

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра електрифікації, автоматизації  
виробництва та інженерної екології  
Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Ясінський Євгеній Сергійович**

**УДК 620.93**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Підвищення ефективності енергозбереження лісових пасік за рахунок**  
**розробки автономного комплексу на базі комбінованої з вітрогенератором**  
**геліоустановки**

141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”  
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_  
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

**Савченко Л.Г.**

к.і.н., доцент

**Житомир – 2023**

## АНОТАЦІЯ

**Ясінський Євгеній Сергійович. Підвищення ефективності енергозбереження лісових пасік за рахунок розробки автономного комплексу на базі комбінованої з вітрогенератором геліоустановки. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В даному дипломному проєкті запропоновано підвищити ефективність енергопостачання лісових пасік шляхом застосування комплексу на базі комбінованої з вітроелектрогенератором геліоустановки.

Розроблено технічне рішення комплексу для забезпечення оптимального мікроклімату бджолиних вуликів на базі комбінованої з вітроелектрогенератором геліоустановки.

Розроблено зразок комплексу для забезпечення оптимального клімату бджолиних вуликів, проведено його полігонні дослідження, що підтверджують його працездатність.

При проведенні зимівлі бджолиних сімей на відкритому повітрі рекомендується застосування автономного комплексу для забезпечення оптимального мікроклімату на базі комбінованої з вітроелектрогенератором геліоустановки.

*Ключові слова: енергозбереження, вітрогенератор, геліоустановка, мікроклімат, ефективність.*

## ANNOTATION

**Yasinsky Yevhen Sergiyovych. Increasing the efficiency of energy saving of forest apiaries by developing an autonomous complex based on a solar installation combined with a wind generator.** – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for the bachelor's degree in the specialty 141 "Electric power, electrical engineering and electromechanics". – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

This thesis project proposes to increase the efficiency of energy supply to forest apiaries by using a complex based on a solar installation combined with a wind power generator.

A technical solution for a complex to ensure an optimal microclimate of bee hives based on a solar installation combined with a wind power generator has been developed.

A prototype of the complex for ensuring the optimal climate of bee hives was developed, and its field studies were conducted to confirm its performance.

When wintering bee colonies in the open air, it is recommended to use an autonomous complex to ensure an optimal microclimate based on a solar installation combined with a wind power generator.

*Keywords: energy saving, wind generator, solar installation, microclimate, efficiency.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ В ОБЛАСТІ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЛІСОВИХ ПАСІК.....	8
РОЗДІЛ 2. ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛІСОВИХ ПАСІК НА БАЗІ КОМБІНОВАНОЇ З ВІТРОЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОМ ГЕЛІОУСТАНОВКИ.....	20
РОЗДІЛ 3. ВИПРОБУВАННЯ АТОНОМНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ КОМБІНОВАНОЇ З ВІТРОГЕНЕРАТОРОМ ГЕЛІОУСТАНОВКИ.....	29
ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Нині, у зв'язку із збільшенням кількості фермерських господарств, потреба у застосуванні автономних енергогенеруючих установок у сільськогосподарському секторі економіки багаторазово зросла. Так, в Україні чисельність лісових пасік постійно збільшується. У зв'язку з цим особливу привабливість набувають альтернативні варіанти енергопостачання віддалених споживачів на базі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

У контексті розгляду лісових пасік найбільш доступними видами відновлюваної енергії є енергія сонячного випромінювання, вітру та біопалива, що обумовлено як вимогами до розміщення господарств, так і традиційним місцезнаходженням пасік в областях із відносно високою інсоляцією та помірними швидкостями вітру. У цьому створюються передумови застосування автономного енергогенеруючого устаткування з урахуванням ВДЕ. Причому слід зазначити перспективність застосування цього підходу до енергопостачання в зимові періоди, коли потрібне безперервне функціонування обладнання, призначеного для забезпечення оптимального мікроклімату бджолиних вуликів. За оцінками фахівців, протягом проведення зимівлі бджолиних сімей має підтримуватись температура  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  та відносна вологість повітря 80%.

Зростаюча потреба пасічних господарств у застосуванні автономних енергогенеруючих комплексів на базі ВДЕ у зимовий період диктує необхідність підвищення ефективності даних систем, що можливо шляхом оптимізації їх параметрів. У зв'язку з цим ці дослідження були присвячені розгляду підходів до проектування комплексу для енергопостачання лісових пасік у зимовий період, розробці та оптимізації його технічних параметрів.

Ступінь розробленості теми. Метеорологічним аспектам застосування ВДЕ присвячені роботи О.І. Семенова, Ю.А. Железнова, А.Х. Хргіана, З.І.

Пивоварової, В.Т. Фомічова. Розробкам наукових засад створення та використання технічних засобів на базі ВДЕ у сільському господарстві присвячені роботи Д.С. Стребкова, П.П. Безруких, Р.А. Амерханова, Н.І. Богатирьова, С.М. Вороніна, О.В. Григораша, В.П. Харитонова, Л.А. Сапліна, Б.В. Лукутіна, Є.М. Фатєєва, В.Е. Степанова, А.І. Кірюшатова, Н.В. Красновського, І.Я. Шеффера та інших. Створенню систем енергопостачання сільськогосподарських об'єктів з урахуванням поновлюваних джерел енергії присвячені наукові праці А.А. Таран, П.В. Конопльова, А.Х. Тлеулова, А.П. Жогалева, А.К. Сокольського, Н.С. Овсяннікова та ін. Побудови автоматизованих систем у сільському господарстві присвячені роботи В.Р. Крауса, А.В. Дубровіна. Мікроклімат бджолиних вуликів докладно розглянуто у наукових працях О.К. Єськова, І.С. Захарова, А.І. Касьянова. Управління життєдіяльністю бджолиних сімей докладно розглянуто на роботах А.Ф. Рибочкина. Однак у працях цих вчених не розглядаються перспективи застосування автономних енергогенеруючих установок для забезпечення функціонування технічних засобів підтримки оптимального мікроклімату бджолиних вуликів. Таким чином, можна дійти невтішного висновку, що у час недостатньо досліджено питання енергопостачання лісових пасік у зимовий період.

