



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”  
Навчально-науковий інститут  
енергозбереження та енергоменеджменту**



**МАТЕРІАЛИ  
IV НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
МАГІСТРАНТІВ**

**(за результатами дисертаційних досліджень магістрантів)**

**ПРИСВЯЧЕНОЇ 75 – РІЧЧЮ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ  
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ**

**17 – 18 листопада 2021 р.**

**(ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ)**

**КИЇВ  
2021**

IV науково-технічна конференція магістрантів НН ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів). Зб. наукових праць НН ІЕЕ, КПІ імені Ігоря Сікорського – Київ: НН ІЕЕ, 2021. – 241с.

У збірнику представлено доповіді молодих фахівців з питань перспективних розробок та нових рішень в енергетиці сталого розвитку на IV науково-технічній конференції магістрантів НН ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).

До збірника включено статті за такими напрямками: сталий розвиток енергетики, енергетичний менеджмент та інжиніринг, сучасні системи забезпечення електричною енергією, інжиніринг та автоматизація електротехнічних комплексів, мехатроніка енергоємних виробництв, проблеми видобутку корисних копалин, геотехнічне і міське підземне будівництво, інженерна екологія та ресурсозбереження, охорона праці, промислова та цивільна безпека, а також особливості функціонування паливно-енергетичного комплексу України з урахуванням природоохоронних вимог. Викладено методи аналізу системи електропостачання, дано оцінку рівнів енергозабезпеченості та енергоефективності з урахуванням екологічного фактора та впливу галузі на людину.

#### **Організаційний комітет:**

**Голова комітету – Денисюк С.П.**, д-р техн. наук, професор, директор НН ІЕЕ.

**Заступник голови – Дичко А.О.**, д-р техн. наук, професор, заст. директора НН ІЕЕ з наукової роботи.

#### **Члени оргкомітету:**

**Білоус І.Ю.** – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри теплотехніки та енергозбереження;

**Буяк Н.А.** – канд. техн. наук, асистент кафедри теплотехніки та енергозбереження;

**Вапнічна В.В.** – канд. техн. наук, доцент кафедри геоінженерії;

**Вовк О.О.** – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри геоінженерії;

**Дерев'янку Д.Г.** – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри електропостачання;

**Зайченко С.В.** – д-р техн. наук, професор кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів;

**Закладний О.О.** – канд. техн. наук, доцент кафедри електропостачання;

**Розен В.П.** – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів;

**Чернецька Ю.В.** – канд. техн. наук, старший викладач кафедри електропостачання, заступник директора НН ІЕЕ з міжнародного співробітництва.

#### **Адреса організаційного комітету:**

Україна, Київ, 03056, вул. Борщагівська, 115, корпус № 22

Навчально науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Укладання збірника наукових праць: Закладний О.О.

Матеріали подані у авторській редакції.

Відповідальність за зміст і достовірність даних несуть автори тез.

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ № 1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЕНЕРГЕТИКИ. СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ

Економічні методи стимулювання керування попитом в рамках концепції V2G.  
*Фроленков К.Д.* .....7

Підвищення надійності електропостачання систем освітлення з використанням смарт технологій в парковій зоні та зон відпочинку на прикладі дендропарку.  
*Копчиков О.М., Бікеев Д.О.* .....18

Штучні нейронні мережі - основні функції та застосування на практиці.  
*Панадій М.В.* .....28

Аналіз функції енергетичної оцінки проекту у програмі архітектурно-будівельного проектування ArchiCAD.  
*Гілевич К.М., Луцик Т.М, Оніщенко Ю.Є.* .....40

Особливості відбору чинників, що впливають на використання енергоресурсів промислового підприємства для побудови базового рівня енергоспоживання.  
*Вишневська О.В.* .....44

Особливості використання джерел відновлюваної енергії на промислових підприємствах.  
*Запорожченко М.А.* .....47

Особливості використання гібридних систем електропостачання побутового сектору.  
*Усенко А.О.* .....51

Дослідження інтергармоніки на основі застосування пакетного вейвлет-перетворення.  
*Савіцький Д.О.* .....54

Багаторівнева системи енергетичного моніторингу як інформаційний засіб системи енергетичного менеджменту птахофабрики.  
*Андрійчук А. А.* .....59

### СЕКЦІЯ 2. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ТА ІНЖИНІРИНГ

Вплив систем накопичення енергії в житловому секторі на балансування навантаження теплозабезпечення.  
*Демченко В.В.* .....64

Особливості споживання енергії навчального корпусу в умовах карантинних обмежень.  
*Нестерець М.В.* .....69

Заходи з енергозбереження великої виставкової зали державного політехнічного музею. <i>Ряго В.В.</i> .....	82
Потенціал енергозбереження та оцінка енергетичних характеристик будівлі навчального корпусу №5. <i>Ващишин Р.Л.</i> .....	89
Енергетична та ексергетична ефективність будівлі житлового призначення. Енергетичне моделювання житлового будинку. <i>Петренко Л. М.</i> .....	96
Енергоефективність системи «джерело теплоти – людина – огорожувальні конструкції» на прикладі житлової будівлі. <i>Лукашенко Є.О.</i> .....	105
<b>СЕКЦІЯ 3. ІНЖИНІРИНГ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ</b>	
Дослідження методів керування потокозчепленням ротора у векторно-керованих приводах з асинхронним двигуном. <i>Кучерявий А.В.</i> .....	113
Особливості розрахунку ліфтової підйомної установки адміністративної будівлі. <i>Караульний К.Т.</i> .....	117
Автоматизована мікропроцесорна система керування роботою теплової завіси. <i>Луняка В.В.</i> .....	126
Програмне керування електроприводом переміщення механізму різання гофрованого картону з використанням мови орієнтованого програмування C++. <i>Дженчако Д. К.</i> .....	129
Оцінка ефективності сонячної електростанції з використанням трекера управління. <i>Барсукова К.І.</i> .....	133
Автоматизована система керування магістрального конвеєра поверхневого комплексу вугільної шахти. <i>Возний І.О.</i> .....	141
Оптимізація динамічних режимів ліфтової установки. <i>Литвин А. Г.</i> .....	146
Оптимізація системи вентиляції літака. <i>Виваль П. В.</i> .....	150

**Інтелектуальна автоматизована система водовідливу для геотехнічних підприємств.  
Харкевич Р.В. ....154**

**Розрахунок необхідної ємності і потужності акумуляторної батареї для транспортного засібу.**

**Ганжа В.С. ....158**

#### **СЕКЦІЯ 4. МЕХАТРОНІКА ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ**

**Динамічний гасник коливань гідромолота з мехатронним керуванням.**

**Ярошинський Е.Б. ....163**

**Імпульсно-вихровий струминний насос підвищеної продуктивності.**

**Чайка А. О. ....167**

**Вібраційно-струминний пристрій активізації видобутку вуглеводнів.**

**Попков А. А. ....170**

**Інтенсифікація адаптивного амортизатора ударно-хвильових навантажень ходової частини транспортного засобу.**

**Новиков А. О. ....174**

**Депресивний генератор імпульсної дії на колектор нафтової свердловини.**

**Будовський І. О. ....179**

**Розробка струминного дворезимного насосу для відновлення продуктивності нафтової свердловини.**

**Котомова Р. І. ....182**

#### **СЕКЦІЯ 5. ПРОБЛЕМИ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН. ГЕОТЕХНІЧНЕ І МІСЬКЕ ПІДЗЕМНЕ БУДІВНИЦТВО. ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ.**

**Принципи трансформації вугільних регіонів на прикладі Львівсько–Волинського басейну.**

**Харченко Р. Ф. ....186**

**Технологічні аспекти при спорудженні демонтажно-щитової камери в існуючому стволі.**

**Вислоух О.С. ....193**

**Усунення аварійної ситуації при зміні геологічних умов під час мікротунелювання.**

**Гончаренко С. І. ....198**

**Огороджувальні конструкції котлованів та методи будівництва підземних споруд.**

**Лісовський О. ....201**

<b>Умови та чинники розвитку зсувних процесів.</b> <i>Сердюк Ю. М.</i> .....	212
<b>Обґрунтування конструкції кріплення ствола колектора.</b> <i>Євтушенко І. М.</i> .....	215
<b>Сучасний спрощений спосіб футерування.</b> <i>Балковий Р. І.</i> .....	223
<b>Сучасне будівництво метро тунелів.</b> <i>Самусь О.С.</i> .....	226
<b>Порівняння та чисельний аналіз впливу зміни плитного фундаменту глибокого закладання на плитно-пальовий фундамент.</b> <i>Полякова Я.Р.</i> .....	230
<b>Конструктивні та технологічні рішення щодо реконструкції каналізаційних тунелів із використанням елементів із вторинних полімерних композитних матеріалів.</b> <i>Андрійчук Д. І.</i> .....	235

## **СЕКЦІЯ 1.**

# **СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЕНЕРГЕТИКИ. СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ**

УДК 621.3

Фроленков К.Д., студент 2-го курсу магістратури,  
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ЕКОНОМІЧНІ МЕТОДИ СТИМУЛЮВАННЯ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ В РАМКАХ КОНЦЕПЦІЇ V2G

***Анотація:** Концепція V2G передбачає використання ресурсу акумуляторів електромобілів для балансування ринку електричної енергії, стабілізуючи нерівномірність виробництва електроенергії з ВДЕ, покращуючи таким чином їх інтеграцію до електричної мережі. У статті розглянуто ринок електромобілів в Україні, графік поїздок водіїв електромобілів протягом дня, використання електромобіля в якості споживача/регулятора електричної енергії.*

**Ключові слова:** розумні системи обліку електроенергії, *Vehicle-to-grid*, відновлювальні джерела енергії, електромобіль.

***Abstract:** The V2G concept envisages the use of the battery life of electric vehicles to balance the electricity market, stabilizing the frequency of electricity production from RES, thus improving their integration into the electricity grid. The article considers the market of electric cars in Ukraine, the schedule of trips of drivers of electric cars during the day, the use of electric cars as a consumer / regulator of electricity.*

**Key words:** smart metering system, vehicle-to-grid, renewable energy sources, electric car.

### Вступ

Для реалізації концепції V2G в Україні в першу чергу потрібно стимулювати власників електромобілів, щоб вони незважаючи на ризики негативних наслідків, які можуть виникнути за частого розряджання/заряджання акумулятора електромобіля, «допомогали» б енергосистемі шляхом приєднання свого авто до електромережі. Щоб їх стимулювати, потрібно передбачити ймовірні сценарії розвитку подій, щоб ця концепція була вигідна як власникам електромобілів, так і енергосистемі.

### Мета та завдання

Метою статті є визначення економічної доцільності використання електромобіля для узгодження попиту і пропозиції в електроенергетичній системі та методів стимулювання керування попитом в рамках концепції V2G.

Задля досягнення поставленої мети в статті стисло розглянуто сучасний стан ринку електромобілів в Україні, графіки поїздок власників електромобілів протягом дня. Також було проведено оцінку економічної спроможності використання електромобіля у якості споживача/регулятора електричної енергії.

### Матеріал і результати досліджень



## 1. Аналіз ринку електромобілів в Україні

На початку 2011 року виробництвом і розвитком електромобілів займались чотири компанії: Tesla, Nissan, Renault, Mitsubishi. На сьогоднішній день в цій сфері залучено вже більше двадцяти крупних компаній, включаючи компанії, які тільки починають розвиватись у цій сфері, і крупні ІТ-гіганти такі як Google, яка представляє свої розробки безпілотного електромобіля. [1]

В Україні останні роки ринок електромобілів зростає і показує позитивну динаміку росту. Розвиток ринку відбувається не лише завдяки кількості електромобілів/гібридних авто, а й інфраструктури (відкриття нових зарядних станцій, станцій технічного обслуговування для електрокарів/гібридів). Найбільші темпи росту показують великі міста України, такі як: Київ, Харків, Львів, Одеса.

Сьогодні в Україні налічується майже 11,5 мільйонів транспортних засобів (31817 – електрокари, 29198 – гібридні авто і майже 11 млн. – автомобілі з ДВЗ) частка електромобілів в Україні складає близько 0,25% від всіх автомобілів в країні. [2]

З 2014 року в Україні зростає кількість зарядних станцій для електромобілів, динаміка зростання на рівні передових європейській країн. В Україні в 2014 році нараховувалось 35 зарядних станцій всіх типів, а за 5 років кількість зарядних станцій збільшилась майже в 60 разів. Інфраструктура зарядних станцій зосереджена у великих містах, а між містами на міжміських маршрутах кількість зарядних пунктів обмежена. Тому на даний момент електрокари в більшості випадків використовуються для пересування в межах міста. На міжміських маршрутах, на АЗС і в магазинах уздовж великих трас, у кафе є звичайні розетки, але час підзарядки буде складати до 10 годин.

Велика кількість електрокарів з різними параметрами (швидкість, потужність, запас ходу) дозволяє вибрати модель електромобіля без проблем в економічному плані. Ціни на електромобілі коливаються в районі 10000\$-25000\$, не кажучи вже про вторинний ринок автомобілів (електромобілів), де машину можна купити за ціною в два-три рази нижчою, ніж брати її з салону.

На сьогодні в Україні слід приділити увагу розвитку технологій (Smart Grid), для реалізації якої необхідно удосконалити ряд позицій, починаючи з магістральних мереж державного рівня, закінчуючи системами електропостачання домогосподарств. В Об'єднаній енергетичній системі (ОЕС) України зберігається негативна тенденція щодо значної нерівномірності добового графіка споживання електричної енергії. Конфігурація добового графіка електроспоживання в цілому по Україні характеризується піком навантаження в години вечірнього максимуму ОЕС України, провалом навантаження в години нічної зони доби та майже рівномірним споживанням електричної енергії протягом годин ранкового максимуму та напівпікової зони. При цьому нерівномірність добового графіка навантаження ОЕС України становить від 4500 МВт у літній період до 6500 МВт у зимовий. [4]

Система тарифів, диференційованих за періодами часу, – економічний метод управління в ринкових умовах, при регулюванні добового графіку навантаження. Застосування такого методу забезпечується за умови використання деяких можливостей споживачів щодо зниження споживаної потужності. Використання споживачів-регуляторів на основі електромобілів для регулювання навантаження дозволить значно пом'якшити негативні наслідки проблеми нерівномірності графіків електричного навантаження енергосистеми України.

Одним з основних напрямів розвитку транспортних засобів на сьогоднішній день є поступова заміна транспорту, що використовує двигуни внутрішнього згоряння, на електромобілі з метою зменшення викидів CO<sub>2</sub>. В багатьох європейських країнах прийняті законодавчі акти, які сприяють розповсюдженню електротранспорту і містять основні вимоги й умови реалізації масштабної програми розвитку електромобілітету. Збільшення кількості електричних транспортних засобів робить їх важливою складовою системи електропостачання як на регіональному рівні, так і на рівні всієї країни. Розвиток електричних мереж з електромобілями, розробка і використання технологій Smart Grid для них здійснюється з урахуванням додаткових вимог і обмежень відносно режимів заряду тягових батарей автомобілів з метою забезпечення їх ефективної інтеграції у гібридну систему електропостачання [5, 6].

Достатня кількість електричних транспортних засобів, працюючих паралельно в режимі регулювання навантаження, схожа по режиму роботи й дії на мережу гідроакumuлюючим електростанціям. Тому забезпечення такого режиму забезпечує переваги для джерела живлення, включаючи зменшення викидів CO<sub>2</sub> [7].

Для впровадження такого підходу використання електромобілів необхідно: проаналізувати графіки навантажень енергосистеми України для оцінки доцільності регулювання навантажень за допомогою тягових акумуляторів електротранспорту, оцінити економічну привабливість регулювання з погляду власників електромобілів, розробити технічні засоби для передачі електроенергії в мережу, її обліку і програмне забезпечення для управління процесами заряджання-розряджання, розробити топологію електричної мережі V2G і визначити її можливі зміни.

Для оцінки очікуваного технічного впливу електромобілів у якості споживачів-регуляторів у міських (приміських) електричних мережах слід проаналізувати реальний графік навантаження енергомережі споживачів комунально-побутового сектору, режими роботи основного електроустаткування, що дозволить адекватно оцінити прогнозовані переваги та недоліки при впровадженні технології V2G. [8, 9].

На сьогодні спостерігається зростання попиту на електромобілі, проте відсутні економічні та правові стимулювання використання батарей у якості джерела генерації, до того ж не затверджена на законодавчому рівні технологія V2G, відсутні технічні вимоги до відповідних зарядних станцій, а мережа стандартних зарядних станцій є недостатньо розвиненою. Громадські станції заряджання-розряджання електромобілів актуальні у випадку використання автомобіля за своїм прямим призначенням – транспортування власника до місця роботи і повернення додому та заряджання-розряджання батареї у період щодобового проміжку часу між експлуатацією.

## **2. Динамічне ціноутворення**

Головна проблема імплементації V2G в Україні – відсутність динамічного ціноутворення. Динамічне ціноутворення – це спосіб виставлення рахунків споживачеві, в яких ціна на електроенергію змінюватиметься залежно від кон'юнктури ринку та інших тенденцій. Сьогодні споживачі мають фіксовані тарифи на електроенергію. Крім різниці між денним та нічним періодом не існує грошових стимулів для клієнтів переносити їхнє споживання. В рамках реалізації концепції Smart Grid можна представити більш динамічний спосіб ціноутворення. Ціни на енергоносії можуть змінюватися щогодини, а розумні лічильники може бути проінформовано про поточні та майбутні ціни. Технології Smart Grid

роблять можливим динамічне ціноутворення. Оскільки ціна на енергію може стати важливим стимулом для зниження пікового енергоспоживання.

Якщо всі користувачі приймуть рішення використати велику кількість енергії о 9 годині, постачальник електроенергії повинен буде використовувати дорогі пікові установки для забезпечення попиту. Ця висока вартість виробництва матиме вплив на ціну на електроенергію о 9 годині. Лінійне збільшення кількості використаної електроенергії (наприклад, + 5%) спричинить більш ніж лінійне збільшення ціни на електроенергію (наприклад, + 25%) [10].

