Аннотация.** Для эффективного решения новых задач управления возобновляемыми источниками энергии требуются инновации в моделировании, эксплуатации и управлении энергосистемой. Благодаря эффективному использованию возобновляемых источников энергии системы управления способны удовлетворить потребности нагрузки и минимизировать затраты на энергию.

*Целью исследования является разработка и создание распределенной информационной системы для проведения анализа, обработки и хранения метеорологических данных, усовершенствования методики выбора наиболее эффективного источника электроэнергии, расчета и прогноза показателей энергопотребления.*

*В статье описана разработанная информационная система эффективного использования возобновляемых источников электроэнергии, которая обеспечивает хранение метеорологических сведений и принятие решения о целесообразности использования источника энергии. Информация о погоде представлена номером станции, от которой передаются сведения, датой и временем проведения исследований, индексом ультрафиолета, индексом мощности ветра, координатой на карте. Оператор имеет возможность выполнять анализ погоды для каждой станции отдельно для планирования эффективной работы возобновляемых источников электрической энергии. Выполняется расчет мощности выработанной энергии, а также выполняется её прогнозирование на основе модели ARIMA. База данных построена на реляционной модели данных, для разработки приложения использованы язык программирования PHP и СУБД phpMyAdmin. Также использованы интернет-сервисы Google Map API (для определения координаты расположения источника восстановительной энергетики населенного пункта) и weatherbit.io (для определения погоды).*

**Ключевые слова:** *электроэнергия, возобновляемые источники, стоимость, станции, погодные условия, прогнозирование, распределенная информационная система, база данных, программа, графический интерфейс*

## **AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE OPERATION OF RENEWABLE ELECTRICITY SOURCES USING A DECISION TREE ALGORITHM**

**N. Kiktev, V. Osypenko, M. Panasiuk, Ye. Molitvin**

**Abstract.** *Effectively addressing the new challenges of renewable energy management requires innovations in power system modeling, operation and management. Through the efficient use of renewable energy sources, control systems are able to meet load demand and minimize energy costs.*

*The aim of the study is to develop and create a distributed information system for analyzing, processing and storing meteorological data, improving the methodology for choosing the most efficient source of electricity, calculating and forecasting energy consumption indicators.*

*The article describes the developed information system for the efficient use of renewable energy sources, which provides storage of meteorological information and decision-making on the appropriateness of using an energy source. Weather information is represented by the number of the station from which information is transmitted, the date and time of the research, the ultraviolet index, the wind power index, and the coordinate on the map. The operator has the ability to perform weather analysis for each station separately to plan the efficient operation of renewable electrical energy. The calculation of the power of the generated energy is performed, and its prediction is also performed*

*based on the ARIMA model. The database is built on a relational data model, the PHP programming language and the phpMyAdmin DBMS were used to develop the application. Also, the Internet services Google Map API (to determine the coordinates of the location of the source of renewable energy of the settlement) and weatherbit.io (to determine the weather) were used.*

**Key words:** *electricity, renewable sources, cost, stations, weather conditions, forecasting, distributed information system, database, program, graphical interface*