**Метою роботи** є підвищення ефективності енергопостачання лісових пасік за рахунок розробки автономного комплексу на базі комбінованої з вітроелектрогенератором геліоустановки, що забезпечує оптимальний мікроклімат бджолиних вуликів.

Виходячи з вищевикладеного, було сформульовано такі **завдання**:

Розробити технічне рішення комплексу задля забезпечення оптимального мікроклімату бджолиних вуликів.

Розробити зразок комплексу для забезпечення оптимального мікроклімату бджолиних вуликів та провести полігонні експериментальні дослідження його функціонування.

**Об'єктом дослідження** є комплекс для забезпечення оптимального мікроклімату бджолиних вуликів на базі комбінованої з вітроелектрогенератором геліоустановки.

**Предметом дослідження** є якісні та кількісні закономірності та залежності, що пов'язують технічні параметри комплексу та показники його ефективності за умови забезпечення оптимального мікроклімату бджолиних вуликів.

#### **Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Ясінський Є.С. Дослідження в галузі енергозабезпечення лісових пасік. Збірник тез IX-ї всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*. м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир : ЖАТФК, . С.312 -316.

2. Савченко Л.Г., Ясінський Є.С. Розробка автономного комплексу на базі комбінованої з вітрогенератором геліоустановки. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науковопедагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. С. 200-206.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати роботи, а саме розроблений автономний комплекс на базі комбінованої з вітрогенератором геліоустановки, можуть бути впровадженні в підприємствах агропромислового комплексу України.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 17 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 38 сторінок комп'ютерного тексту, містить 6 таблиць і 24 рисунки.

## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПИТАННЯ В ОБЛАСТІ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЛІСОВИХ ПАСІК

Як було зазначено на початку цієї глави, господарства населення і фермерські господарства забезпечують відповідно 93,6% і 4,3% від загального виробітку меду всіма типами пасічних господарств. Це свідчить про переважання приватного дрібнотоварного виробництва у галузі бджільництва за основним продуктом галузі. У цьому надалі перспективно розглядати пасічні господарства як щодо невеликі з погляду енергоспоживання об'єкти.

Енергопостачання лісових пасік може бути здійснено за різними варіантами. Варіанти енергопостачання представлені рисунку 1.1.

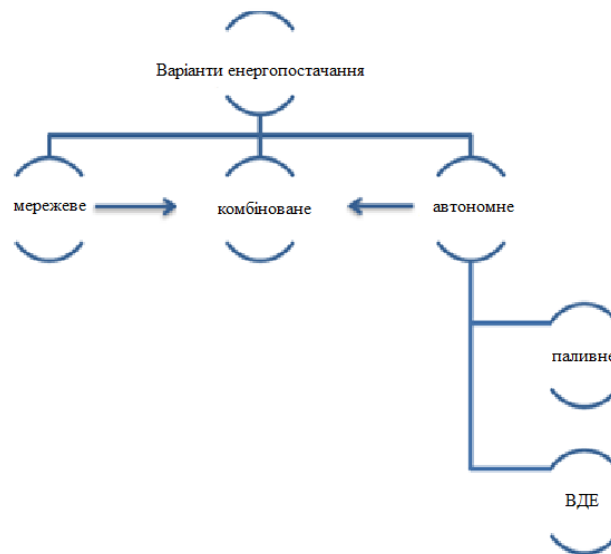


Рис. 1.1. Варіанти енергопостачання лісових пасік

Розглянемо варіанти енергопостачання лісових пасічних господарств докладніше.

Централізоване енергопостачання має такі переваги:

- Висока надійність енергопостачання;
- Гарантія обслуговування мереж централізованого енергопостачання кваліфікованим персоналом.



Однак у контексті розгляду питання енергопостачання лісових пасік, характерною особливістю яких є віддаленість від енергосистеми, слід зазначити низку особливостей:

- власники пасічних господарств змушені оплачувати проектування, будівництво та обслуговування ліній централізованого енергопостачання;
- тарифи на електричну та теплову енергію збільшуються швидше, ніж закупівельні ціни на продукцію пасічних господарств.

Враховуючи вищенаведені особливості та відносно невисоке споживання теплової та електричної енергії лісовими пасіками можна зробити висновок про недоцільність застосування централізованого енергопостачання.

Паливні енергогенеруючі установки є найпоширенішими засобами автономного енергопостачання. Їхній серійний випуск налагоджений вітчизняними підприємствами та зарубіжними компаніями у великому діапазоні потужностей. Достоїнствами паливних енергогенеруючих установок є:

- Висока надійність енергопостачання, порівнянна з надійністю централізованого мережевого енергопостачання;
- виготовляються у готовому для практичного використання вигляді;
- можливе використання біогазу як паливо.