Коли значна частина енергопостачання буде надходити від електромобілів та ВДЕ, функція ціноутворення стане складнішою. Вітер і сонячна енергія не можуть бути сплановані. Однак це можна прогнозувати на кілька днів, виходячи з моделей погоди. В часи, коли велика кількість поновлюваних джерел енергії буде доступною, буде добре мати більші електронавантаження, тому ціна за одиницю в такому випадку не обов'язково збільшиться, якщо загальна навантаження зростатиме. Завдяки системі динамічного ціноутворення власники електромобілів можуть продавати та закуповувати електроенергію за вигідними цінами. В часи максимального навантаження ціна на електроенергію буде зростати. Якщо електромобілі, які будуть приєднуватись до мережі, почнуть віддавати деяку частину своєї енергії в мережу, стимулюючись тим, що цю електроенергію вони будуть продавати постачальнику, тобто отримувати за неї кошти, постачальник електроенергії простіше впорається із зростанням графіку навантаження і завдяки динамічному ціноутворенню, ціна на електроенергію стане нижчою для звичайних споживачів. Аналогічно, в часи мінімального навантаження, коли власник електромобіля буде ставити свій електромобіль на зарядку, він буде сплачувати меншу ціну.

### **3. Графік поїздок**

Електромобілі потребують більше часу на зарядку своєї батареї ніж автомобілі з ДВЗ на заправку. Якщо власник автомобіля з ДВЗ на заправку витрачає приблизно 5-10 хв., то власнику електромобіля на це необхідно від 30 хв. (якщо це швидка зарядка) до 8-10 годин, в залежності від ємності батареї. Тому необхідно розвивати інфраструктури зарядних станцій, створюючи їх в достатній кількості, з необхідної для підключення кількістю точок підключення та з необхідною потужністю.

Не всі електромобілі потребують швидкого заряджання. Значна кількість електромобілів перебуває на паркувальних майданчиках з досить великим запасом енергії в батареях. Беручи до уваги тенденції в розвитку енергетики, а саме покриття пікових навантажень. Системи накопичення і зберігання енергії в електромобілях є одним із способів розв'язання цієї проблеми.

Сукупний графік електричного навантаження енергосистеми України (та інших країн) формується всіма споживачами електричної енергії, серед яких слід виділити промислові підприємства та громадсько-побутові об'єкти. За різними оцінками електроспоживання громадсько-побутових споживачів у відсотковому вираженні складає 30-40 % від загальнодержавного. Тобто, такі споживачі як населення мають значний вплив на показники графік електричного навантаження енергосистеми [11, 12].

На сьогодні адресним стимулом до регулювання режимів електроспоживання як для промислових підприємств (юридичних осіб), так і для населення є диференційовані (зонні) тарифи на електричну енергію. [13]

Юридичні особи. Доцільність розгляду системи тарифікації для цієї групи споживачів підкреслюється тим, що при реалізації підходу щодо розміщення станцій громадського користування, на відміну від приватних, організація-утримувач буде відноситись до категорії споживачів – юридичні особи і матиме відповідні рівні тарифів і часові зони. Окрім заряджання електромобілів, у певних випадках з'являтиметься сенс їх раціонального розряду із забезпеченням технології V2G. [13]

Ставка тарифу для кожного періоду часу визначається шляхом множення встановленого роздрібного тарифу для споживачів відповідного класу на тарифний коефіцієнт. Для визначення рівня ставок тарифів, диференційованих за періодами часу, для кожного періоду (нічний, денний, напівпіковий, піковий) та всіх сезонів устанавлюються такі тарифні коефіцієнти та тривалість періодів (табл. 1):

Таблиця 1 – Для визначення рівня ставок тарифів, диференційованих за періодами часу, для кожного періоду (нічний, денний, напівпіковий, піковий) та всіх сезонів устанавлюються такі тарифні коефіцієнти та тривалість періодів: [13]

Період часу	нічний	денний	напівпік	піковий
Двонічні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,35	1,35	-	-
Тривалість періоду, год	8	16	-	-
Тризонні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,25	-	1,02	1,35
Тривалість періоду, год	7	-	11	6

Тризонні тарифи. Ефект від їх застосування спостерігається для підприємств, які мають цілодобовий режим роботи і максимально зміщують основні енерговитратні технологічні операції в зону нічного провалу навантаження енергосистеми, а у період пікових навантажень суттєво знижують електроспоживання. Це дозволяє зменшувати плату підприємства за електричну енергію, оскільки у період «нічного провалу» при застосуванні, наприклад, тризонного обліку для підприємств вартість електричної енергії є в 4 рази нижчою від середнього тарифу для відповідного класу напруги. Такий підхід доцільно розглядати і для підприємства – групової зарядної станції-регулятора. [14]

Режим, що має бути розглянутий та економічно обґрунтований у разі використання електромобіля у якості споживача-регулятора за часом орієнтовно можна розподілити наступним чином (табл. 2):

Таблиця 2 – Використання електромобіля на станціях-стоянках групового заряду/розряду

7:00 – 8:00	одногодинне пересування зі швидкістю 40 км/год
Ранковий пік навантажень	2-3-годинний рівномірний розряд тягової батареї
Денний напівпік	7-годинний рівномірний повний заряд тягової батареї
17:00 – 18:00	одногодинне пересування зі швидкістю 40 км/год
Вечірній пік навантажень	3-4-годинний рівномірний розряд тягової батареї
Нічний провал	7-годинний рівномірний повний заряд тягової батареї

Побутові споживачі. На сьогодні для побутових споживачів застосовується тариф, диференційований за двома обсягами електроспоживання (0,9 грн/кВт год – за перші 100 кВт·год спожитої електроенергії, 1,68 грн/кВт·год – за обсяг, що перевищує 100 кВт·год). Диференціація за зонами доби також існує аналогічно юридичним особам (двизонний та тризонний облік), проте є різниця у тарифних коефіцієнтах, тривалості зон та їх границь у розрізі доби. [14] Розподіл зон по годинам та коефіцієнти до діючого тарифу наведений у табл. 3,4.

Таблиця 3 – Дані про границі тарифних зон і коефіцієнти диференційованих тарифів для населення [14]

Зони доби	Години	Коефіцієнт
Двизонний прилад обліку		
- нічна	з 23:00 до 7:00	0,5
- денна	з 7:00 до 23:00	1,0
Тризонний прилад обліку		
- нічна	з 23:00 до 7:00	0,4
- напівпікова	з 7:00 до 8:00; з 11:00 до 20:00; з 22:00 до 23:00	1,0
- пікова	з 8:00 до 11:00; з 20:00 до 22:00	1,5

Таблиця 4 – Вихідний день без використання автомобіля (побутовий споживач)

Ранковий пік навантажень	3-годинний рівномірний розряд тягової батареї
Денний напівпік	7-годинний рівномірний повний заряд тягової батареї
Вечірній пік навантажень	2-годинний (незалежно від сезону) рівномірний розряд тягової батареї
Нічний провал	7-годинний рівномірний повний заряд тягової батареї

Для режиму комбінованого використання електромобіля буде відповідно застосовуватись різний тариф на споживання-генерацію. Робочий час власника авто – як для юридичних осіб; неробочий час власника – як для населення. (табл. 5).

Таблиця 5 – Комбіноване використання електромобіля

7:00 – 8:00	одногодинне пересування зі швидкістю 40 км/год
Ранковий пік навантажень	2-3-годинний рівномірний розряд тягової батареї
Денний напівпік	7-годинний рівномірний повний заряд тягової батареї
17:00 – 18:00	одногодинне пересування зі швидкістю 40 км/год
Вечірній пік навантажень	2-годинний рівномірний розряд тягової батареї
Нічний провал	7-годинний рівномірний повний заряд тягової батареї

При такій постановці задачі і врахуванні поточних тарифів станції можуть бути поділені на V2G та G2V із застосуванням комбінації тарифів на електричну енергію. Графіки поїздки електромобіля протягом дня представлені на рисунку 1

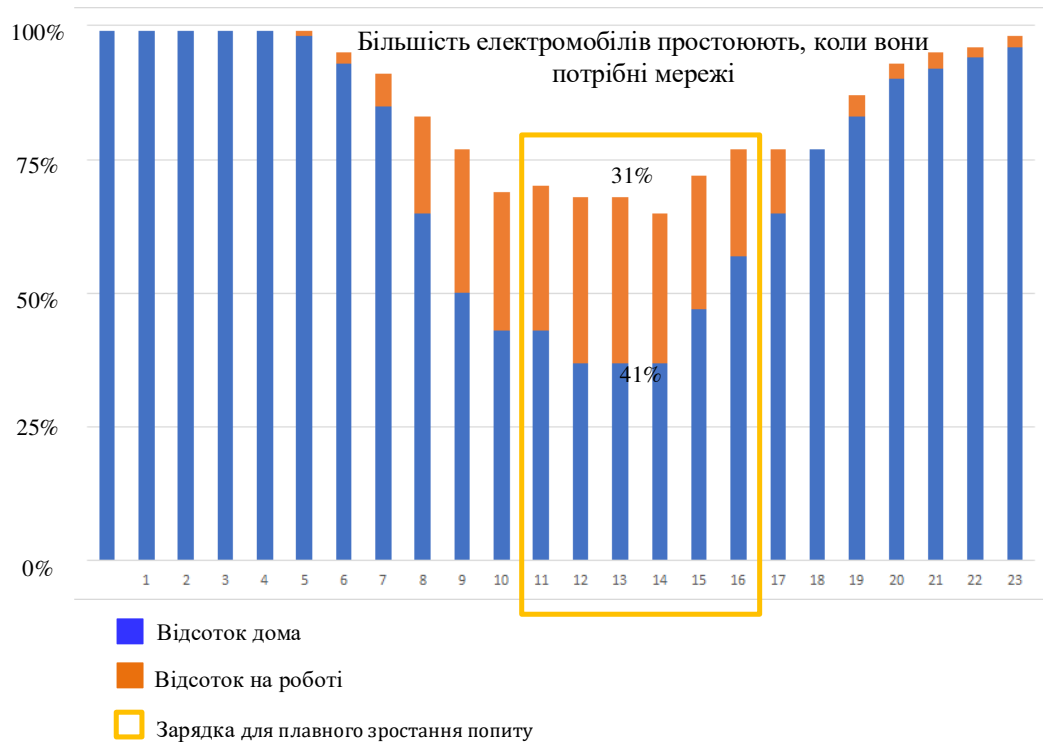


Рисунок 1 – Графік поїздок протягом дня

#### 4. Оцінка економічної спроможності використання електромобіля у якості споживача/регулятора.

Проаналізуємо технічні характеристики найбільш розповсюджених електромобілів на прикладі:

Nissan Leaf – один з найпопулярніших електромобілів у всьому світі. У Nissan Leaf 2016 в залежності від країни виробника має батарею ємністю 24 (в США) або 30 кВт·год (в Європі) з запасом ходу до 160-172 км. У електромобілях від 2017 року для продажу в будь-якій країні встановлюють батарею ємністю в 30 кВт·год.

- загальний ресурс  $S = 160000$  км;  $T = 8-10$  років;

- річне використання  $S_p = 15000$  км/рік;

- питома вартість батареї –  $C_{пит} = 200$  \$/кВт·год;

- питома витрата енергії –  $W_{S,пит} = 0,15$  кВт·год/км;

- обсяг енергії, який споживається/генерується при використанні загального ресурсу батареї:

$$W_{\Sigma} = W_{S,пит} \cdot S = 0,15 \cdot 160000 = 24000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

- обсяг енергії, який споживається/генерується при використанні річного ресурсу батареї:

$$W_p = W_{S,пит} \cdot S_p = 0,15 \cdot 15000 = 2250 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

- обсяг енергії, який споживається при використанні місячного ресурсу батареї:

$$W_{міс} = \frac{W_p}{N_{міс}} = \frac{2250}{12} = 188 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

- обсяг енергії, який споживається при використанні денного ресурсу батареї:

$$W_{день} = \frac{W_{міс}}{N_{день}} = \frac{188}{30,5} = 6,16 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$



У разі повного щодобового використання батареї електромобіля ресурс у 24000 кВт·год (1000 циклів) закінчиться за період в три роки. Потім батарею прийдеться утилізувати і замінити на нову.

Вартість спожитої електроенергії електромобілем при заряджанні з використанням тарифу для населення:

а) однозонного:

$$P_1 = C_{2\text{нас}} \cdot W_{\text{міс}} = 1,68 \cdot 188 = 316 \frac{\text{грн}}{\text{міс.}}$$

$$C_{S,\text{пит1}} = C_{2\text{нас}} \cdot W_{S,\text{пит}} = 1,68 \cdot 0,15 = 0,252 \frac{\text{грн}}{\text{км.}}$$

б) двозонного:

$$P_2 = (C_{2\text{нас}} \cdot K_{\text{ніч2}}) \cdot W_{\text{міс}} = (1,68 \cdot 0,5) \cdot 188 = 158 \frac{\text{грн}}{\text{міс.}}$$

$$C_{S,\text{пит2}} = \frac{C_{2\text{нас}} \cdot K_{\text{ніч2}}}{W_{S,\text{пит}}} = (1,68 \cdot 0,5) \cdot 0,15 = 0,252 \frac{\text{грн}}{\text{км.}}$$

в) тризонного:

$$P_3 = (C_{2\text{нас}} \cdot K_{\text{ніч3}}) \cdot W_{\text{міс}} = (1,68 \cdot 0,4) \cdot 188 = 125 \frac{\text{грн}}{\text{міс.}}$$

$$C_{S,\text{пит3}} = \frac{C_{2\text{нас}} \cdot K_{\text{ніч3}}}{W_{S,\text{пит}}} = (1,68 \cdot 0,4) \cdot 0,15 = 0,1 \frac{\text{грн}}{\text{км.}}$$

Розрахунки наведені для умов середньорічного використання електромобіля з пробігом 15000 км/рік, що характерно для більшості автовласників. Середньодобовий пробіг при цьому складатиме близько 40 км, що переважно відповідає міському циклу переміщення з приватного сектору до місця роботи і в зворотньому напрямку.

Вартість спожитої електроенергії електромобілем при заряджанні з використанням тарифу для юридичних осіб (групові станції заряджання, 2 клас напруги):

а) однозонного

$$P_1 = C_{\text{юо}} \cdot W_{\text{міс}} = 1,68 \cdot 188 = 316 \frac{\text{грн}}{\text{міс.}}$$

$$C_{S,\text{пит1}} = C_{2\text{нас}} \cdot W_{S,\text{пит}} = 1,68 \cdot 0,15 = 0,252 \frac{\text{грн}}{\text{міс.}}$$

б) двозонного

$$P_2 = (C_{\text{юо}} \cdot K_{\text{ніч2}}) \cdot W_{\text{міс}} = (1,97 \cdot 0,35) \cdot 188 = 130 \frac{\text{грн}}{\text{міс.}}$$

$$C_{S,\text{пит2}} = \frac{C_{2\text{нас}} \cdot K_{\text{ніч2}}}{W_{S,\text{пит}}} = (1,97 \cdot 0,35) \cdot 0,15 = 0,1 \frac{\text{грн}}{\text{км.}}$$

в) тризонного

$$P_3 = (C_{\text{юо}} \cdot K_{\text{ніч3}}) \cdot W_{\text{міс}} = (1,97 \cdot 0,25) \cdot 188 = 92,6 \frac{\text{грн}}{\text{міс.}}$$

$$C_{S,\text{пит3}} = \frac{C_{2\text{нас}} \cdot K_{\text{ніч3}}}{W_{S,\text{пит}}} = (1,97 \cdot 0,25) \cdot 0,15 = 0,074 \frac{\text{грн}}{\text{км.}}$$

Таким чином, з наведених розрахунків видно, що режим нічного заряду електромобіля є найбільш вигідним при використанні зонних тарифів плати за користування електричною енергією як для населення, так і для юридичних осіб, причому для останніх питома вартість спожитої енергії, а відповідно і 1 км пробігу є найнижчою при використанні тризонного тарифу на електроенергію і заряджанні електромобілів протягом «нічного провалу» електричних навантажень енергосистеми в режимі повільної зарядки, який за тривалістю відповідає зонам «ніч» для зонних тарифів (7-8 годин).

В залежності від щодобового пробігу та строку експлуатації регульовальна здатність електромобіля змінюється, вона є максимальною в перші роки експлуатації, а далі поступово

знижується відповідно до тенденцій деградації акумуляторної батареї.

Вартість акумуляторних батарей для електромобілів Nissan Leaf на сьогодні складають близько 200 \$/кВт·год ємності. Ресурс батареї в 160000 км пробігу покривається 24000 кВт·год електричної енергії, середня вартість якої на даний час складає:

- для населення

$$C_{\text{сер.нас}} = 24000 \cdot 1,68 = 40320 \text{ грн.}$$

- для юридичних осіб

$$C_{\text{сер.юо}} = 24000 \cdot 1,97 = 47280 \text{ грн.}$$

Використання акумуляторів електромобілів як джерела електричної енергії для покриття піків навантаження енергосистеми може принести додатковий економічний ефект власнику [8], величина якого залежить від законодавчої бази, умов і вимог нормативів конкретної країни.

У випадку застосування технології V2G максимально за рік при середньодобовому пробігу 40 км і розряджанні автомобіля у пікові години навантаження енергосистеми можна отримати економічний ефект для власника за умови тризонного тарифу, як для населення так і для юридичних осіб. Даний економічний ефект залежить від шаблону використання транспортного засобу. За умови найпростішого варіанту, коли залишковий ресурс батареї з урахуванням щодобового пробігу використовувати повністю і лише у пікові зони навантажень енергосистеми, а повне повільне заряджання реалізовувати у періоди нічного провалу, то можна визначити щодобовий потенційний прибуток автовласника, який складе:

а) середньозважене значення (експлуатація з середньою ємністю батареї 85 %)

- у разі повного заряджання електромобіля у приватному домогосподарстві і повному розряді в аналогічних умовах, але в піковій зоні (термін експлуатації батареї складе близько 1200 діб) і пробігу 40 км/доба

$$\Delta\P_{3,1} = (C_{\text{нас}} \cdot K_{\text{пik3}} - C_{\text{нас}} \cdot K_{\text{нич3}}) \cdot W_{\text{доб.рег}} \cdot N_{\text{дiб}} = (1,68 \cdot (1,5 - 0,4)) \cdot 14,4 \cdot 1200 = 31935 \text{ грн.}$$

- у разі повного заряджання електромобіля у приватному домогосподарстві, і повному розряді в умовах станції (юридична особа)

$$\Delta\P_{3,2} = (C_{\text{юо}} \cdot K_{\text{пik3}} - C_{\text{нас}} \cdot K_{\text{нич3}}) \cdot W_{\text{доб.рег}} \cdot N_{\text{дiб}} = (1,97 \cdot 1,35 - 1,68 \cdot 0,4) \cdot 14,4 \cdot 1200 = 34344 \text{ грн.}$$

- у разі повного заряджання електромобіля в умовах станції і повному розряді в аналогічних умовах (юридична особа)

$$\Delta\P_{3,3} = (C_{\text{юо}} \cdot K_{\text{пik3}} - C_{\text{юо}} \cdot K_{\text{нич3}}) \cdot W_{\text{доб.рег}} \cdot N_{\text{дiб}} = (1,97 \cdot (1,35 - 0,25)) \cdot 14,4 \cdot 1200 = 37445,76 \text{ грн.}$$

Альтернативне використання відпрацьованої батареї як накопичувача електричної енергії із ємністю 60-70% (14,4 – 16,8 кВт·год) може стати джерелом автономної системи електропостачання або децентралізованим джерелом активної потужності для покриття піків навантаження енергосистеми протягом мінімум ще одного відпрацювання ресурсу (додаткових 3 роки).

Тоді вигода автовласника при використанні відпрацьованої батареї як споживача-регулятора складе:

- для населення

$$P_{\text{нас.АКБ}} = ((14,4 \dots 16,8) \cdot (1,5 - 0,4)) \cdot 1,68 \cdot 365 \cdot 3 = 29139 \dots 34000 \text{ грн.}$$

- для юридичних осіб

$$P_{\text{юо.АКБ}} = ((14,4 \dots 16,8) \cdot (1,35 - 0,25)) \cdot 1,97 \cdot 365 \cdot 3 = 34170 \dots 39865 \text{ грн.}$$

З наведених розрахунків можна зробити висновок, що використання батареї електромобіля у якості споживача регулятора дозволяє покрити 30-40% її вартості протягом



3-3,5 років (1/2 нормального строку експлуатації), після чого доведеться виконувати її заміну. Проте протягом наступних трьох років у разі використання відпрацьованої батареї як децентралізованого споживача-регулятора з ємністю 60-70% від номінальної, можна отримати додатковий ефект, співрозмірний (або навіть дещо більший) від її використання за прямим призначенням. Тобто, за 6-8 років комбінованого використання робочої та відпрацьованої батареї можна отримати вигоду на придбання нової.

Вартість нової батареї складає 5000 \$, або близько 132150 тис. грн. (по курсу долара 26,43 грн. за 1\$) Тобто, за вартісними показниками 160000 км пробігу, або 24000 кВт·год електроенергії коштує 132150 тис. грн. Утилізація батареї компенсує власнику вартість у розмірі близько 1000 \$ (26430 грн) тобто у перерахунку вартості батареї на споживані кВт·год маємо вартість 1 кВт·год у розмірі:

$$C_{\text{Впитт.АКБ2021}} = \frac{132150 - 26430}{24000} = 4,40 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$$

У випадку регулювання графіків електричного навантаження енергосистеми за тарифами юридичних осіб отримуваний ефект за генерацію буде навіть більшим, а вартість тягової батареї покриватиметься протягом періоду основного використання батареї автомобіля і приносить аналогічний прибуток у якості накопичувача.

Необхідно відзначити, що для залучення власників електротранспорту до активного регулювання графіка навантаження з боку енергосистеми та держави мають використовуватися такі інструменти, як: оплата за генерацію енергії в години максимуму навантаження за спеціальними тарифами для акумулюючих потужностей, разові премії при укладенні контракту на участь у вирівнюванні навантаження або зниження вартості споживаної електроенергії тощо.

Для реалізації запропонованого підходу до регулювання графіка навантажень необхідно розв'язати низку питань [6], особливо стосовно дозволу на законодавчому рівні приватним власникам електротранспорту брати участь у регулюванні навантаження та отримувати кошти за генерацію шляхом розробки бізнес-моделей і спеціальних тарифів, системи енергоменеджменту на рівні розподільчої мережі, заходів щодо управління якістю електричної енергії, тощо.

## Висновок

Потенціал використання технології V2G полягає у підвищенні ефективності роботи електроенергетичної системи за рахунок раціонального впровадження споживачів-регуляторів на базі електромобілів. Реалізація запропонованих типових або індивідуальних шаблонів використання технології V2G та залишкової ємності відпрацьованої батареї дозволяє забезпечити економічний ефект власнику електромобіля разом з компенсацією її прискороного зносу. Головною перешкодою використання технології V2G в Україні є недосконалість, а в деяких аспектах – відсутність законодавчих засад та нормативної бази у цій сфері, а також відсутність динамічного ціноутворення у масштабі, близькому до реального часу.

## Перелік використаних джерел

1. The self-driving car logs more miles on new wheels, Official Google Blog (дата звернення 1 листопада 2021).
2. IRS: [Електронний ресурс]. URL: <http://irsgroup.com.ua/> (дата звернення: 01.11.2021).

3. Vítor Monteiro, Henrique Gonçalves, João C. Ferreira and João L. Afonso, «Batteries Charging Systems for Electric and Plug-In Hybrid Electric Vehicles»
4. [Електронний ресурс] URL: <https://bc-rada.gov.ua/node/6979> (дата звернення: 01.11.2021).
5. Зеркалов Д.В. Энергозбереження в Україні. [Електронний ресурс] Монографія. – К.: Основа, 2012. – 582 с. Режим доступу: <http://www.zerkalov.kiev.ua/sites/default/files/ezumz.pdf>.
6. Hu Z., Song Y., Xu, Z. Hierarchical Coordinated Control-Strategies for Plug-in Electric Vehicle Charging // Plug-In Electric Vehicles in Smart Grid: Charging Strategies. – 2014. – Chapter 3. – Springer. – pp. 55-87.
7. Blasius E., Federau E., Leonowicz Z., Janik P. Assessment of e-vehicles availability in charging pool for support services in smart grids: Case study based on real data // IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe). – 2017, available at: <https://www.researchgate.net/publication/318698151>.
8. Perspectives of load management in energy system with help of electric cars / Yu.V. Khatskevych, I.M. Lutsenko, A.V. Rukhlov // Scientific Bulletin of the National Mining University. – 2017. – Vol. 5. – pp. 82–88.
9. Mets K., Verschueren T., Turck F., Develder C. Exploiting V2G to optimize residential energy consumption with electrical vehicle (dis)charging // IEEE First International Workshop on Smart Grid Modeling and Simulation (SGMS). – 2011, available at: <http://users.atlantis.ugent.be/cdvelder/papers/2011/mets2011sgms.pdf>.
10. Marcelo Espinoza, Caroline Joye, Ronnie Belmans, Bart De Moor, "ShortTerm Load Forecasting, Profile Identification and Customer Segmentation: A Methodology based on Periodic Time Series," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 20, no. 3, pp. 1622-1630, 2005.
11. Masoum M.A.S., Moses P.S., Hajforoosh S. Distribution transformer stress in smart grid with coordinated charging of Plug-In Electric Vehicles // IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), Washington, DC. – 2012. – pp. 1-8.
12. Bass R., Zimmerman N. Impacts of Electric Vehicle Charging on Electric Power Distribution Systems // OTREC-SS-731, Portland, OR: Transportation Research and Education Center (TREC). – 2013, available at: <http://dx.doi.org/10.15760/trec.145>.
13. Про внесення змін до постанови НКРЕКП від 23 серпня 2018 року № 894, постанова 04.12.2018
14. Офіційний сайт ТОВ «КОЕК» [електронний ресурс] URL: <https://коек.com.ua/page?root=23> (дата звернення 01.11.2021)
15. Putrus G.A, Suwanapingkarl P, Johnston D., Bentley E.C., Narayana M. Impact of electric vehicles on power distribution networks // Vehicle Power and Propulsion Conference VPPC '09, IEEE. – 2009. – pp.827 – 831.
16. Global EV Outlook. Beyond one million electric cars. – 2016, available at:[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global\\_EV\\_Outlook\\_2016.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf).

*наук.керівник: канд.техн.наук, доцент каф.електропостачання Коцар О.В.*

УДК 621.311

**Копчиков О.М., Бікеев Д.О.**

Кафедра електропостачання  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАВАННЯ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СМАРТ ТЕХНОЛОГІЙ В ПАРКОВІЙ ЗОНІ ТА ЗОН ВІДПОЧИНКУ НА ПРИКЛАДІ ДЕНДРОПАРКУ**

***Анотація:** В статті розглядається проблема надійності електропостачання та освітлення об'єктів благоустрою паркових зон. Розглядається та описується технічний стан електропостачання об'єктів. Основна увага сконцентрована на вирішенні проблеми електропостачання за допомогою відновлювальних джерел енергії. На основі аналізу пропонуються варіанти вирішення проблем для об'єкта з можливістю смарт керування об'єктами споживання.*

***Ключові слова:** надійність електропостачання, безпека відвідувачів паркових зон, відновлювальні джерела енергії, смарт керування, ландшафтні особливості.*

## **IMPROVING THE RELIABILITY OF ELECTRICITY SUPPLY OF LIGHTING SYSTEMS USING SMART TECHNOLOGIES IN THE PARK ZONE AND REST ZONES ON THE EXAMPLE OF THE ARBORETUM**

***Abstract:** The article considers the problem of reliability of power supply and lighting of park improvement facilities. The technical condition of power supply of objects is considered and described. The main focus is on solving the problem of electricity supply using renewable energy sources. Based on the analysis, problem-solving options are proposed for an object with the ability to smartly manage consumer objects.*

***Key words:** reliability of power supply, safety of visitors of park zones, renewable energy sources, smart management, landscape features.*

### **Мета**

Підвищення ефективності використання систем електропостачання об'єктів дендропарку для максимального врахування ландшафтних особливостей території, в умовах необхідності забезпечення можливості відпочинку відвідувачів.

### **Вступ**

Жителі міст все більше і більше часу проводять на прогулянках і відпочинку, відвідуючи місця відпочинку, призначені для цих занять, тому міська влада прагне зробити ці райони привабливими. Одним з елементів цього комфорту є правильне освітлення цих зон. Це відноситься як до міст, так і до маленьких містечках, особливо в районах з вуличними спорудами, парками, площами, алеями і бульварами і т.д. Штучне освітлення стає

організуючим фактором для таких територій, елементом благоустрою і громадської безпеки. Велике значення як естетична складова набуває декоративне освітлення, що передбачає різні прийоми архітектурного освітлення малих архітектурних форм та ландшафтних об'єктів, декоративних ефектів унікальних світлових сценаріїв в залежності від пори року і доби.

Освітлення в кожному парку, сквері формується за індивідуальними проектами. Світлові дизайнери та архітектори при проектуванні освітлення спираються на наступні критерії:

- Розмір зони, що вимагає освітлення;
- Кількість відвідувачів парку і його прохідність;
- Щільність насадження рослин, які можуть створювати тіньову завісу;
- Особливості розташування малих архітектурних форм.

Основні принципи паркового освітлення: ергономіка, комфорт, енергоефективність, естетика.

В ергономіці зазвичай користуються такими фотометричними поняттями: світловий потік; освітленість; яскравість.

Завдяки даним поняттям, зведеним в комбінації, з'являється можливість реалізувати основні цілі організації освітлення та забезпечення оптимальних зорових умов [1].

На сьогодні у Білій Церкві налічується 5 парків, 10 скверів, 3 бульвари [2]. Кожен з парків має різний розмір та різну функціональність. Споживання електричної енергії паркової зони залежить від типу парку.

Садово-паркові об'єкти відповідно до функціонального призначення поділяються на монофункціональні (спрямовані на перевагу одного, найбільш вираженого виду рекреаційної діяльності) та поліфункціональні (такі, що передбачають організацію кількох типів відпочинку).

Виявлені типологічні різновиди садово-паркових об'єктів, які диференційовано за:

- площею: малі (від 0,5 га до 10 га), середні (від 10 га до 150 га), великі (від 150 га);
- функціональним типом: поліфункціональні, монофункціональні;
- місцем у системі розселення: заміські, загальноміські, районні;
- сезонністю: цілорічні, сезонні;
- типом рельєфу: нагорні, на схилі, у гірській долині, рівнинні;
- планувальною структурою: лінійні, променево-кільцеві, комбіновані) [3, 4].

Чим більше додаткових послуг представлених в парковій зоні, тим більше додаткове навантаження, тим більш надійна повинна бути система керування та приєднання до мережі. Можливість розміщення споруд залежить від розмірів паркової зони та того, які надаються додаткові послуги для відвідувачів. В результаті, від додаткових споруд, що розміщені на території паркової зони, залежить споживана потужність. Таким чином, можна зробити невелику класифікацію паркових зон за споживанням електроенергії в залежності від наявності споруд для відпочинку. На рисунку 1 наведені споруди, використання яких можливе від малих паркових зон до великих.



Рисунок 1 - Класифікація паркових зон за можливим споживанням електроенергії

Основна проблема полягає в тому, що паркові зони мають застарілу систему електропостачання яка в свою чергу вже морально та технічно застаріла, до цієї системи ще під'єднують додаткове навантаження. Через це, в лінії виникає великий та швидкий знос, що призводить до короткого замикання і подальшому руйнуванню кабелю.

Через те, що обладнання електропостачання та консолей застаріло, значно погіршується надійність системи освітлення, а приєднання системи живлення центральної електромережі, робить освітлення вразливим та залежним.

В даному випадку виникає питання забезпечення надійності та енергоефективності системи електроживлення паркового об'єкту з використанням систем збереження електричної енергії та ВДЕ.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Люди відвідують парки, тому що вони забезпечують контакт з природним і соціальним середовищем, яке дає можливість зустрітися з друзями, спостерігати за іншими та бути помітним – усе це допомагає створити відчуття комфорту та безпеки.

Добре зпроектовані парки та зони відпочинку є великим надбанням для місцевих громад. Але цей актив може швидко стати пасивом, коли парки стають небезпечними і як наслідок, втрачають свою цінність і користь для суспільства. Підтримка безпеки парків і об'єктів відпочинку є ключем до благополуччя громади і має прямий зв'язок з рівнем їх використання.

Розглядаючи надійність освітлення паркової зони, можемо говорити про прямий її вплив на безпеку відвідувачів в нічний час доби. Здатність відчувати контроль над простором, мати змогу бачити, легко втекти або отримати допомогу під час небезпечної ситуації – це приклади того, як можна змусити себе почуватися в безпеці [5]. Результати дослідження [5] показують, що більшість користувачів заявили, що відчувають себе небезпечно в парку. Тому система, яка проектується повинна відповідати певним вимогам. Для забезпечення безпеки парку необхідно мати персонал охорони, телефон і пункт першої допомоги. Відкриті оглядові лінії в парку та розбірливий план парку важливі для сприйняття безпеки. Правильна посадка і достатнє освітлення допомагають створити відкриті лінії огляду [5].

Підключення освітлення необхідно здійснювати трифазною мережею змінного струму 220 В або 380 В, живлення необхідно забезпечити з щитка або шафи зовнішнього освітлення. Живлення даного обладнання виконується через комплектні трансформатори, розподільні пристрої будівель, магістральні електромережі.

Особливістю формування електричних мереж є необхідність максимального збереження природного ландшафту за умовою виконання вимог щодо охорони електричних мереж [6].

Освітлювальна мережа може бути повітряною з самоутримних ізольованих проводів або підземною з броньованих кабелів, прокладених траншейним методом. В проектну документацію по кабельній лінії потрібно включити інженерно-топографічний план місцевості, де позначені всі існуючі споруди і підземні комунікаційні об'єкти [7].

Також необхідно зазначити, що також присутній елемент вандалізму, а отже до даних вимог можна додати встановлення більш захищеного освітлювального або електричного обладнання.

### **Постановка завдання**

Сформувати систему електропостачання паркової зони з урахуванням особливостей розташування основних об'єктів та забезпечення ефективності управління процесами освітлення. Розгляд можливості використання технологій ВДЕ, смарт регулювання та накопичення електричної енергії при освітленні паркових зон в Україні, економічна оцінка впровадження автономних систем освітлення.

### **Матеріал і результат дослідження**

#### *Характеристики об'єкта моделювання*

Дендропарк "Олександрія" розташований на площі 4006700м<sup>2</sup> на березі річки Рось. Площа декоративних водойм парку (ставки та р. Рось) 210000 м<sup>2</sup>. Парк є зразком пейзажної паркової композиції, основу якої складають рослини, архітектурні споруди, скульптури, водна гладь річки Рось та ставків. [8]

Площа парку 4006700м<sup>2</sup> = 400.67 га, розташований в центральній частині міста, розрахований для затишного та тихого відпочинку. Парк має неправильну багатогранну форму. Наявні додаткові послуги, такі як об'єкти адміністративного призначення, кафе, танцювальний майданчик. Загальна протяжність доріжок по всій території складає 20000 метрів. За ДБН Б.2.2-5:2011 нормований відсоток території для алей та доріжок повинен бути від 25% до 40%. Але так як парк був заснований в 1788 році, він не може підходити під сучасні норми ДБН [9].

Для цієї системи необхідно застосувати такі кроки:

1. Змоделювати систему освітлення та обрати енергоефективні джерела світла.
2. Впровадити інтелектуальні системи керування електроенергією та освітленням територій.
3. Також необхідна заміна централізованого електроживлення на локальну або розосереджену енергосистему. Замінити централізовану систему електроживлення від



підстанцій на відновлювані джерела енергії із застосуванням акумулюючих технологій.

### **Моделювання системи освітлення та розрахунок її навантаження**

Для освітлення нашого скверу обираємо світлодіодні лампи потужність 30 Вт та 4600 лм. Згідно [10], необхідна мінімальна освітленість для нашого об'єкту складає 4 лк на головних алеях та 6 лк на входах. Змодельовано територію скверу у програмному забезпеченні Light in Night, що зображено на рисунку 2.

Так як площа надто велика для точного розрахунку, оберемо максимально допустиму площу яку підтримує сучасне ПЗ. Обираємо світильники близького за характеристиками до обраних ламп (4600/740/RAL7040/0/ORS2/GEN1).