Недоліки використання паливних енергогенеруючих установок в основному пов'язані з використанням вуглеводневого палива, що викопується, і полягають у постійному зростанні цін на нафтопродукти. Крім того, використання вуглеводневого палива негативно позначається на екологічному стані довкілля. При цьому, враховуючи переважання щодо невеликих пасік у структурі виробництва меду, а також нижчий ККД паливних енергогенеруючих установок порівняно з мережевими, екологічний аспект використання паливних енергоустановок набуває особливого значення. У цьому особливу привабливість набувають альтернативні варіанти автономного енергопостачання лісових пасік.

Спектр відновлюваних джерел енергії та технологій перетворення їх потоків у зручні для використання види широкий. Навколишній простір безперервно пронизується потоками енергії від різних джерел. У будь-якій точці Землі існує можливість забезпечення енергопостачання будь-якого споживача за рахунок відновлюваних джерел енергії. Класифікація джерел поновлюваної енергії представлена рис. 1.2.



Рис. 1.2. Класифікація джерел поновлюваної енергії

При розгляді питання енергопостачання лісових пасік за рахунок ВДЕ необхідно вибрати найбільш перспективні, з точки зору доступності та зручності використання, види відновлюваної енергії. На думку ряду авторів, найбільш доступними видами відновлюваної енергії для відносно малих з енергоспоживання об'єктів є енергія сонячного випромінювання, вітру та біопалива. Розглянемо вищенаведені види відновлюваної енергії докладніше.

Інтенсивність та періодичність дії енергії вітру, сонячного випромінювання, біопалива представлені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Інтенсивність та періодичність дії енергії вітру, сонячного випромінювання, біопалива

Джерело відновлюваної енергії	Періодичність	Визначальні параметри	Енергетичні співвідношення	Примітка
Пряме сонячне випромінювання	24 год, 1 год	опромінення ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ), кут падіння випромінювання	$P \sim G_b \cos \theta_z$ , максимум 1 $\text{кВт}/\text{м}^2$	тільки в денний час
Розсіяне сонячне випромінювання	24 год, 1 год	хмарність	$P \ll G$ ; $P \leq 300 \text{ Вт}/\text{м}^2$	тільки в денний час
Вітер	1 год	швидкість вітру, висота над землею поверхнею	$P \sim u_z^3$ ; $u_z/u_h = (z/h)^b$	флюктуірує $b \approx 0,15$
Біопаливо	1 год	якість ґрунту, опроміненість, вода, специфіка палива, витрати	Пов'язана енергія 10 МДж/кг	дуже багато видів палива, джерела – ліс та сільське господарство

Енергія сонячного випромінювання може бути використана як для теплопостачання, так і для електропостачання автономних споживачів. В даний час для використання сонячної енергії застосовуються три основні технології. Перша їх – теплопостачання з допомогою сонячних колекторів. Основним елементом сонячної нагрівальної системи є приймач, у якому відбувається процес поглинання сонячного випромінювання та передача енергії теплоносія. Аналіз наукової літератури показує, що, на думку фахівців, застосування сонячних колекторів є одним із найперспективніших шляхів використання поновлюваних джерел енергії для районів із достатньою інсоляцією. Це зумовлено малими капітальними вкладеннями та мінімумом експлуатаційних витрат системи теплопостачання на основі сонячних колекторів.

Друга технологія використання енергії сонячного випромінювання – сонячні електростанції. Принцип дії ґрунтується на нагріванні теплоносія за допомогою систем, орієнтованих на сонці відбивачів, у фокусі яких знаходяться труби або ємності з теплоносієм. Пар, що утворився при кипінні теплоносія,

використовується для виробництва електричної енергії за традиційною схемою: пара - турбіна - електрогенератор. При цьому для охолодження відпрацьованої пари може бути використаний проміжний теплоносій, який можна використовувати для потреб теплопостачання. Очевидно, що подібні енергогенеруючі установки більш ефективні в системній енергетиці, ніж для енергопостачання щодо невеликих енергоспоживання лісових пасік. Оскільки сонячні електростанції зазвичай характеризуються великою матеріаломісткістю та високими капітальними витратами на спорудження.

Третя технологія полягає у застосуванні прямих трансформаторів сонячної енергії в електричну шляхом застосування напівпровідникових фотоелектричних перетворювачів. Принцип дії заснований на фотоелектричній генерації, обумовленої просторовим поділом позитивних та негативних носіїв заряду при поглинанні напівпровідника електромагнітного випромінювання. У присутності електричного поля заряди утворюють у зовнішньому ланцюзі електричний струм. Теоретичний ККД напівпровідникового фотоелектричного перетворювача може бути досить високим, проте на сьогоднішній день промислово вироблені зразки мають ККД на рівні 20-25%.

За оцінкою експертів, найбільш перспективними напрямками сонячної енергетики вважаються розвиток технологій з використанням сонячних колекторів та фотоелектричних модулів малої та середньої потужності відповідно для тепло- та електропостачання віддалених від мереж централізованого енергопостачання споживачів.

Енергія вітру перетворюється на електричну у вітроенергетичних установках. Класифікація вітроенергетичних установок представлена рис. 1.3.



Рис. 1.3. Класифікація вітроенергетичних установок

Вітроколесо перетворює поступальний рух повітряної маси в обертальний, який потім передається на генератор, де йде перетворення механічної енергії на електричну. Вітроустановки з горизонтальною віссю обертання називаються ліфт-машини та приводяться в дію підйомною силою. Швидкохідні установки (кількість лопатей не перевищує 4) розвивають максимальний момент при великих обертах, при значній швидкості вітру. Вони характеризуються стійкістю до флуктуації швидкості вітру.