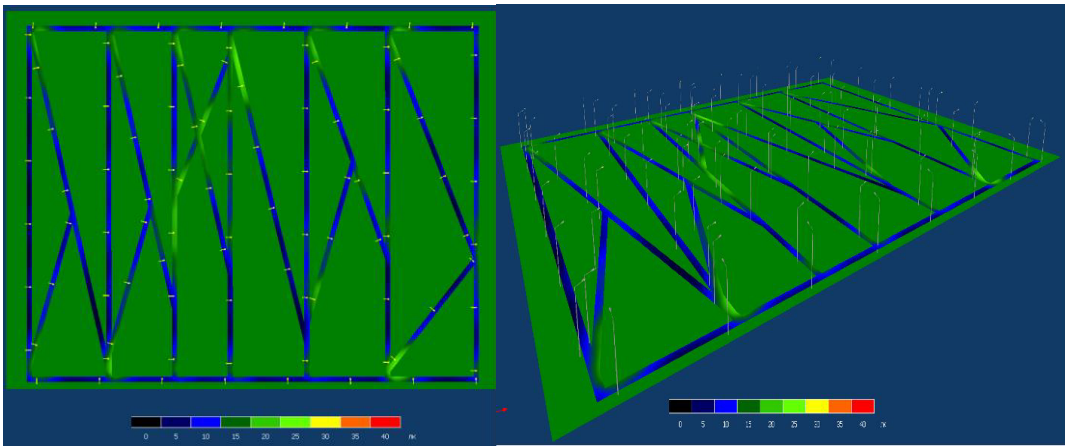


Рисунок 2 - Часткове моделювання території парку

Мінімальна освітленість території не перетинає позначку 4 лк, отже кількість світильників та їх розташування оптимально підібрані та змодельовані.

Розрахована споживана потужність освітлювального обладнання для доріг та інших шляхів становить 25 кВт.

Враховуючи наявність близько 15 об'єктів архітектури, необхідно передбачити їх додаткове підсвічування. Потужність системи додаткового освітлення становить близько 15 кВт.

На території парку є три об'єкти, які передбачають створення штучних водоспадів і для реалізації яких необхідним є встановлення електричних двигунів або насосів. Буде встановлено 3 насоси IML New BCC 550T [11] потужністю кожної установки 4 кВт.

Враховуючи наявність об'єктів адміністративного призначення, кафе, танцювального майданчика, оцінимо їх навантаження на мережу (таблиця 1).

Таблиця 1 - Оціночна розрахункова потужність об'єктів дендропарку "Олександрія"

Об'єкт	Оціночна розрахункова потужність, кВт
Кафе 1	16
Кафе 2	16
Танцювальна зона	5

### ***Визначення можливостей використання відновлюваних джерел та акумуляції електричної енергії***

При створенні системи живлення енергією об'єкту принциповим питанням є забезпечення екологічності джерел енергії. Крім того важливим є забезпечення збереження існуючих зелених насаджень на території парку. Оскільки немає можливості встановлення централізованої сонячної станції тому необхідне використання на кожному світильнику відповідної панелі, тобто інтегровані в об'єкт електропостачання.

Для забезпечення гарантованого живлення та підвищення надійності електропостачання може бути застосована система акумулювання, використання якої є актуальною особливо при ринкових тарифах на електричну енергію. Використання цих акумуляторних батарей може бути використана для заряду їх вдень та живлення освітлювальних елементів від них вночі.

Як варіант вирішення задачі може бути запропоновано використання світильнику світильнику [12], в якому інтегровані, як елемент освітлення, так і джерело і зберігання енергії. Він буде ідентичний за значенням світлового до розрахованого вище, із вбудованою сонячною літій-залізо-фосфатною батареєю, сонячною панеллю та зарядним пристроєм. Також в ньому присутній спеціально розроблений кронштейн для монтування на опорах з регульованими кутами нахилу для бокового та верхнього монтажу. Таке рішення дасть змогу:

- зберегти ландшафт - траншея для прокладання кабелів не потрібна;
- отримати значну економію енергії.

### ***Вибір системи смарт керування***

Смарт система для об'єктів паркової зони можна розглядати як частину Smart City. Для цього розглянемо певні рішення інтелектуального освітлення, які необхідно врахувати, шукаючи розумніший спосіб керування вуличними світильниками, задля підвищення громадської безпеки, енергетичної та економічної ефективності.

Для побудови смарт системи дендропарку необхідно передбачити можливість: контролю надходження електричної енергії; технічний стан та надійність функціонування об'єктів; забезпечення управління системами, в тому числі дистанційно, з використанням напрацьованих алгоритмів організації роботи об'єкту.

Розглянемо систему керування освітленням з використанням таких чотирьох компонентів: розумні вузли керування світлодіодами; датчики; шлюзи; платформа центрального керування.

Схематичне представлення системи зображено на рисунку 3.



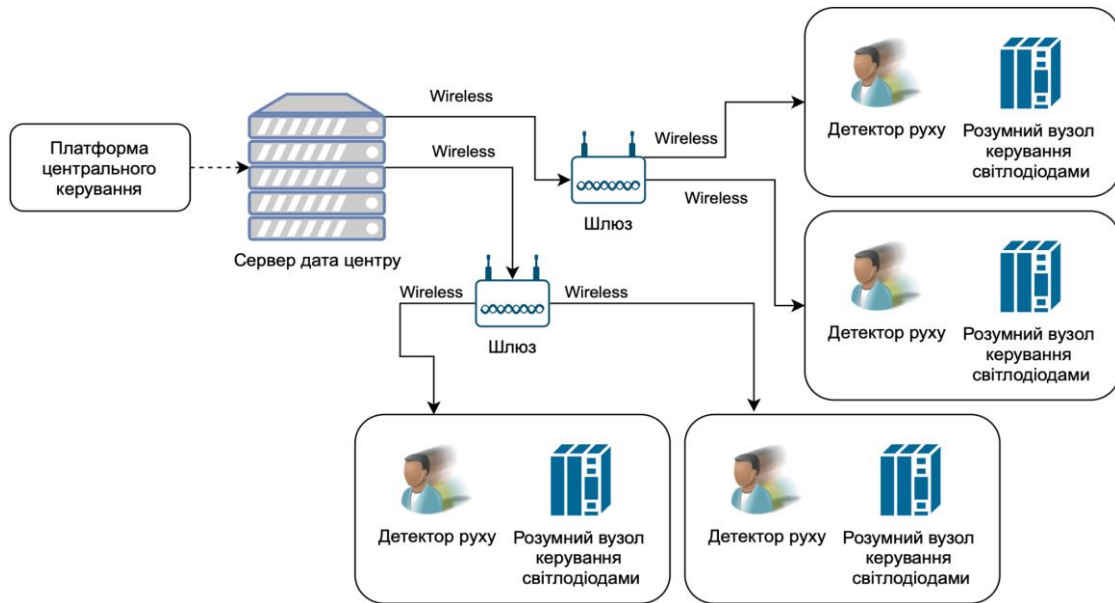


Рисунок 3 - Умовна схема загального функціоналу смарт системи керування освітленням

Дана технологія дозволяє керувати платформі через шлюз, за протоколом IEEE 802.15.4, до вузла кожної лампи, не використовуючи проводи.

Аналогічно освітленню доріг встановлюємо датчики для керування вимкненням додаткового декоративного освітлення парку, електричних насосів штучних водоспадів. Тим самим зменшуємо споживання електричної енергії в період коли дані об'єкти не використовуються.

Також варто зазначити необхідність встановлення Smart Metering (Розумного обліку) в "Кафе 1" та "Кафе 2". Що дозволить зробити прозорими розрахунки за використану електричну енергію, отримувати актуальні дані про поточні витрати електроенергії та режими даних об'єктів.

Зобразимо повну схему керування на рисунку 4.

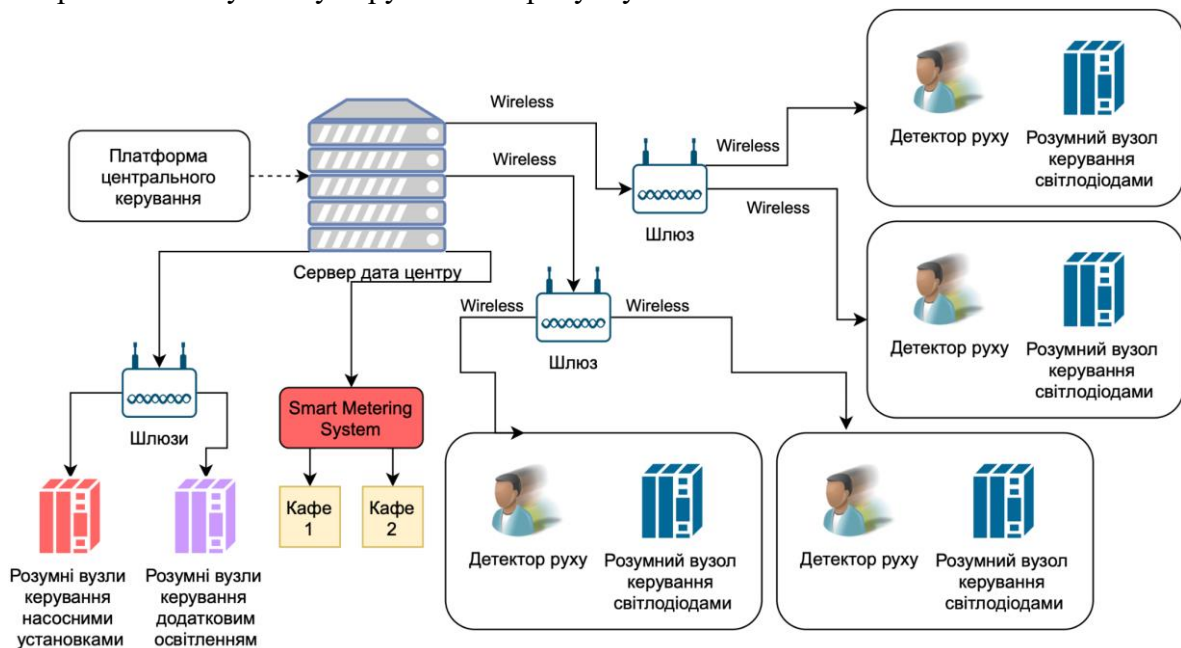


Рисунок 4 - Повна схематична діаграма системи керування об'єктами дендропарку

Для нашої системи освітлення доріг дендропарку, до платформи центрального керування можемо застосувати такий алгоритм роботи (рисунок 5), де буде задіяно не тільки вимкнення освітлення доріг, а і в періоди малого попиту (коли відсутній трафік людей на дорозі) зменшувати світловий потік на певну величину, яка може бути представлена як функція в залежності від величин загальних факторів оточуючого середовища (наприклад на 40%, як показано на рисунку 5), що має збільшити ефективність споживання енергетичних ресурсів. Така система повинна відстежувати зміну погодних умов, рівень освітленості та приймати рішення про необхідний рівень зниження освітленості за відсутності людей.

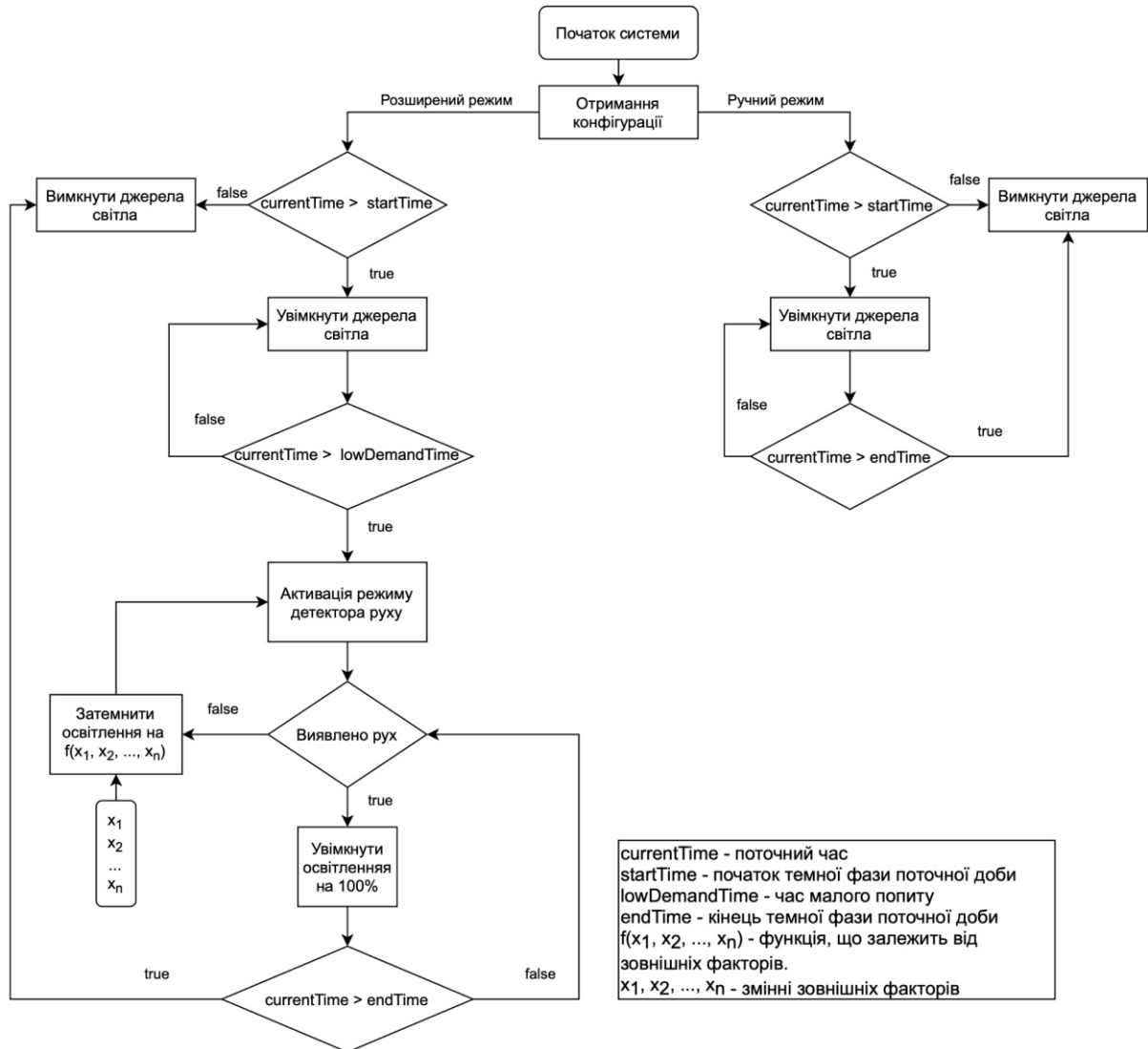


Рисунок 5 - Алгоритм роботи смарт системи керування освітленням.

### Аналіз отриманих результатів

За результатами прийняття рішень щодо системи електропостачання забезпечено формування гнучкої системи, з використанням смарт технологій, яка на відміну від існуючої дозволяє реалізувати всі задачі дендропарку та мінімізувати витрати електричної енергії на основних об'єктах парку.

Зазначена система забезпечила бездротове керування елементами системи, у тому числі

інтегрованими джерелами електричної енергії, які дадуть змогу зберегти ландшафт та енергію на освітлення доріг парку. В свою чергу технології Smart Metering, яка на відміну від існуючої, дає змогу отримувати актуальні дані про поточні витрати електричної енергії та режими об'єктів, графік споживання яких не є стабільним. Ці рішення суттєво вплинуть на надійність та ефективність електропостачання.

За результатами оцінок експертів загальний рівень економії від використання запропонованих технологій буде складати приблизно 40% [13]. Якщо “розумно” керувати додатковим освітленням, тобто вимикати або застосовувати затемнення, то для нього економія складає приблизно від третини до половини енергії.

Порівнюючи можливості впровадження відновлюваних джерел енергії, було обрано саме інтегровані в світильник сонячні панелі на противагу панелям розташованим на землі. Таке рішення прийнято враховуючи за мету саме збереження ландшафту. Аналогічно, якщо розглядати акумулюючі системи не має сенсу виносити його окремо від світильників, адже навантаження системи освітлення на мережу є стабільним і прогнозованим. Тому немає необхідності в застосуванні даної технології при балансуванні навантаження даної системи.

Оцінюючи вартість технологій при проектуванні звичайних LED світильників [14], то вона приблизно в 2,5-3 рази нижча, в порівнянні із світильниками з інтегрованими сонячними панелями. В свою чергу технології smart керування та Smart Metering вимагають інвестицій. Розглядаючи проектовану вартість однієї із систем в місті Павлодар, то роботи з демонтажу та монтажу майже 12 з половиною тисяч світильників, забезпечити їх контролерами, а також придбати 70 шаф управління зовнішнього освітлення та сервери. Оціночна вартість такого проекту становила 1,7 мільярда тенге, що станом на листопад 2021 року становить приблизно 100 млн. грн [15]. Отже, якщо умовно оцінити вартість за 1 світильник, то маємо приблизно 8000 грн за один світильник, що в свою чергу може бути в 6-8 разів вище ніж звичайний світильник. Але з іншого боку існує необхідність зберегти ландшафтні особливості паркової зони.

## Висновки

Створена сучасна система електропостачання дендропарку, яка на відміну від існуючої дає змогу вирішити проблему перебірного освітлення і дозволяє реалізувати всі інші задачі дендропарку, мінімізувати витрати електричної енергії на основних об'єктах парку та зробити безпечнішими паркові зони.

Побудована система враховує географічні особливості об'єкту, історичні аспекти, особливості розташування основних об'єктів визначних пам'яток та технічні аспекти реалізації такої системи.

Використання сучасних технологій smart керування дає можливість забезпечити комплексне поєднання в цій системі електропостачання різних підсистем (сонячні батареї, елементи накопичення та інше) для ефективного функціонування усіх систем дендропарку.

## Список використаних джерел

1. Освещение как объект комплексного эргономического анализа [Електронний ресурс] // Бизнес-информатика. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://it.rfei.ru/course/~Ylac/~VfelPrP9/~KgcyIpW8> (дата звернення: 18.11.2021).
2. Парки Білої Церкви [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу:

[https://uk.wikipedia.org/wiki/Парки\\_Білої\\_Церкви](https://uk.wikipedia.org/wiki/Парки_Білої_Церкви) (дата звернення: 18.11.2021).

3. Лазарев А. Г. Ландшафтная архитектура / А. Г. Лазарев, Е. В. Лазарева. – Ростов-на Дону: Феникс, 205. – 282 с.

4. Типология и классификация городских парков. Назначение. [Електронний ресурс] // Московский государственный открытый университет им. В. С. Черномырдина. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/5768374/page:43/> (дата звернення: 18.11.2021).

5. Gökçen F. Y. SAFETY CONCERNS ISSUES FOR PARK USERS, CASE STUDY IN ZEYTÝNBURNU WATERFRONT PARK IN ÝSTANBUL / Firdevs Yücel Gökçen. – 2005. – С. 319–330.

6. Про затвердження Правил охорони електричних мереж : Постанова Кабінету Міністрів України від 04.03.1997 №209 // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/209-97-п> (дата звернення: 18.11.2021).

7. Попова М. Проектирование наружного освещения [Електронний ресурс] / Мария Попова // «МГК «Световые Технологии». – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ltcompany.com/ru/articles/39-proektirovanie-naruzhnogo-osveshchenia/> (дата звернення: 18.11.2021).

8. Історія Державного дендрологічного парку «Олександрія» [Електронний ресурс] // Державний дендрологічний парк «Олександрія» Національної академії наук України. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.alexandria-park.com.ua/istoriya/> (дата звернення: 18.11.2021).

9. ДБН Б.2.2-5:2011 БЛАГОУСТРІЙ ТЕРИТОРІЙ – Чинний від 01.09.2012 - Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. – 61 с. – (Офіційне).

10. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення – Чинний від 01.03.2019 - Київ: Мінрегіон України, 2018. – 133 с. – (Офіційне).

11. Насос IML NEW BCC 550T 86м3/ч 75 мм 4,7 кВт 380 В без префільтра подключение 75 мм [Електронний ресурс] // Интернет-магазин «Розетка™». – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://rozetka.com.ua/305666458/p305666458/> (дата звернення: 18.11.2021).

12. SunStay — универсальные уличные светильники на солнечных батареях [Електронний ресурс] // Signify Holding and Philips Electronics N.V. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.lighting.philips.ua/ru/prof/outdoor-luminaires/solar/luminaires/7456095> (дата звернення: 18.11.2021).

13. Unilight - Интеллектуальная система управления освещением [Електронний ресурс] // Группа компаний «АйТи». – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <http://itpss.ru/docs/presentations/20170407-unilight-smart-lighting-control-system.pdf> (дата звернення: 18.11.2021).

14. Светильник уличный Sokol LED-SLN- 100w Lm 6500K IP65 [Електронний ресурс] // Торговый дом «СОКОЛ». – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://sokol.energy/svetilnik-ulichnyj-sokol-led-sln-100w-lm-6500k-ip65.html> (дата звернення: 18.11.2021).

15. КАК «УМНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ» НЕ ДОВЕЛИ ДО УМА, НО ВСЕ ОСТАЛИСЬ НА СВОИХ МЕСТАХ [Електронний ресурс] // Радио Азаттык. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://rus.azattyq.org/a/kazakhstan-pavlodar-lightning-modernisation-investigation/31428286.html> (дата звернення: 18.11.2021).

УДК 621.311.003.13

Панадій М.В.  
кафедра електропостачання**ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ - ОСНОВНІ ФУНКЦІЇ ТА ЗАСТОСУВАННЯ НА ПРАКТИЦІ****ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS - MAIN FUNCTIONS AND APPLICATIONS IN PRACTICE**

***Анотація.** У даній статті проаналізовано основні функції штучних нейронних мереж. Досліджено сприяння впливу штучних нейронних мереж розвитку енергетичного зростання України, вивчено чинники, що стримують розвиток запровадження нейронних мереж та способи вирішення проблем. Представлено досвід застосування нейронних мереж в енергетиці – управління енергетичними системами, управління компонентами технологічного обладнання енергопідприємств, проаналізовано адаптивний алгоритм нейронного управління. Наведено алгоритм адаптивного управління нейронної системи енергопостачання.*

***Ключові слова:** Штучна нейронна мережа, система енергопостачання, управління енергосистемами, прогнозування, навчання, нейрон.*

***Abstract.** This article analyzes the main functions of artificial neural networks. The promotion of the influence of artificial neural networks for the development of energy growth in Ukraine has been studied, the factors hindering the development of the introduction of neural networks and ways to solve problems have been studied. The experience of application of neural networks in power engineering - management of power systems, management of components of the technological equipment of the power enterprises is presented, the adaptive algorithm of neural management is analyzed. The algorithm of adaptive control of the neural power supply system is given.*

***Key words:** Artificial neural network, power supply system, power systems management, forecasting, training, neuron.*

**Вступ.** Штучні нейронні мережі глибоко увійшли в наше життя і зараз широко використовуються в різних завданнях і активно використовуються, коли традиційні алгоритми рішення неефективні або неможливі. У завдання штучної нейронної мережі довіри входять: розпізнавання тексту, біржові операції, контекстна реклама в Інтернеті, фільтрація спаму, перевірка підозрілих операцій з банківськими картками, системи безпеки, відео спостереження — це ще не все.

Штучна нейронна мережа, як і біологічна нейронна мережа, являє собою обчислювальну систему з великою кількістю простих процесорів, що працюють паралельно, і безліччю з'єднань. Хоча побудова таких мереж зазвичай робить деякі припущення та значні спрощення, щоб відрізнити їх від їхніх біологічних аналогів, штучна нейронна мережа демонструє дивовижну кількість характеристик мозку – це навчання та узагальнення на основі досвіду. Витяг релевантної інформації з даних із надмірності.

Нейронна мережа може змінювати свою поведінку відповідно до стану середовища. Після аналізу вхідного сигналу (можливо, разом із необхідним вихідним сигналом), вони налаштовуються та тренуються, щоб забезпечити правильну відповідь. Навчена мережа може протистояти певним відхиленням вхідних даних, щоб вона могла правильно «бачити» зображення, що містять різні перешкоди та спотворення. У 1950-х роках група дослідників об'єднала біологічні та фізіологічні методи для створення першої штучної нейронної мережі. Тоді здавалося, що ключ до штучного інтелекту знайдено. Однак, хоча ці мережі ефективно



вирішили деякі проблеми штучного бачення — прогнозування погоди та аналізу даних — ця ілюзія швидко розвіялася. Мережа не може вирішувати інші завдання, подібні до завдань, які вона успішно справляє. Відтоді почався період поглибленого аналізу. Створено теорії і доведено багато теорем. Але вже тоді стало зрозуміло, що без залучення серйозної математики розраховувати не слід.

Публікації про штучні нейронні мережі почали з'являтися в наукових журналах у 1970-х роках. Поступово сформувався хороший теоретичний фундамент, і більшість мереж сьогодні створюються саме на цій основі. В останні два десятиліття розроблені теорії активно використовуються для вирішення прикладних задач. Є також компанії, які розробляють прикладне програмне забезпечення для проектування штучних нейронних мереж. Крім того, ознакою 1990-х років став прихід у бізнес штучних нейронних мереж, які показали свою справжню ефективність у вирішенні багатьох проблем (від прогнозування попиту на продукцію до аналізу платоспроможності клієнтів банку).

Сьогодні існує велика кількість різноманітних конфігурацій нейронних мереж з різними принципами роботи, призначених для вирішення різних завдань. Наприклад, розглянемо багат шарову підключену нейронну мережу прямого поширення, яка широко використовується для пошуку закономірностей та класифікації зображень. Повно-зв'язаною нейронною мережею називається багат шарова структура, в якій кожен нейрон довільного шару пов'язаний з усіма нейронами попереднього шару, а у разі першого шару - з усіма входами нейронної мережі. Пряме поширення сигналу означає, що така нейронна мережа не містить петель.[1]

**Мета та завдання.** Метою даної роботи є дослідження штучних нейронних мереж, їх нагальних проблем та механізмів їх вирішення. Застосування на практиці та можливості використання на підприємстві.

**Матеріал і результати досліджень.** Розвиток інтернету та процеси глобалізації сприяли тому, що з'явилося дуже багато інформації, опрацювати яку самотужки людина фізично не в змозі. Нейронні мережі знайшли застосування у:

- ✓ аналізі та класифікуванні даних за заданими параметрами;
- ✓ формуванні аналітичних прогнозів, керуючись вхідною інформацією;
- ✓ порівнянні та розпізнаванні ідентичних даних.

Як виконуються обчислення. Існує декілька видів нейронного зв'язку. Найчастіше використовуються синапсоїдальний та ReLU. В першому випадку нейронна мережа використовує дані в діапазоні від -1 до 1 (що фактично відповідає -100% до 100%). В другому вхідні дані передаються через значення 0 та  $\inf$  (інформація любого характеру).

Для того, щоб пояснити, як проходить системний аналіз, краще підходить синапсоїдальна функція, оскільки обмежений діапазон вхідної інформації дає більше наочності. Алгоритм обчислення:

- дані поступають на нейрон;
- обчислюється їх вага;
- результати обчислень передаються на наступний нейрон;
- процес повторюється.

Кількість обчислень задається шляхом встановлення кількості шарів. Сучасні нейронні мережі мають десятки, а іноді навіть сотні шарів обчислення. Книги з програмування містять приклади коду на Java, що свідчить про розвиток технології не тільки в сфері десктопних програм, а також і для мобільних платформ. Це свідчить про ефективність нейронних мереж.

Як проходить навчання. Як зрозуміло із попереднього розділу, вхідні дані для нейронної мережі слід привести до встановленого виду. Що це значить? Розглянемо наступний приклад: проаналізувати динаміку ринку акцій.

Ціни в даному випадку будуть значно більше від одиниці. Тому можна звести дані до різниці цін, яка буде виражена через проценти. На виході отримаємо діапазон значень від -1 до 1.

Описана послідовність дій називається нормалізацією вхідних даних. Це перший і основний крок перед початком машинного навчання. Система повинна отримувати інформацію у тому виді, який вона може обробити.

Наступний крок — отримання першого результату обчислень. У 99% випадків він буде відрізнятися від того, що мало бути насправді. Ця обставина пояснюється просто: мережа не має достатньо інформації для правильної аналітики (тобто релевантного розподілення ваги).

На цьому етапі створюється алгоритм навчання — тренувальний сет. Це набір операнд, які задають параметри обробки вхідних даних та допомагають нейронній мережі правильно оцінювати вагу. В залежності від складності задачі може використовуватися від 4 до декількох сотень формул.

Проходження циклу операнд назветься епохою. На момент створення нейронна мережа має епоху під номером 0. Після першого циклу навчання наступає епоха 1, і так далі. С кожним циклом навчання похибка обчислень зменшується. Коли цей показник не перевищує декількох процентів, вважається, що мережа пройшла навчання і придатна для вирішення реальних задач.

Також слід відмітити що нейронні мережі та штучний інтелект — це хоча і схожі, але все ж таки різні терміни. Нейронні мережі мають модулярну систему, де обчислення виконуються на основі встановлених правил. Система вчиться аналізувати лише конкретні дані і підходить для вирішення однієї чітко сформованої задачі.

Добре розвинена та навчена нейронна мережа легко замінить штатного аналітика, але лише в межах одного діапазону даних. Штучний інтелект, говорячи максимально просто, це здатність комп'ютера самотужки створювати та навчати нейронні мережі.[2]

Попередньо проведено розрахунки кореляційного аналізу чинників які впливають на процес енерговикористання. В даному випадку було використано пакет "Аналіз даних" у програмі MS "Excel" для побудови кореляційної матриці Пірсона для кожного набору факторів. Результат представлено у таблиці 1. Коефіцієнт кореляції Пірсона визначається за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}}, r_{xy} \in [-1, 1] \quad (1)$$

де  $\bar{x}, \bar{y}$  – середні значення змінних,  $m$  – обсяг вибірки

$|r_{xy}| = 1$  – існує абсолютна лінійна залежність;

$|r_{xy}| = 0$  – відсутня будь яка лінійна залежність.

Таблиця 1 – матриця кореляції Пірсона

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	Y1	Y2	Y3	
X1	1,00																								
X2	-0,30	1,00																							
X3	-0,31	-0,24	1,00																						
X4	0,64	-0,42	-0,36	1,00																					
X5	0,35	0,10	-0,21	0,19	1,00																				
X6	0,49	-0,18	-0,12	0,65	0,34	1,00																			
X7	0,58	0,16	-0,21	0,14	0,69	0,18	1,00																		
X8	0,59	-0,13	-0,62	0,61	0,35	0,37	0,52	1,00																	
X9	0,41	-0,51	-0,46	0,40	-0,04	0,07	0,30	0,66	1,00																
X10	0,73	-0,26	-0,52	0,42	0,47	0,20	0,68	0,77	0,68	1,00															
X11	0,50	-0,05	-0,49	0,38	0,55	0,13	0,55	0,82	0,48	0,68	1,00														
X12	0,25	0,41	-0,31	0,07	0,76	0,13	0,47	0,36	-0,21	0,29	0,71	1,00													
X13	0,19	0,45	-0,26	-0,23	0,58	-0,05	0,61	0,43	0,05	0,44	0,71	0,81	1,00												
X14	0,50	-0,50	-0,53	0,62	0,17	0,31	0,30	0,73	0,78	0,76	0,36	-0,18	-0,10	1,00											
X15	-0,22	0,54	0,17	-0,35	0,17	-0,16	-0,19	-0,51	-0,79	-0,45	-0,08	0,54	0,29	-0,82	1,00										
X16	0,32	0,18	-0,44	0,32	-0,16	0,05	0,18	0,73	0,36	0,31	0,59	0,22	0,33	0,27	-0,25	1,00									
X17	0,07	0,45	-0,10	-0,39	0,40	-0,20	0,59	0,32	0,08	0,32	0,61	0,65	0,95	-0,22	0,23	0,34	1,00								
X18	0,24	0,40	-0,37	-0,18	0,53	-0,21	0,67	0,49	0,22	0,53	0,79	0,75	0,94	-0,01	0,18	0,41	0,92	1,00							
X19	0,32	0,27	-0,37	0,01	0,36	0,03	0,54	0,67	0,33	0,60	0,82	0,64	0,90	0,15	0,02	0,61	0,86	0,88	1,00						
X20	0,51	0,10	-0,60	0,23	0,29	0,43	0,48	0,53	0,48	0,60	0,29	0,16	0,36	0,51	-0,34	0,21	0,26	0,29	0,41	1,00					
X21	0,42	0,00	-0,64	0,11	0,60	-0,09	0,58	0,59	0,53	0,77	0,78	0,60	0,69	0,43	-0,08	0,21	0,57	0,77	0,67	0,54	1,00				
Y1	0,03	0,67	-0,30	-0,32	0,33	-0,22	0,58	0,37	0,05	0,30	0,57	0,63	0,90	-0,17	0,23	0,47	0,93	0,91	0,84	0,29	0,52	1,00			
Y2	0,34	-0,43	-0,19	0,42	-0,08	0,30	-0,42	0,19	0,03	0,03	0,19	0,07	-0,22	0,16	0,05	0,23	-0,37	-0,25	-0,10	-0,03	0,00	-0,46	1,00		
Y3	-0,01	0,71	-0,27	-0,11	0,20	0,06	0,14	0,27	-0,42	0,07	0,28	0,56	0,57	-0,18	0,40	0,49	0,45	0,44	0,54	0,10	0,09	0,61	-0,01	1,00	



Всі значення  $X$  – це потенційні чинники взяті з другого розділу магістерської дисертації, значення  $Y$  – це споживання типу енергії які впливають на чинники. Дивлячись на таблицю коефіцієнтів бачимо, що певні пари чинників колінеарні між собою, тому при регресійному аналізі частину чинників необхідно вилучити.

Багатовимірні моделі лінійної регресії дозволяють встановлювати кількісні зв'язки між конкретними цільовими змінними та незалежними змінними векторами. При моделюванні лінійної регресії використовуйте лінійні функції для моделювання відносин.

Між цільовою змінною та незалежною змінною встановлюється лінійна залежність, а невідомі параметри базуються на вхідних даних. Функція лінійної регресії набуває такого вигляду:

$$\tilde{y}_i = \theta_0 + \sum_j \theta_j x_{ij}, \quad (2)$$

де  $\theta_0$  - перетин з віссю координат (в контексті даної задачі – постійне навантаження на об'єкті);

$\theta_j$  - лінійні коефіцієнти, або параметри моделі для кожної незалежної змінної(чинника);

$x_i$  - незалежна змінна;  $i$  – номер вибірки;

$j$  – номер незалежної змінної;  $y$  - залежна(цільова) змінна.

При пошуку оптимальних параметрів моделі використовується метод найменших квадратів. Після вирішення рівнянь отримують значення лінійних коефіцієнтів, які відповідають умовам рівнянь.

Для розрахунку базового рівня споживання енергії використовуйте метод збільшення з екстремальним градієнтом. Метод лінійної регресії є найбільш часто використовуваним методом для встановлення зв'язку між змінними в машинному навчанні. Переваги цього методу - легка реалізація, корисна інтерпретація результатів та велика кількість показників верифікації. Основною статистичною ідеєю цього методу є припущення, що між цільовою та незалежною змінною існує детермінований лінійний зв'язок.

Існуюча лінійна кореляція має певні переваги при побудові регресійних моделей, а саме:

- велика кількість методів кількісної оцінки залежності між двома факторами (наприклад коефіцієнт кореляції Пірсона, який не чутливий до нелінійних типів взаємодії)
- наявність при побудові функціональної залежності між параметрами
- велика кількість методів валідації моделей, побудованих на лінійній залежності

Після проведення першої ітерації регресійна статистика електричного споживання представлено в таблиці 2:

Вывод итогов								
<i>Регрессионная статистика</i>								
Множественный R	0,992484019							
R-квадрат	0,985024529							
Нормированный R-квадрат	0,950081763							
Стандартная ошибка	17779,18866							
Наблюдения	11							
Дисперсионный анализ								
	df	SS	MS	F	Значимость F			
Регрессия	7	62375161343	8910737335	28,18965529	0,009733804			
Остаток	3	948298648,2	316099549,4					
Итого	10	63323459992						
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	-2020449,154	8034423,979	-0,251474052	0,817689666	-27589572,06	23548673,75	-27589572,06	23548673,75
9450	86,93212126	225,9315583	0,384771929	0,726063042	-632,0829313	805,9471745	-632,0829313	805,9471745
6245	-646,4390711	222,5312119	-2,90493664	0,062251998	-1354,632704	61,75456197	-1354,632704	61,75456197
6356	401,3995974	421,1781798	0,953039869	0,410879447	-938,9773448	1741,77654	-938,9773448	1741,77654
1232	-204,3583848	192,1237253	-1,063681149	0,365499398	-815,7818244	407,0650548	-815,7818244	407,0650548
14236	194,6877326	499,659815	0,389640565	0,722816677	-1395,452799	1784,828265	-1395,452799	1784,828265
4600	100,279568	86,61987793	1,157696945	0,330787371	-175,3835424	375,9426785	-175,3835424	375,9426785
2926	40,71430225	17,20798545	2,366012126	0,098860092	-14,04918747	95,47779197	-14,04918747	95,47779197

Бачимо що більшість чинників має значення  $>0,1$ , відповідно це пояснюється тим що є відсутність лінійного зв'язку або наявність колінеарності між чинниками. Відкидаємо ці значення та проводимо другу ітерацію.