Середньошвидкісні вітроустановки розвивають значний момент при відносно слабкому вітрі, але більш чутливі до флуктуації швидкості вітру, ніж швидкохідні.

Вітроенергетичні установки з вертикальною віссю обертання використовують силу опору (драг-машини) і обертаються з лінійною швидкістю, меншою швидкості вітру. Також бувають і ліфт-машини, які обертаються підйомною силою (ротор Дар'є). Вітроелектричні генератори з вертикальною віссю обертання за будь-якого напрямку вітру знаходяться в робочому положенні. Це є перевагою по відношенню до вітроенергетичних

установок із горизонтальною віссю обертання. Достоїнствами даного типу вітроустановок є простота конструкції, зручність обслуговування, широкий діапазон робочих швидкостей вітру. До недоліків вертикальних вітроелектрогенераторів відноситься пульсація моменту, що крутить, яка призводить до флуктуації значень вихідних параметрів генератора.

Хоча вироблення електричної енергії вітроелектрогенераторами залежить від швидкості вітру  $i$ , отже, є флуктуючою величиною, на думку фахівців, комбінування трансформаторів енергії вітру з іншими перетворювачами відновлюваної енергії (наприклад, фотоелектричними модулями) є перспективним напрямом енергопостачання невеликих автономних споживачів.

Щодо енергії біопалива слід відзначити особливість, що полягає у необхідності транспортування та зберігання палива. У контексті пасічних господарств вищенаведена особливість створює низку додаткових завдань:

- Створення належних умов для зберігання біопалива;
- Переведення паливних електростанцій на біопаливо;
- боротьба з шумом при роботі паливної енергоустановки та викидами пахнуть і не мають запаху шкідливих речовин.

Крім того, слід також враховувати, що в сільському господарстві біомаса як відходи тваринництва та рослинництва традиційно використовується як добрива. Це призводить до необхідності придбання біопалива у виробників, оскільки заняття рослинництвом та тваринництвом не характерне для власників лісових пасік. Використання енергії вітру та сонячного випромінювання не пов'язане з вирішенням широкого спектру завдань, характерних для біопаливних енергоустановок, що зумовлює перспективність застосування цих видів відновлюваної енергії для енергопостачання лісових пасік.

У технічній літературі використовуються такі визначення ресурсів (потенціалу) відновлюваних джерел енергії:

Валовий потенціал ВДЕ – річний обсяг енергії, що міститься в даному виді ВДЕ при повному її перетворенні на корисну енергію.

Технічний потенціал – частина валового потенціалу, перетворення якого у корисну енергію можливе за рівня розвитку технічних засобів.

Економічний потенціал – частина технічного потенціалу, перетворення якого у корисну використовувану енергію економічно доцільно при цьому рівні ціни викопне паливо, теплову і електричну енергію, устаткування, матеріали, транспортні послуги, оплату праці та т.д.

При розгляді потенціалу енергії вітру та сонячного випромінювання надалі розглядатиметься валовий потенціал, оскільки він є найбільш зручним для оцінки можливості застосування відповідних видів ВДЕ у системах енергопостачання пасічних господарств.

Сонячне випромінювання характеризується широким діапазоном - від радіохвиль до гамма-випромінювання. На відстані 1 а.е. від Сонця щільність потоку його випромінювання становить  $1360 \text{ Вт/м}^2$ . Приблизний розподіл енергетичного потоку сонячного випромінювання з різних спектральних діапазонів наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Розподіл енергетичного потоку сонячного випромінювання за різними спектральними діапазонами

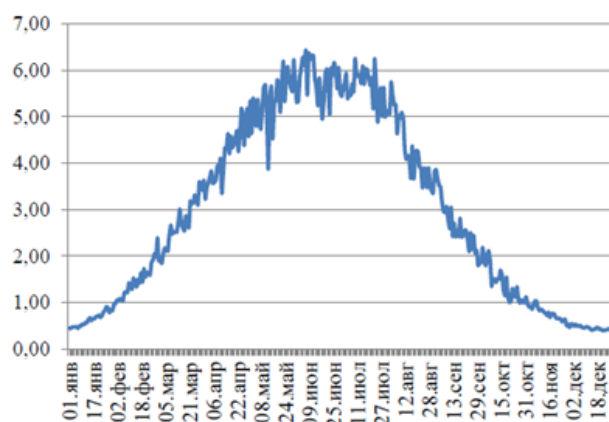
Назва параметра	Значення
Інфрачервоний діапазон та довші хвилі ( $f < 400 \text{ ТГц}$ , $\lambda > 750 \text{ нм}$ )	46,3%
Видимий спектр ( $400 \text{ ТГц} < f < 750 \text{ ТГц}$ , $400 \text{ нм} < \lambda < 750 \text{ нм}$ )	44,6%
Ультрафіолетове випромінювання та вищі частоти ( $f > 750 \text{ ТГц}$ , $\lambda < 400 \text{ нм}$ )	9,1%

Слід зазначити, що значна частина енергії сонячного випромінювання затримується в атмосфері Землі, і потік сонячного випромінювання лежить на поверхні від  $0,2$  до  $1 \text{ кВт/м}^2$  багато в чому залежить від величин випадкових чинників. Так, потужність потоку сонячного випромінювання залежить від пори року та доби, географічного розташування, стану атмосфери, погодних умов тощо.

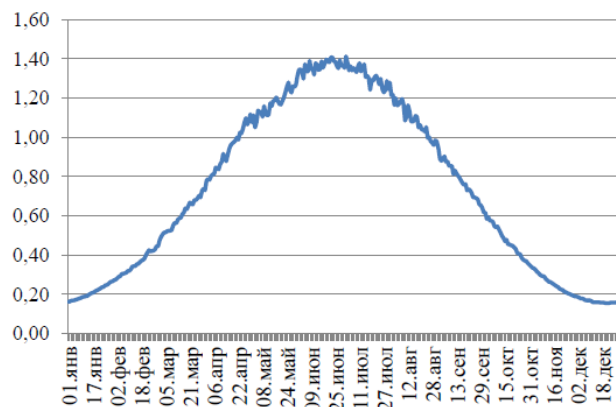
Сонячна енергія досягає атмосфери як спрямованого потоку сонячного космічного випромінювання. Потім сонячне випромінювання у атмосфері частково поглинається, заломлюється, відбивається і проходить до земної

поверхні, де відбувається часткове поглинання сонячного випромінювання земної поверхнею, і навіть відбиття сонячних променів. Відбиті та заломлені промені мають свої джерела випромінювання, розосереджені по всьому освітленому об'єму атмосфери. Таким чином, на поверхні реєструється як прямий потік, так і розсіяне атмосферою випромінювання.

На рис. 1.4 показані середньостатистичні графіки зміни прямої та дифузної складової сонячного випромінювання, що досягає поверхні Землі на широті нашої країни протягом року.



а)



б)

Рис. 1.4. Графіки зміни прямої та дифузної складової сонячного випромінювання

Позначення рисунку 1.4: а) графік зміни прямої складової сонячного випромінювання; б) графік зміни дифузної складової сонячного випромінювання.



Як впливає з наведених вище графіків, потік сонячного випромінювання, як щодо прямої, так і щодо дифузної складової, сильно залежить від пори року. Відносно низькі значення потужності потоку сонячного випромінювання для зимового сезону вимагатимуть завищених потужностей трансформаторів сонячної енергії, що призведе до їх недовикористання в літній період (за постійного навантаження). Для цілорічної роботи геліоустановки доцільно комбінувати з перетворювачами інших видів відновлюваної енергії, наприклад, вітроелектрогенераторами.

Енергія вітру. З 121000 ТВт сонячного випромінювання падаючого землі 3% (3600 ТВт) перетворюється на енергію вітрів і їх 35% (1200 ТВт) розподіляється у нижніх шарах атмосфери в розквіті до 1 км. Проте вітрова енергія має низку особливостей:

- Щільність енергії вітрового потоку розподілена нерівномірно - в нижніх шарах атмосфери вона зростає зі збільшенням висоти. Так, на висоті 10 м за оптимальних умов розташування вітроколеса її значення в середньому становить  $300 \text{ Вт/м}^2$ , а на висоті 50 м – близько  $700 \text{ Вт/м}^2$ ;

- Межа коефіцієнта використання енергії вітру становить (закон Беца);

- оскільки щільність потужності вітрового потоку залежить від його швидкості в третьому ступені, більша частина енергії вітрових потоків припадає на високошвидкісні течії (наприклад, штормові та ураганні вітри), технічне використання яких нині утруднене.

У таблиці 1.3 подано класифікацію сили вітру за шкалою Бофорта та її вплив на вітроенергетичні установки.

На рис. 1.5 показано середньостатистичний графік зміни швидкості вітру на висоті 10 м для країни за місяцями

Таблиця 1.3 - Класифікація сили вітру

Бали Бофорта	Швидкість вітру, м/с	Вплив вітру на ВЕУ
0	0–0,4	Ні
1	0,4–1,8	Ні
2	1,8–3,6	Ні
3	3,6–5,8	Починають обертатися тихохідні вітроколеса, відбувається вироблення електроенергії.
4	5,8–8,5	Починають обертатися колеса аерогенераторів
5	8,5–11	Потужність вітроелектричної установки досягає 30% проектної.
6	11–14	Потужність у розрахунковому діапазоні близька до максимальної
7	14–17	максимальна потужність
8	17–21	Ряд вітроустановок починає відключатися
9	21–25	Усі установки відключаються
10	25–29	Граничні навантаження
11	29–34	Пошкодження деяких установок
12	Более 34	Серйозні ушкодження, аж до руйнування установок

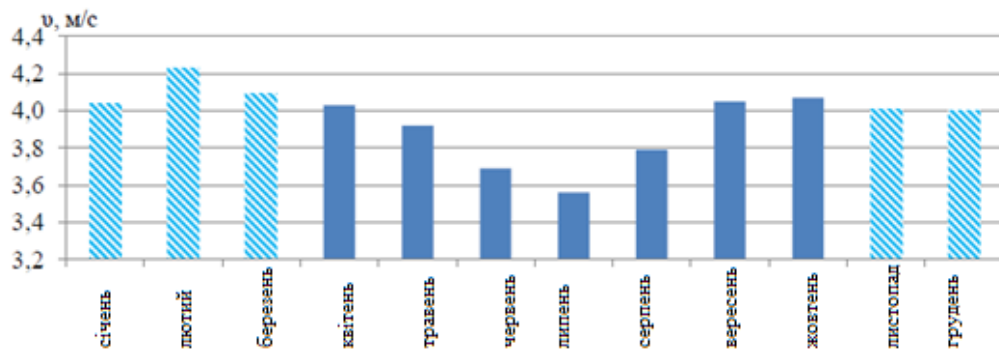


Рис. 1.5. Графік зміни швидкості вітру на висоті 10 м для країни за місяцями

На рисунку штриховими лініями позначені місяці зимівлі бджолиних сімей.