Результат встановлення БР для процесу споживання електроенергії на підприємстві представлено в таблиці 3

Вывод итогов								
<i>Регрессионная статистика</i>								
Множественный R	0,924017351							
R-квадрат	0,853808065							
Нормированный R-квадрат	0,817260081							
Стандартная ошибка	34017,23673							
Наблюдения	11							
Дисперсионный анализ								
	df	SS	MS	F	Значимость F			
Регрессия	2	54066080835	27033040417	23,36129045	0,000456766			
Остаток	8	9257379157	1157172395					
Итого	10	63323459992						
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	1211621,715	1022377,785	1,185101763	0,269984888	-1145985,682	3569229,113	-1145985,682	3569229,113
6356	-153,9988867	162,2059495	-0,949403442	0,370210448	-528,0464768	220,0487033	-528,0464768	220,0487033
2926	50,60139715	10,20834643	4,956865198	0,001111261	27,06090809	74,14188621	27,06090809	74,14188621

Тому, за формулою (2) рівняння лінійної регресії за споживанням електричної енергії набуває вигляд:

$$Y = 1211621,715 - 153,99 \cdot x_1 + 50,6 \cdot x_2$$

де  $x_1$  – плоско-шліфувальні операції;

$x_2$  – гідро випробувальні операції.

За формулою розрахуємо очікуване значення споживання електричної енергії за 2020 рік та перевіримо з фактичним значенням за відповідний період. Результат розрахунку

представлено на рисунку 1

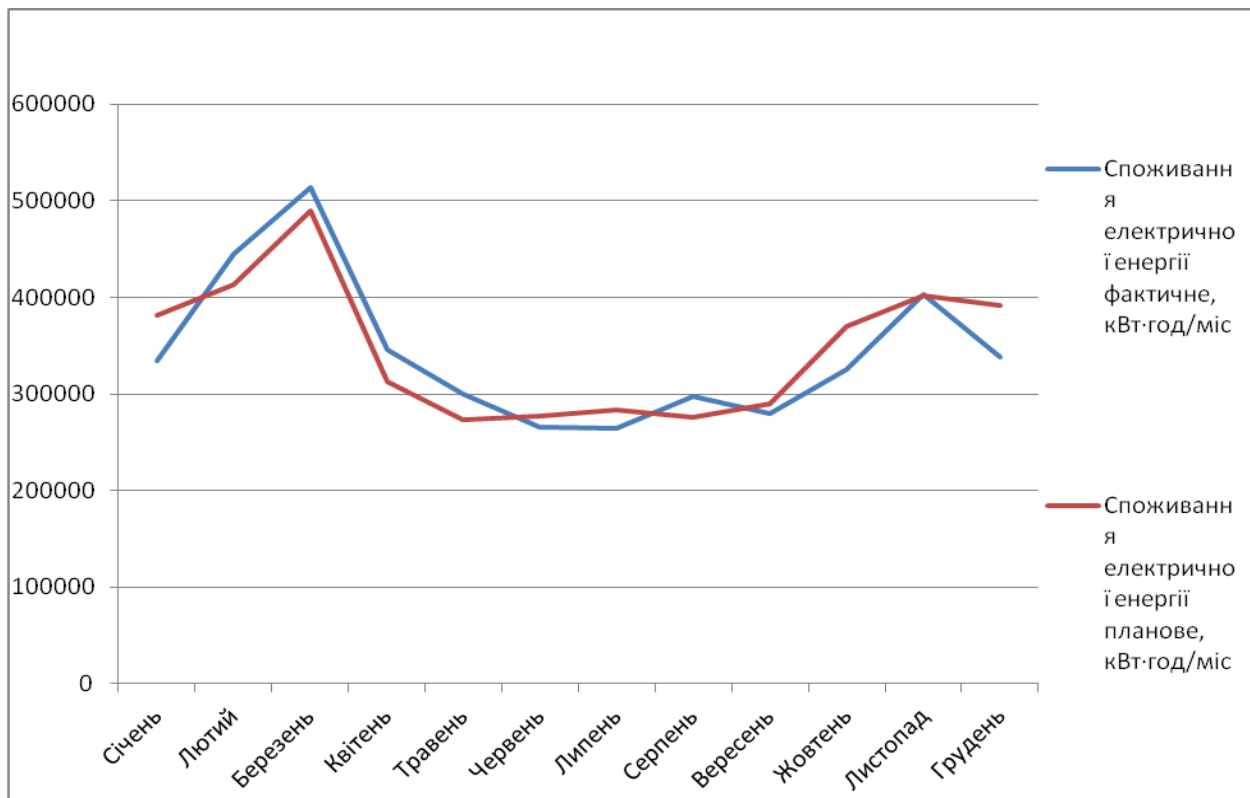


Рисунок 1 – Фактичне та планове споживання електричної енергії за 2020 рік

Результат встановлення БР для процесу споживання стисненого повітря на підприємстві представлено в таблиці 4

Вывод итогов								
<b>Регрессионная статистика</b>								
Множесті	0,955442552							
R-квадрат	0,91287047							
Нормиров	0,782176175							
Стандарті	15,09742614							
Наблюдеі	11							
<b>Дисперсионный анализ</b>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>			
Регрессия	6	9552,33635	1592,056058	6,984776733	0,040430636			
Остаток	4	911,7291042	227,932276					
Итого	10	10464,06545						
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересеч	1902,996948	672,1273644	2,831304078	0,047282472	36,87221682	3769,121679	36,87221682	3769,121679
9450	0,021571368	0,068977401	0,312730945	0,770111186	-0,1699406	0,213083335	-0,1699406	0,213083335
6245	-0,23124023	0,29719578	-0,778073731	0,47998133	-1,056387999	0,59390754	-1,056387999	0,59390754
6356	-0,053919183	0,249097468	-0,216458174	0,839221802	-0,745524629	0,637686263	-0,745524629	0,637686263
1232	0,080042906	0,079671968	1,004655815	0,371906759	-0,141161939	0,301247751	-0,141161939	0,301247751
2926	0,014730249	0,010512042	1,401273781	0,233748366	-0,014455859	0,043916358	-0,014455859	0,043916358
3853	-0,017567446	0,025370566	-0,692434141	0,526763322	-0,088007431	0,052872539	-0,088007431	0,052872539

Тому, за формулою (3.2) рівняння лінійної регресії за споживанням стисненого повітря набуває вигляд:

$$Y = 1902,99 + 0,02 \cdot x_1 - 0,23 \cdot x_2 - 0,05 \cdot x_3 + 0,08 \cdot x_4 + 0,01 \cdot x_5 - 0,01 \cdot x_6$$

де  $x_1$  – свердлильні операції;

- $x_2$  – координатно-шліфувальні операції;
- $x_3$  – плоско-шліфувальні операції;
- $x_4$  – механічна обробка корпусних деталей на обробних центрах;
- $x_5$  – гідро випробувальні операції;
- $x_6$  – Приймально-здавальні та періодичні випробовування.

За формулою розрахуємо очікуване значення споживання стисненого повітря за 2020 рік та перевіримо з фактичним значенням за відповідний період. Результат розрахунку представлено на рисунку 2

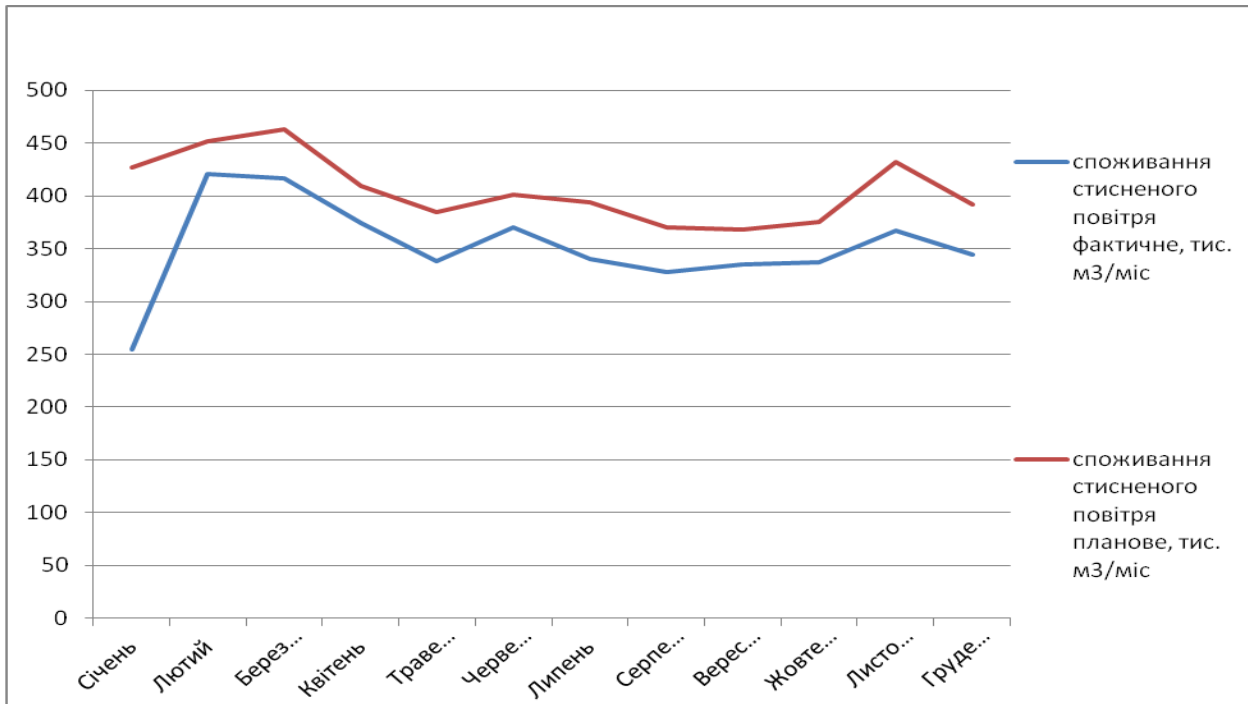


Рисунок 2 – Фактичне та планове споживання стисненого повітря за 2020 рік

Результат встановлення БР для процесу споживання води на підприємстві представлено в таблиці 5

Вывод итогов								
Регрессионная статистика								
Множественный R	0,245035312							
R-квадрат	0,060042304							
Нормированный R-квадрат	-0,17494712							
Стандартная ошибка	969,782827							
Наблюдения	11							
Дисперсионный анализ								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>			
Регрессия	2	480604,6926	240302,3463	0,255510665	0,780608421			
Остаток	8	7523829,853	940478,7316					
Итого	10	8004434,545						
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	4154,450223	933,361038	4,451064544	0,002136275	2002,115811	6306,784634	2002,115811	6306,784634
2926	-0,032793514	0,534192271	-0,061388972	0,952555412	-1,2646431	1,199056071	-1,2646431	1,199056071
1232	-0,292593163	1,591993653	-0,183790408	0,858750897	-3,963737107	3,37855078	-3,963737107	3,37855078

Тому, за формулою (3.2) рівняння лінійної регресії за споживанням води набуває вигляд:

$$Y = 4154,45 - 0,03 \cdot x_1 - 0,29 \cdot x_2$$

де  $x_1$  – гідровипробувальні операції;

$x_2$  – механічна обробка корпусних деталей на обробних центрах.

За формулою розрахуємо очікуване значення споживання води за 2020 рік та перевіримо з фактичним значенням за відповідний період. Результат розрахунку представлено на рисунку 3

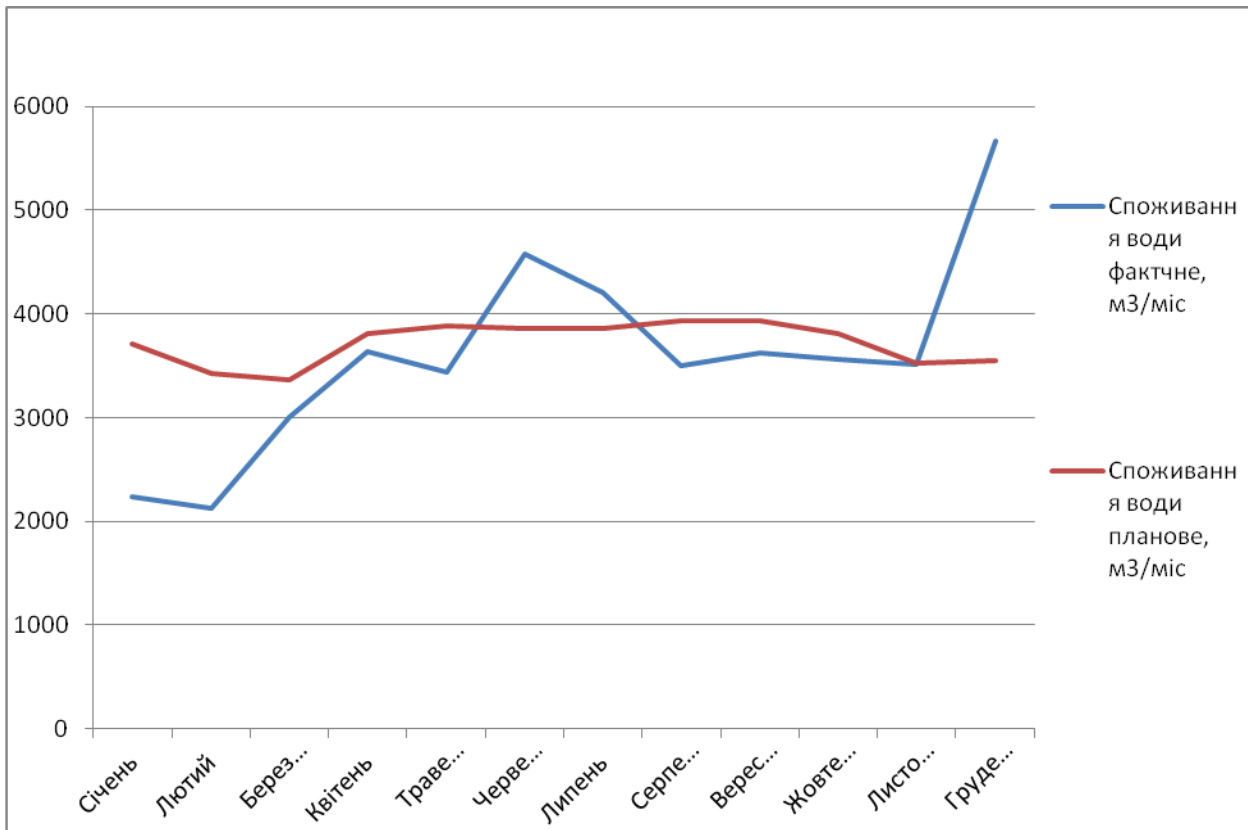


Рисунок 3 – Фактичне та планове споживання води за 2020 рік

Досвід застосування ШНМ для моделювання. Енергооб'єкт є чудовою платформою для подальшого вирішення завдань управління ними в рамках нейромережових технологій. З ТАУ добре відомо, що рівень складності регулятора як сукупності динамічних ланок вбирається у складності ОУ. Звідси можна дозволити собі аналогію – структурна складність НР навряд чи має перевищувати складність НЕ. Інакше кажучи, якщо Вам вдалося синтезувати НЕ, синтез НР для того самого ОУ не повинен викликати особливих труднощів. Напевно, тому завдання, зазначені у табл. 6 цієї публікації, багато в чому перегукуються задачами, переліченими у табл. 6.[3]

Таблиця 6 - Завдання управління енергооб'єктами, в яких застосування ШНМ визнано високоефективним

№	Тип завдання
1	Управління електроенергетичними системами
	– демпфування низькочастотних та субсинхронних резонансних коливань у багатомашинній енергосистемі
	– керування високовольтними лініями постійного струму
	– економічна диспетчеризація енергосистем
	– природоохоронна диспетчеризація енергосистеми
2	Управління компонентами технологічного обладнання енергопідприємств
	– керування температурою пари на виході котла
	– керування режимами роботи парогенератора для мінімізації викидів NOx
	– управління електроприводами власних потреб електростанцій та теплових мереж
	– управління інверторами та фільтрами
	– керування навантаженням у розподільчих мережах
3	Управління якістю тепlopостачання у великих системах централізованого тепlopостачання
	– керування добовими обсягами відпустки тепла від ТЕЦ
	– керування температурою теплоносія, що відпускається від ТЕЦ
4	Управління енергоспоживанням у будинках

Тут же доречно відзначити, що серед новітніх технологій управління в енергетиці основним конкурентом НР є нечіткі логічні регулятори або, як їх називають, транслітеруючи англomовний термін, фаззи-регулятори (ФР) [4]. Добре формалізуючи експертний досвід "ручного" управління, накопичений оперативно-диспетчерським персоналом енергооб'єктів та енергосистем, ФР мають високі шанси зайняти лідируюче становище серед сучасних засобів автоматизації, проте лише там, де розмірність змінних, що характеризують технологічний процес, невисока. Там же, де кількість факторів, які необхідно брати до уваги при прийнятті управлінських рішень, перевищує 4-5, проблеми реалізації ФР стають настільки відчутними.

НСЕП, що імітує алгоритм адаптивного управління. В цьому випадку як СЕП використовується багатошаровий перцептрон, навчений за допомогою АОР імітувати роботу адаптивного СЕП зі зміщенням полюсів. Адаптивний СЕП є контролером структурою "один вхід – один вихід". Отже, синтезований НСЕС також є системою того самого типу. Враховуючи, що час рахунку ШНМ дуже малий, описаний у [5] НСЕП поєднує в собі гарну якість роботи адаптивного СЕП зі швидкістю реакції ШНМ. Як вхід для НСЕП використовується відхилення швидкості обертання ротора ТГ  $\Delta\omega$ . Враховуючи динамічний характер генератора як ОУ, на вхід ШНМ подається не тільки поточна координата  $\Delta\omega(k)$ , а й передісторія перехідного процесу, тобто лагові значення  $\Delta\omega(k-1)$ ,  $\Delta\omega(k-2)$  та  $\Delta\omega(k-3)$ . Були спроби використати та глибші затримки, проте, як зазначається, це не мало значного впливу на роботу системи.

Таким чином, у НР 4 входи. Вихід НР є сигналом управління  $V_{сэс}$ . Зі структури НСЕП (рис. 4) видно, що обчислення лагових значень вхідних сигналів здійснюється у самому НСЕП.