Аналізуючи наведений вище графік можна зробити висновок, що найбільший потенціал застосування мають тихохідні вітроелектрогенератори, що розвивають номінальну потужність при відносно невеликих швидкостях вітру (в діапазоні від 3,6 до 5,8 м/с). Також слід зазначити, що статистично максимальні швидкості вітру характерні для зимового періоду.

## **Висновки по розділу**

Таким чином, виходячи з потенціалів сонячної та вітрової енергії, існують передумови застосування трансформаторів вищезгаданих джерел відновлюваної енергії для енергопостачання лісових пасік у період зимівлі бджолиних сімей.

## РОЗДІЛ 2

### ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛІСОВИХ ПАСІК НА БАЗІ КОМБІНОВАНОЇ З ВІТРОЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОМ ГЕЛІОУСТАНОВКИ

Вибір структури системи енергопостачання з урахуванням відновлюваних джерел енергії має визначатися величиною і специфікою енергоспоживання об'єкта. Слід зазначити, що у зимовий період витрати енергії у межах пасічного господарства передусім спрямовані забезпечення сприятливих умов зимівлі бджолиних сімей. Причому енергопостачання технічних засобів, функціонування яких спрямовано підтримку оптимальних значень параметрів мікроклімату всередині бджолиних вуликів, має бути безперебійним. З іншого боку, структура системи енергопостачання багато в чому залежить від особливостей використовуваних потоків відновлюваної енергії. У контексті розгляду умов традиційного розташування пасічних господарств на території України, найбільший потенціал мають сонячна та вітрова енергія. У цьому найбільш перспективним підходом до компонування системи енергопостачання є комбінування різних типів перетворювачів відновлюваної енергії разом із застосуванням акумуляторів.

Оскільки функціонування комплексу для енергопостачання лісових пасік у зимовий період спрямоване забезпечення оптимального мікроклімату всередині вуликів, ключовим елементом комплексу є система теплопостачання. Для теплопостачання пропонується використання сонячних колекторів. На думку фахівців, сонячні колектори є найбільш універсальними та одними з найбільш перспективних пристроїв використання поновлюваних джерел енергії для районів із достатньою сонячною інсоляцією. Сонячні колектори, як відносно дешеві та прості пристрої, дуже привабливі для індивідуальних споживачів. Однак змінний характер зміни потужності сонячних колекторів, пов'язаний, перш за все з добовими коливаннями щільності потоку сонячного

випромінювання, створює передумови застосування технічних засобів, функціонування яких спрямоване на компенсацію дії даної особливості сонячних систем теплопостачання. Традиційними підходами до сполучення енергогенеруючих установок на базі ВДЕ зі споживачами є застосування акумуляторів енергії або використання як резервного джерела більш універсальну за складом джерел енергосистему. Ключовою перевагою останнього варіанта є надійне енергопостачання, проте експлуатаційні витрати та висока вартість застосування цього рішення знижують ефективність функціонування комплексу. У зв'язку з цим застосування акумуляторів є більш перспективним. Однак слід зазначити, що ємність акумуляторів енергії має бути обґрунтованою.

Для забезпечення функціонування технічних засобів забезпечення оптимального мікроклімату бджолиних вуликів пропонується використання кількох перетворювачів енергії відновлюваних джерел в електричну енергію. Оскільки щільність електричного навантаження пасічних господарств є відносно невисокою, то для цілей електропостачання споживачів перспективно використовувати фотоелектричні модулі та вітроелектричні установки. Вищеназвані перетворювачі енергії, як і сонячні колектори, мають властивість коливання потужності залежно від зовнішніх чинників. Це є передумовою застосування акумуляторів електричної енергії.

Забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату (вологості, газового режиму, температури) усередині бджолиних вуликів передбачає застосування відповідних технічних засобів: калориферів, повітроводів, вентиляторів, контролерів тощо, які зрештою визначають енергоспоживання пасічних господарств у зимовий період.

Таким чином, структура автономного комплексу включає тепловий акумулятор, теплообмінники для передачі теплової енергії між елементами системи, сонячний колектор, повітропроводи системи теплопостачання, фотоелектричний модуль, акумуляторні батареї, вітроелектричну установку,

контролер заряду акумуляторних батарей, систему керування подачею теплоносія в вулики. Комбінування різних типів перетворювачів разом із застосуванням акумуляторів дозволяє забезпечувати надійне енергопостачання споживача.

Структура автономного комплексу для забезпечення оптимального мікроклімату бджолиних вуликів на базі комбінованої з вітроелектрогенератором геліоустановки представлена на рисунку 2.1.

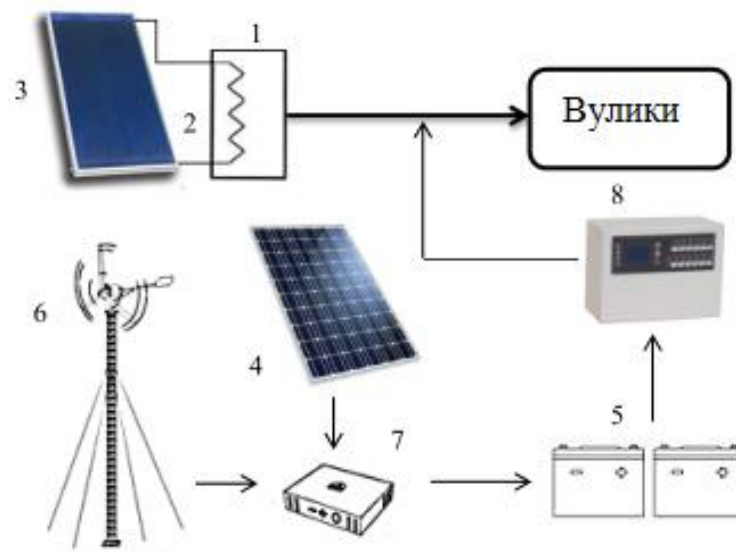


Рис. 2.1. Структура комплексу

Вітроелектрична установка 6 (ВЕУ) та фотоелектричний модуль 4 (ФМ) генерують електричну енергію шляхом перетворення відповідних видів відновлюваної енергії, і передають її за допомогою проводів через систему керування 7 акумуляторним батареям 5 (АКБ).

Вакуумний сонячний колектор 3 (СК) збирає теплову енергію Сонця та передає її за допомогою трубопроводів через теплообмінник 2 тепловому акумулятору 1 (ТА). Далі теплова енергія передається споживачеві (вуликам). Контролюється цей процес за допомогою автоматичної системи керування подачею теплоносія у вулики 8 (САУ), функціонування якої забезпечується за рахунок енергії, що накопичується в акумуляторних батареях 5.

Виходячи з мети експериментальних досліджень, було скомпоновано комплекс із окремих виробів із значеннями номінальних параметрів, що відповідають значенням вхідних факторів математичної моделі.

Для проведення полігонних досліджень було скомпоновано експериментальний зразок автономного комплексу, до складу якого увійшли такі вироби:

- сонячний вакуумний колектор (площа апертури 2,15 м<sup>2</sup>);
- тепловий акумулятор (об'єм бака 1 м<sup>3</sup>);
- трубопроводи, теплообмінники для передачі теплової енергії між сонячним колектором та тепловим акумулятором, а також між тепловим акумулятором та припливним повітрям;
- повітроводи;
- система управління подачею теплого повітря у вулик, що включає заслінки повітроводів із сервоприводами, блок управління, вентилятори, які здійснюють примусову подачу повітря всередину вулика;
- фотоелектричний модуль (площа апертури 1,3 м<sup>2</sup>) із контролером Steca PR2020;
- акумуляторні батареї (АКБ ємністю 50 А·год);
- вітроелектрогенератор (вітроенергетична установка ВЕУ 500 (площа 4м<sup>2</sup>) з блоком управління БО 500М-24).

Експериментальна установка представлена на рис.2.1–2.6.



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд експериментальної установки



Рис. 2.2. Сонячний колектор



Рис. 2.3. Тепловий акумулятор



Рис. 2.4. Вітроелектрична установка





Рис. 2.5 Контролери ФМ



Рис. 2.6. Бджолиний вулик із змонтованими повітrowодами

Опис контрольно-вимірювальної бази. Для вимірювання значень параметрів використовувалися різні сенсори, що підключалися до платформи Arduino Mega 2560, а також датчики, вбудовані у контролер фотоелектричних модулів Steca PR2020.

Комплекс був обладнаний датчиками температури та вологості, за допомогою яких вимірювалися параметри зовнішнього повітря та повітря всередині вулика. Зовнішній вигляд, схема підключення та технічні характеристики датчика температури та вологості повітря SHT1х представлені відповідно на рис. 2.7 таблиці 2.1.

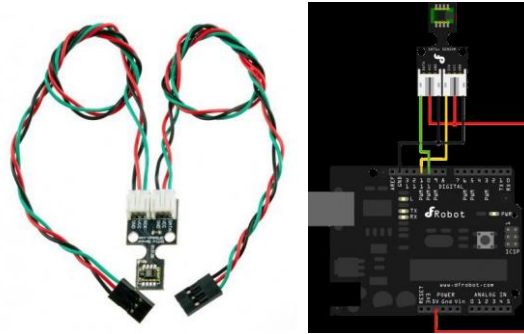


Рис. 2.7. Зовнішній вигляд та схема підключення датчика температури та вологості повітря

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика температури та вологості повітря

Величина	Значення
Діапазон температур, °C	-40 ...+128
Абсолютна похибка по температурі, °C	0,3
Діапазон вологості, %	0...100
Абсолютна похибка по вологості, %	2 (при вологості 10–90%)
Час реакції, с	Не більше 4 с.

Для вимірювання температури теплоносія теплового акумулятора використовувався датчик температури DS18B20, зовнішній вигляд, схема підключення та технічні характеристики якого представлені відповідно на рис. 2.8 таблиці 2.2.

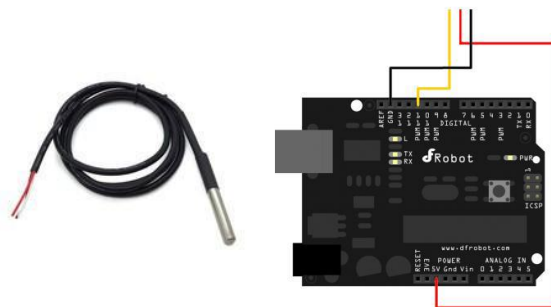


Рис. 2.8. Зовнішній вигляд та схема підключення датчика температури DS18B20

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики датчика температури DS18B20

Величина	Значення
Діапазон температур, °C	-55 ... +125
Абсолютна похибка по температурі, °C	0,5 (в межах -10...+85 °C)
Час отримання даних, с	750 мс при 12-бітном; 94 мс при 9-бітном

Тарування датчиків SHT1x і DS18B20 проводилося шляхом порівняння показань з еталонним термометром на стенді тарування температурних датчиків.