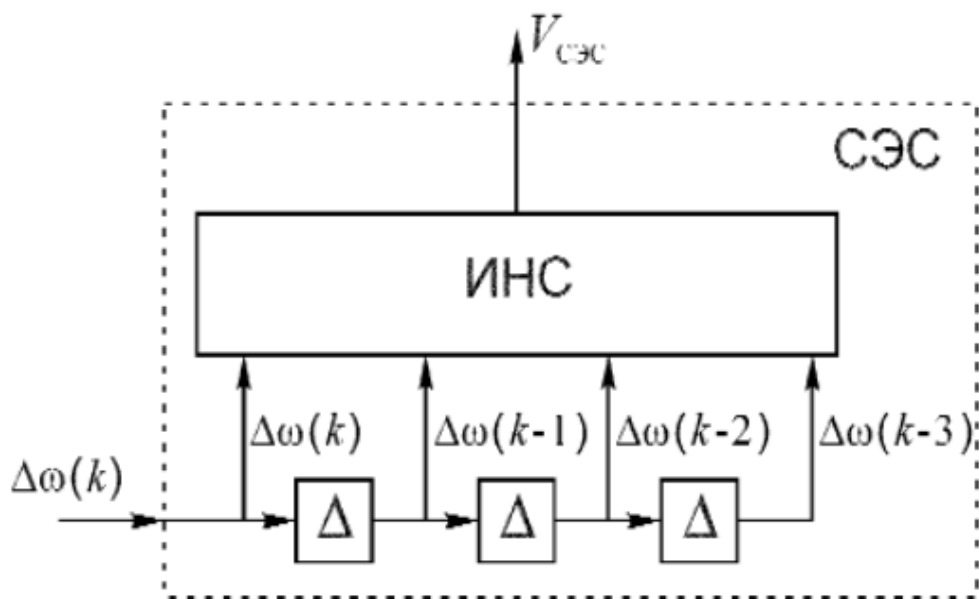


Рисунок 4 – НСЕП з одним входом і одним виходом

Оскільки як ЕМ, що використовується для навчання НСЕП, передбачалося використовувати дані, отримані під час роботи ТГ під управління адаптивного СЕП, були виконані комплексні дослідження перехідних процесів, що розвивалися під впливом різних збурень.

Обурення включали: зміна еталонної напруги і напруги шини нескінченної потужності в діапазоні  $\pm 5\%$ ; зміна моменту на валу ТГ у межах  $\pm 20\%$ ; відключення однією з ліній, що передають; трифазне пошкодження в одному ланцюзі дволанцюгової лінії електропередачі. Так було отримано 35 000 пар шаблонів "вхід-вихід", що утворили ЕМ для НСЕП. З цього набору для навчання НСЕП було використано 20000 пар, а 15000 пар, що залишилися, застосовувалися для тестування якості навчання. На підставі чисельних експериментів, виконаних з моделлю експериментальної установки, автори [5] дійшли висновку, що навіть найпростіший НСЕП має хороші демпфуючі властивості і здатний суттєво покращити динаміку системи.

**Висновки:** Енергетика України сьогодні є самодостатнім техноценозом, який



сформувався 30-35 років тому на базі передових для того часу технологій управління і більш-менш успішно адаптувався (завдяки інтелектуальним зусиллям самих же енергетиків) до нових умов господарювання в період відносної стабільності ціни енергоносіїв, що мала місце межі століть. Зростання цін на паливо, що почалося півтора роки тому, відкрило нову сторінку у її розвитку, пред'явивши суспільству новий рівень вимог щодо економічності виробництва, передачі, розподілу та споживання всіх видів енергії. Щоб виконати ці вимоги, енергетика має знайти та освоїти нові способи організаційно-економічного та технологічного управління, концентруючі увагу всіх учасників процесу енергопостачання на необхідності зростання енергоефективності. Поява нових цілей та нових методичних підходів для їх досягнення відкриє дорогу новим обчислювальним технологіям, які напрацювали до теперішнього часу великий заділ прийомів рішення складних багато параметричних та багатокритеріальних завдань. І серед них, без сумнівів, виявляться ШНМ, які вже довели свою виключно високу ефективність, принаймні, при вирішенні завдань моделювання енергооб'єктів та короткострокового прогнозування їхньої поведінки.

### **Список використаних джерел**

1. Нейронні мережі: на порозі майбутнього, 02.11.2020р., сайт <https://compress.ru/article.aspx?id=9663>
2. Як працюють нейронні мережі?: ел. ресурс / Драгуцан Андрій, студент кафедри АПЕПС, ТЕФ, сайт <http://apeps.kpi.ua/neural-networks/en>
3. Вороновський Г.К., Махотило К.В., Сергеев С.А. Проблеми та перспективи використання штучних нейронних мереж в енергетиці. 1. Моделювання // Проблеми загальної енергетики. - 2006, №14. - С. 50-61.
4. Momoh J. A., Ma X., Tomsovic K. Overview and Literature Survey of Fuzzy Set Theory in Power System // IEEE Trans. on Power Systems. – 1995. – pp. 1676-1690.
5. An artificial neural network based adaptive power system stabilizer / Y.Zhang, G.P.Chen, O.P.Malik, G.S. Hope // IEEE Trans. on Energy Conversion. – 1993. – v.8, N1. – p. 71-77.

*наук.керівник: канд.техн.наук, доцент каф.електропостачання Бориченко О.В.*



УДК 621.314

Гілевич К.М., Луцик Т.М, Оніщенко Ю.Є.  
Кафедра електропостачання

## АНАЛІЗ ФУНКЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ ПРОЕКТУ У ПРОГРАМІ АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ARCHICAD

*Розглянуто проблеми, які виникають при сучасному будівництві енергоефективних будівель. Проведено огляд інструментів Graphisoft EcoDesigner, інтегрований у програму архітектурно-будівельного проектування ArchiCAD, які дають змогу виконати енергетичні розрахунки на стадії розробки і проектування будівель.*

*Ключові слова: енергоефективність проектних рішень, енергетична оцінка будівель, енергетичні втрати житлового будинку, EcoDesigner.*

*The problems that arise in the modern construction of energy efficient buildings are considered. A review of Graphisoft EcoDesigner tools, integrated into the architectural and construction design program ArchiCAD, which allows to perform energy calculations at the stage of development and design of buildings.*

*Keywords: energy efficiency of design solutions, energy assessment of buildings, energy losses of a residential building, EcoDesigner.*

**Вступ.** Енергоефективність будівлі – незамінна нормативна складова сучасного житлового будівництва. Україна маючи намір вступити в європейську спільноту не тільки підтримує напрями енергозбереження, а й на законодавчому рівні впроваджує вимоги для створення енергоефективних будівель. При проектуванні будівель необхідно враховувати та мінімізувати можливі енергетичні втрати під час експлуатації об'єкта, що дозволить ухвалити найбільш ефективні та раціональні проектні рішення. Тенденції розрахунку будівель на енергоефективність в європейських країнах і Україні стрімко зростає.

**Мета:** дослідити програмне забезпечення для розрахунку енергоефективності будівель.

**Завдання:** вивчити структуру та роботу програмного комплексу ArchiCAD, EcoDesigner.

### 1. Огляд програмного забезпечення для розрахунку енергоефективності будівель

З метою полегшення архітектурно-будівельного проектування в області енергоефективності у 2009 році компанія Graphisoft, що спеціалізується на BIM-проектванні (Building Information Modeling), розробник ArchiCAD, анонсувала програмне рішення для оцінки енергетичних втрат будівлі – EcoDesigner [1].

Ефективність застосування BIM-технологій у будівництві очевидна та доведена. Однак, питання підвищення енергоефективності будівель, що також впливає на проектні дані (час, вартість, ресурси), залишається досі цілком недослідженими BIM-моделюванням у повній мірі.

Graphisoft EcoDesigner – це інструмент, інтегрований до ArchiCAD, графічний програмний пакет архітектурно-будівельного проектування. EcoDesigner продовжує свій розвиток, як невід'ємна частина нової версії програми ArchiCad 18, випущеної в 2014 році [2]. Компанія Graphisoft додаток EcoDesigner розвивають свої інструменти орієнтуючись на

архітекторську діяльність але з перспективою виконання енергетичних розрахунків на початковій стадії проектування будівель і її мереж. Можливість проведення таких розрахунків дозволяє виявити на ранніх стадіях проектування недоліки у інженерних розрахунках і полегшує заключні стадії проектних робіт.

EcoDesigner будуючи алгоритм і технологічні забезпечення за допомогою BIM-проектування надає можливість в динамічному режимі проводити аналіз будівлі, де враховано конструкційні особливості, функціональне призначення об'єкта, що проектується, параметри навколишнього середовища (розташування проектованої будівлі, кліматичні дані, захист від вітру, дані по ґрунту і т.д. ).

Зручний інтерфейс програми виключає складність введення даних параметрів об'єкта і його освоїти доволі легко на достатньому рівні. Також даний інструмент містить дані виділення CO<sub>2</sub> об'єктом (вуглецевий слід), що дозволяє проаналізувати на різних стадіях проектування екологічність будівлі. EcoDesigner надає можливість оперативно приймати рішення для оптимізації енергетичних показників будівлі під час проектування та дозволяє розрахувати базові економічні показники енергоспоживання під час експлуатації об'єкта у майбутньому.

Як приклад візьмемо побудовану 3D модель будинку з урахуванням проектних характеристик будівлі (рис. 1).

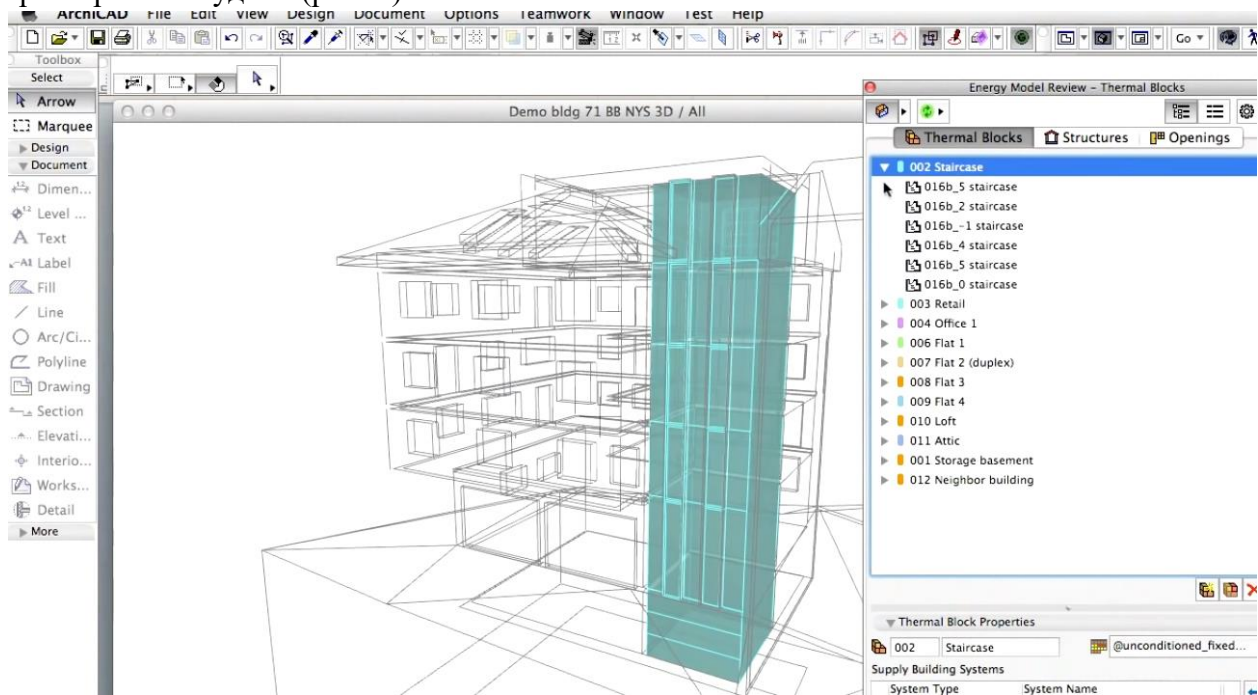


Рисунок 1 – 3D-модель житлового будинку, побудована у програмі ArchiCad для проведення енергетичної оцінки у EcoDesigner

У вкладці меню Параметри – Реквізити елементів – Будівельні матеріали програми можна задати відповідні матеріали огорожувальних конструкцій житлового будинку. Завдяки великому каталогу будівельних матеріалів з урахуванням фізичних властивостей які вбудовані в ArchiCad (рис.2).

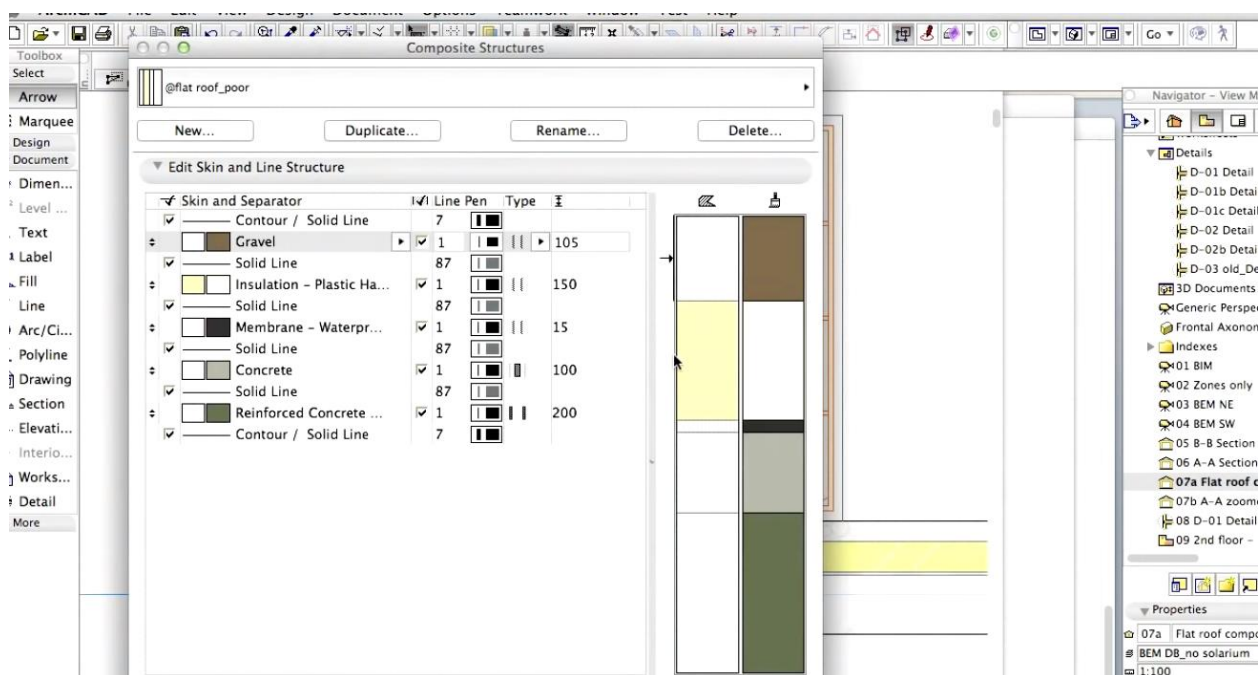


Рисунок 2 – Перелік фізичних властивостей матеріалів огорожувальних конструкцій  
 Основне вікно програми EcoDesigner активізується в меню Конструювання/Дизайн –  
 Оцінка енергоефективності – Перегляд енергетичної моделі.

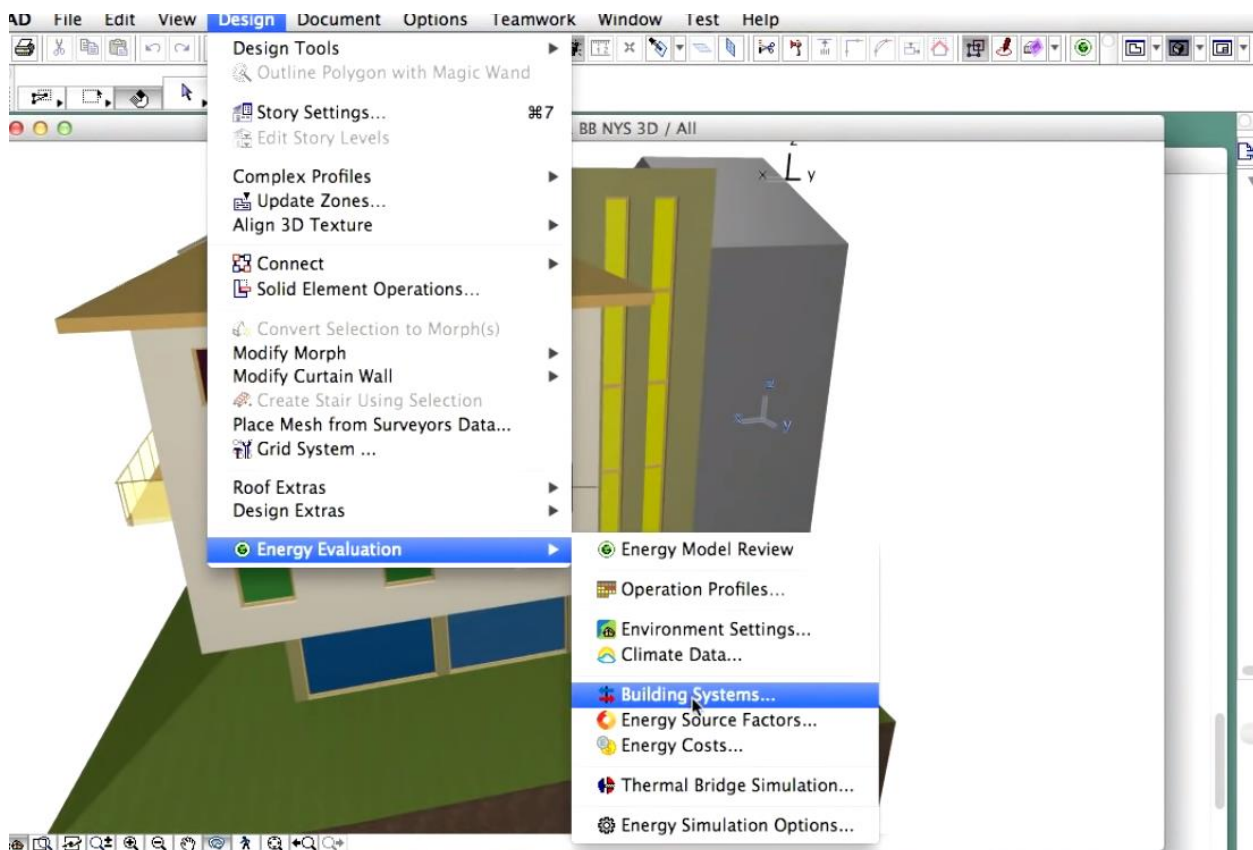


Рисунок 3 – Приклад активізації оцінки енергоефективності

Для заповнення кліматичних даних можна скористатися Google Maps, що запускається з програми EcoDesigner. Програма враховує дані щодо захисту від вітру та затінення будівлі по сторонах світла відповідно до навколишнього середовища. Кліматичні дані, що надходять

в онлайн режимі із сервера StruSoft, цілком корелюються з нормативними показниками району будівництва.

Розрахунок енергетичної ефективності будівлі проводиться близько хвилини. Одиниці вимірювання енергії показників оцінки енергетичної ефективності об'єкта, на вибір, можуть бути призначені в кВт·год, кБте (британська термічна одиниця) та Мега Дж.

#### **Висновок**

EcoDesigner є ефективним програмним забезпеченням, яке дозволяє моніторити енергоефективність будівлі, екологічні і технічні параметри. Розрахунковий інструмент можна використовувати не тільки для проектування будівель, а й у виконанні курсових і дипломних розрахунках.

#### Список використаних джерел

1. Graphisoft EcoDesigner – экология органически вписывается в процесс архитектурного проектирования // CADmaster. Журнал для профессионалов в области САПР. URL: [http://www.cadmaster.ru/press/news/news\\_20090428.html](http://www.cadmaster.ru/press/news/news_20090428.html) (дата відвідання: 31.10.2021).
2. Електролнне джерело URL: [http://www.graphisoft.com/archicad/ecodesigner\\_star/](http://www.graphisoft.com/archicad/ecodesigner_star/) (дата відвідання: 31.10.2021)
3. Хабибулина А. Г. Анализ функции энергетической оценки проекта в программе архитектурно-строительного проектирования ArchiCAD [Электронный ресурс] / А. Г. Хабибулина // Казанский государственный архитектурно-строительный университет. – 2014. – Режим доступа до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-funktsii-energeticheskoy-otsenki-proekta-v-programme-arhitekturnostroitel'nogo-proektirovaniya-archicad>.

УДК 621.314

Вишнеvsька О.В.  
Кафедра електропостачання

## ОСОБЛИВОСТІ ВІДБОРУ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА ДЛЯ ПОБУДОВИ БАЗОВОГО РІВНЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Анотація. У даній роботі здійснено аналіз нормативно-правової бази сфери енергоефективності в Україні та світі, досліджено методи побудови БРЕ як основного інструменту контролю та прогнозування енергоспоживання, розроблено алгоритм для визначення впливових чинників при розрахунку параметрів БРЕ. Отримані результати можуть бути використані у приватному та державному секторі промисловості України для запровадження або вдосконалення системи контролю та моніторингу рівня ефективності використання енергоресурсів.

**Ключові слова:** промислові підприємства, енергоефективність, енергоспоживання, базовий рівень енергоспоживання, енергоменеджмент, енергетична безпека.

Annotation. It was provided in this work an analysis of the regulatory framework of energy efficiency, explores methods for constructing BEC as the main tool for monitoring and forecasting energy consumption, developed an algorithm for determining influential factors for BEC. The obtained results can be used in the private and public sector of industry of Ukraine for introduction or improvement of the system of control and monitoring the level of efficiency energy use.

**Keywords:** industrial enterprises, energy efficiency, energy consumption, baseline of energy consumption, energy management, energy security.

### Вступ

Станом на 2019 рік сектор промисловості України покриває біля 34,1% загального випуску продукції та послуг, 20% валової доданої вартості та 14,9% кількості працюючих. Понад 30% загальних витрат енергії відповідають саме за промисловість, яка є одним з найбільшим споживачів енергетичних ресурсів в Україні. Водночас рівень ефективності споживання енергії на виробництві є на досить низькому рівні. Це наочно демонструє показник енергоємності ВВП, що в Україні вищий за середнє світове значення більше, ніж удвічі. У порівнянні з Європою показник енергоємності України відрізняється у 3-4 рази.

Важко підрахувати втрати державного бюджету через низький рівень ефективності використання енергії. Підняття рівня енергоефективності скорочує затрати підприємств на виробництво, а отже зменшує собівартість продукції. Також впровадження систем та технологій з енергозбереження дадуть змогу підвищити продуктивність та якість виробництва товарів. Сукупність таких заходів позначається на конкурентоспроможності підприємства на українському ринку та закордоном [1].

Для аналізу доцільності впровадження тих чи інших заходів з енергозбереження слід запровадити енергетичну політику підприємства, що дозволить функціонування систем енергетичного менеджменту, буде здійснювати моніторинг та контроль використання енергоресурсів.

### Результати дослідження

Для ефективного контролю впроваджених заходів з енергоефективності на об'єктах, системах, процесах і обладнанні необхідно бути обізнаним у тому, як використовують енергію на підприємстві і скільки її споживають протягом певного тривалого періоду. З метою якісного моніторингу застосовують показники енергоефективності, порівнюють їх з базовими та, врешті-решт, пропонують певні зміни для безперервного покращення



результативності енергетичної політики.

На основі даних про споживання енергетичних ресурсів за попередні періоди визначається базові показники енергоспоживання. Згідно зі стандартом ДСТУ ISO 50006:2016 « базовий рівень енергоспоживання, що є довідковим показником, характеризує та кількісно визначає рівень досягнутої/досяжної енергоефективності організації протягом певного періоду часу » [2].

Далі потрібно виміряти зміну енергетичних показників відносно базової лінії. Метою побудови базового сценарію є, наприклад, оцінка покращення чи погіршення енергетичної результативності від впровадження системи енергетичного менеджменту на підприємстві. Тому організація повинна періодично вимірювати наявний рівень своєї енергоефективності у порівнянні з базовим.

Існує п'ять головних кроків для встановлення базового рівня енергоспоживання:

1. Слід окреслити межі системи, що розглядається.
2. Визначити усі джерела енергії у даній системі.
3. Визначити базовий період.
4. Проаналізувати чинники, що впливають на використання енергоресурсів.
5. Встановити показники енергоефективності (ПЕЕ).

Найчастіше проблемним є четвертий етап, під час якого виконується дослідження чинників, що впливають на базовий рівень енергоефективності. Це пов'язано з відсутністю точної та надійної інформації щодо даних.

Побудова якісної базової лінії енергоспоживання може виявитись найскладнішим етапом при плануванні системи енергетичного менеджменту. Неточний базовий рівень енергоефективності може знищити усі переваги впровадження СЕМ, у зв'язку з некоректною оцінкою енергетичних характеристик та неправильним визначенні впливу заходів з підвищення рівня енергоефективності [3].

При розробці прогнозу для математичної моделі енергоспоживання виконується аналіз усіх можливих факторів, що можуть мати вплив на зміну стану системи у майбутньому. Проте, переважно до розгляду беруться лиш основні фактори, котрі у більшій кількості випадках мають значний вплив на споживання та використання енергоресурсів на підприємстві чи у будь-якій іншій системі. Дія більшості з цих параметрів на зміну кількості споживання енергії носить нелінійний характер.

Тому, якщо при розрахунку математична модель не враховує достатль параметрів, що значно впливають на її зміну, або ж параметри враховуються некоректно, то є ймовірність, що прогноз не справдиться.

Слід підкреслити, що протилежна ситуація, коли враховуються фактори, котрі не відображаються на зміні стану системи, може призвести до перевитрат ресурсів та значно ускладнити процедуру розрахунку прогнозу [4].

Для якісного відбору чинників, що впливають на енергоспоживання необхідно провести досить складну процедуру відбору. Вона включає в себе такі етапи як:

1. Застосування експертних методів.
2. Оптимізація чинників за важливістю.
3. Розрахунок рівня впливовості чинників методами аналізу багатовимірних даних.

Групу експертів повинні складати фахівці або ж персонал підприємства, котрий безпосередньо працює з досліджуваним об'єктом чи системою. Анкетування проводиться в декілька раундів, доки не буде досягнуто консенсусу. Визначення кінцевого переліку чинників проводиться із застосуванням найбільш поширеного для цих цілей методом головних компонент.

Висновки

1. Сьогодні існує величезна нормативно-правова база у сфері енергоефективності. Міжнародні стандарти серії ISO 50000 були успішно перекладені та затвердженні і в Україні.

ISO 50001 встановлює вимоги щодо системи енергетичного менеджменту на підприємстві, становлення ПЕЕ та відповідних БРЕ, а ISO 50006 надає організаціям методологічні вказівки щодо того, як їх забезпечити.

2. Планування та моніторинг споживання енергоресурсів на підприємстві є базою для розробки та впровадження СЕМ та покращення енергетичної політики організації. Даний крок забезпечить прийняття якісних та обґрунтованих рішень щодо впровадження заходів з енергозбереження у майбутньому задля постійного вдосконалення рівня енергоефективності. Без точного базового сценарію ефективність системи енергетичного менеджменту не може бути відслідкована, а отже, неможливі коригувальні дії та покращення.

3. Вибір методології для окреслення чинників, котрі мають значний вплив на величину споживання енергоресурсів є важливим завданням для розробки коректної математичної моделі прогнозування майбутніх періодів. Для будь-якої окремої системи чи об'єкта сукупність параметрів, котрі потрібно враховувати для прогнозу енергоспоживання є різним. Це означає неможливість визначення єдиного вичерпного переліку, що дав би змогу розрахунку точного та якісного прогнозу навіть для схожих за графіком навантаження, призначенням та потужністю об'єктів.

#### Список використаних джерел

1. Совершенствование информационного обеспечения задач моделирования и управления режимами СЭС в условиях реформирования электроэнергетики/ А. Праховник, В. Попов, В.Ткаченко, Е. Луцько//Енергетика: економіка, технології, екологія, № 1, 2010, стор. 42-47

2. ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення і настанова (ISO 50006:2014, IDT) – [Чинний від 01.09.2016]. –(Державний стандарт України).

3. Особливості короткострокового прогнозування електричного навантаження енергосистеми із суттєвою складовою промислового електроспоживання / П. О. Черненко, О. В. Мартинюк, В. О. Мірошник // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. - 2016. - Вип. 43. - С. 24-31.

4. Шульга Ю.И. Проблемы нормирования энергопотребления и направления их решения / Ю.И. Шульга, В.Ф. Находов, Е.А. Глухонина 202 //Доклады международной научно-технической конференции «Энергоэффективность» – 2002. – С. 76-81.

*наук.керівник: канд.техн.наук, доцент каф.електропостачання Бориченко О.В.*



УДК 621.314

Запорожченко М.А.  
Кафедра електропостачання

## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДЖЕРЕЛ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Анотація. В роботі наведено аналіз використання відновлюваних джерел енергії в промисловості, а також обґрунтовано вибір доцільних для вітчизняного виробництва сучасних нетрадиційних джерел енергії задля забезпечення енергозбереження країни. Перспективним напрямком подальших досліджень є розробка методики моніторингу процесів використання альтернативних джерел енергії на промислових підприємствах.

**Ключові слова:** промислові підприємства, енергоефективність, енергоменеджмент, енергетична безпека, використання альтернативних джерел енергії.

Annotation. It was provided in this work an analysis of using of alternative energy sources in the industry as well as reasonably feasible choice for modern native production of alternative energy sources to ensure energy saving in country.

**Keywords:** industrial enterprises, energy efficiency, energy management, energy security, use of alternative energy sources.

### Вступ

Неефективне використання енергетичних ресурсів, мале використання поновлюваних джерел енергії, неекономне чи нераціональне використання електроенергії підприємствами без використання альтернативних джерел змушують серйозно замислитись над проблемою заощадження енергії [1].

Дотримання інтересів національної безпеки України та принципів сталого розвитку вимагає особливої уваги до питання розвитку підприємств промисловості. Промисловість є фундаментом, на якому базується та розвивається економіка держави, відбуваються інноваційні зміни та розвивається людський капітал. Пошук нових шляхів розвитку промисловості, зокрема, за кризових умов господарювання є основним завданням державної економічної політики.

Зі свого боку підприємства промисловості в Україні практично постійно перебувають у стані протистояння численним внутрішнім і зовнішнім загрозам. Без єдиної ефективної державної стратегії розвитку промисловості та відсутності сталого середовища розвиток таких підприємств є вкрай ускладненим, а досягнення ефективності діяльності залежить виключно від якості менеджменту.

Відтак, метою статті є обґрунтування особливостей використання альтернативних джерел енергії на промислових підприємствах.

### Результати дослідження

Відновлювальні джерела енергії – невикопні джерела енергії, які постійно існують або періодично з'являються в навколишньому природному середовищі, такі як енергія сонця, вітру, геотермальна, аеротермальна, гідротермальна, енергія хвиль та припливів,

гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів [2].

Причинами використання ВДЕ стало вичерпання запасів органічних видів палива, різке зростання їхньої ціни, низька ефективність технологій застосування та шкідливий вплив на довкілля.

Великі виробництва вимагають значного споживання енергії, особливо електроенергії. Згідно з доповіддю про відновлювану енергію у виробництві від Міжнародної агенції з відновлюваної енергетиці, «електроенергія становить близько 20% від кінцевого енергоспоживання у виробництві і використовується для виробництва алюмінію, обладнання, освітлення та охолодження на заводах. Енергоємні сектори, а саме залізо і сталь, хімічні та нафтохімічні, кольорові метали, неметалеві корисні копалини, целюлоза і папір, як і раніше, використовують більше 75% промислового використання енергії. Однак вони становлять менше 5% всіх світових виробничих підприємств [2]».

ВДЕ пропонують найефективніший метод зменшення споживання енергії, і виробники в усьому світі впроваджують унікальні способи використання відновлюваної енергії з цією метою.

В Україні, як і в європейських країнах, діє система стимулювання розвитку відновлюваної енергетики. Ця система включає номіновані в євро «зелені» тарифи, диференційовані за типом та потужністю об'єктів, а також за строками введення в експлуатацію об'єктів енергетики. Держава зобов'язується купляти у станцій ВДЕ електроенергію за «зеленим» тарифом до 2030 року [3].

Встановлені потужності генерації електроенергії з відновлюваних джерел становлять лише 1 375 МВт. Вони генерують менше 2% електроенергії, що споживається в Україні, хоча у нас один з найбільш вигідних «зелених» тарифів серед європейських країн.

«Зелений» тариф – один із способів підтримки генерації з ВДЕ, що використовувався у десятках країн. Його суть у тому, що оператор ринку викуповує енергію з ВДЕ за спеціальною підвищеною ціною.

Розвиток ВДЕ в Україні загалом спрямований на сприяння залученню інвестицій у розвиток сфери відновлюваної енергетики України, тобто на будівництво електростанцій, що працюють на ВДЕ. Світова економіка, заснована на викопному паливі, а також збільшення викидів парникових газів, викликає радикальні зміни кліматичної системи, що визнається загрозою сталому розвитку [4]. Важливість імплементації принципів сталого розвитку у діяльності підприємств безперечно має важливе соціальне значення, однак, відображується і на ефективності їх діяльності та економічній безпеці.

Промислові підприємства України достатньо енергоємні виробництва, для яких електроенергія і газ – вагомі компоненти виробничої собівартості. Питання забезпечення енергетичної безпеки підприємств – питання майбутнього. В умовах нестабільності зовнішнього середовища, непередбачуваності енергетичної політики держави і кон'юнктури світових ринків вже сьогодні необхідно шукати шляхи використання альтернативних джерел енергії на підприємствах. Використання альтернативних джерел енергії на підприємствах може бути економічно вигідним.

До альтернативних джерел енергії, які можна використовувати на вітчизняних підприємствах відносяться: сонячна енергія, енергія вітру і енергія біомаси. На відміну від викопних палив ці форми енергії не обмежені геологічно накопиченими запасами. Це означає,

що їх використання не веде до неминучого вичерпання запасів [5].

Енергія сонця – нескінченна, безкоштовна, найбільш безпечна для довкілля серед усіх видів енергії. Ця енергія може вироблятися там, де це необхідно. Сонячні теплові та фотоелектричні установки не виробляють забруднюючих газів та шкідливих викидів. Сонце здатне забезпечити стійкість та надійність поставок та енергетичну незалежність, що вкрай важливо у нинішній ситуації енергетичної кризи.

В умовах нашого клімату сонячні системи здатні виробляти як електроенергію, так і тепло практично на всій території (з різною ефективністю) протягом усього року. Це означає, що теплоенергетична геліоустановка працюватиме, згідно різних оцінок, з віддачою в 50% і більше від 7 до 9 місяців на півдні, 5 – 7 місяців – у північних областях. Взимку ефективність роботи падає, але не зникає. Оптимально підібране обладнання зменшує річне використання енергії для підігріву води до 50–60% та електроенергії з мережі до 50–70%.

Вітроенергетика на даний час є найбільш розвиненим видом нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні. Україна має власні розробки вітроенергетичних установок (ВЕУ) та власне промислове виробництво, є і ліцензійні ВЕУ. Переваги виробництва електроенергії за допомогою вітру: абсолютно екологічно чисте виробництво (відсутність шкідливих відходів); значна економія; доступність; практична невичерпність. Для промислових підприємств можна використовувати ВЕУ невеликої потужності, щоб покривати власні витрати електроенергії, або ж її частини.

Біоенергетика – галузь електроенергетики, заснована на використанні біопалива, яке створюється на основі використання біомаси. До біомаси відносять біологічно відновлювальні речовини органічного походження, що зазнають біологічного розкладу (відходи сільського господарства (рослинництва і тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості, а також органічна частина промислових та побутових відходів). До біопалива відносяться: біогаз, біодизель, гранули, брикети із біомаси. Використання біопалива дозволяє відмовитись від традиційного палива. Підприємства використовуючи практично відходи власного виробництва мають можливість отримувати екологічно чисте пальне.

## Висновки

Встановлено, що використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії доводить їх велику перспективність для задоволення енергетичних потреб промисловості. За результатами проведеного дослідження виявлено та охарактеризовано низку особливостей використання альтернативних джерел енергії на промислових підприємствах:

- цей процес відповідає цілям сталого розвитку та стратегії європейської інтеграції України;
- на державному рівні підтримка та моніторинг впровадження практики використання альтернативних джерел енергії на промислових підприємствах практично відсутні, основний акцент здійснюється на виробництві та збуті енергії;
- організаційне забезпечення використання альтернативних джерел енергії на промислових підприємствах передбачає розробку та впровадження системи енергоменеджменту для підвищення ефективності та рентабельності відповідних змін.

Перспективним напрямком подальших досліджень є розробка методики моніторингу процесів використання альтернативних джерел енергії на промислових підприємствах.