Для вимірювання експлуатаційних параметрів комплексу використовувалися такі датчики:

– для вимірювання сили вихідного струму фотоелектричного модуля та вітроелектрогенератора використовувався сенсор струму ACS758, зовнішній вигляд, схема підключення та технічні характеристики якого представлені відповідно на рис. 2.9, таблиці 2.3;

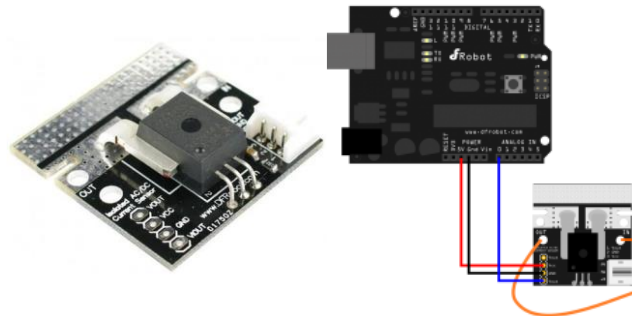


Рис. 2.9. Зовнішній вигляд та схема підключення сенсора струму ACS758

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики сенсора струму ACS758

Величина	Значення
Вимірюваний струм: змінний або постійний, А	До 50
Робочий діапазон температур, °C	-40°C ...+150°C

- Вбудовані датчики в контролер фотоелектричного модуля Steca PR2020.

Тарування датчиків проводилося шляхом безпосереднього звірення за допомогою зразкових приладів (амперметрів, вольтметрів, ватметрів класу точності 0,2) та установок для перевірки та градуювання електровимірювальних приладів. Умови тарування датчиків відповідали вимогам ДСТУ.

### РОЗДІЛ 3

## ВИПРОБУВАННЯ АТОМНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ КОМБІНОВАНОЇ З ВІТРОГЕНЕРАТОРОМ ГЕЛІОУСТАНОВКИ

В результаті проведення експериментальних досліджень функціонування комплексу на базі комбінованої з вітроелектрогенератором геліоустановки було отримано дані про зміну експлуатаційних параметрів комплексу протягом періоду зимівлі бджолиних сімей. Виходячи з мети експериментальних досліджень, що полягає у перевірці достовірності даних, отриманих у результаті математичного моделювання функціонування комплексу, було проведено порівняння експериментальних даних із результатами моделювання. При цьому слід зазначити, що значення технічних параметрів окремих виробів у складі комплексу (площа ТА, об'єм теплоакumuлюючої речовини в ТА, кут нахилу перетворювачів сонячної енергії, площі апертури СК та ФМ, інші параметри комплексу), а також параметри бджолиного вулика (висота, ширина, Довжина, матеріал огорожувальних конструкцій вулика) відповідали значенням вхідних факторів математичної моделі функціонування комплексу.

Результати експериментальних досліджень функціонування комплексу з урахуванням комбінованої геліоустановки представлені як графіків.

На рис. 3.1–3.5 представлені графіки зміни середньодобових значень:

- температури теплоносія теплового акумулятора ТТА, К (рис. 3.1);
- напруга на АКБ  $U_{\text{АКБ}}$ , (рис. 3.2);
- потужності ФМ та ВЕУ, Вт (рис. 3.3 та 3.4 відповідно);
- споживаної електричної енергії протягом періоду полігонних досліджень, Вт·год (рис. 3.5).

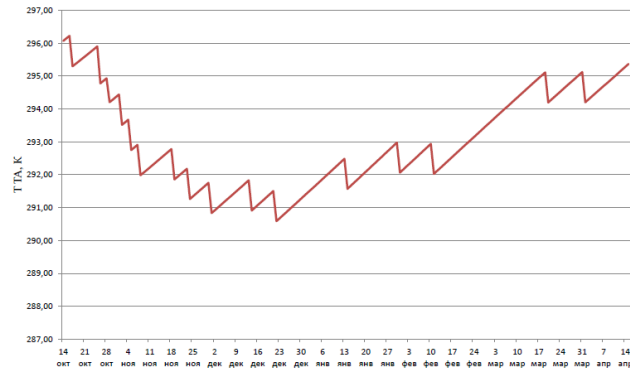


Рис.3.1. Графік зміни середньодобового значення температури теплоносія теплового акумулятора

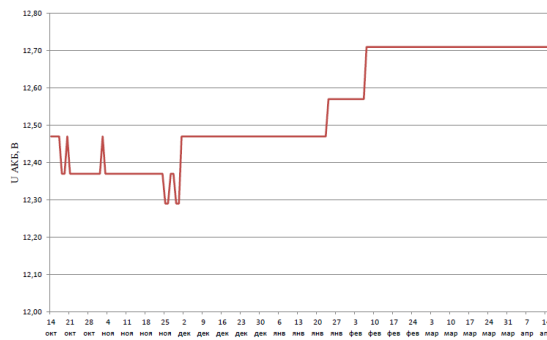


Рис. 3.2. Графік зміни середньодобового значення напруги на АКБ

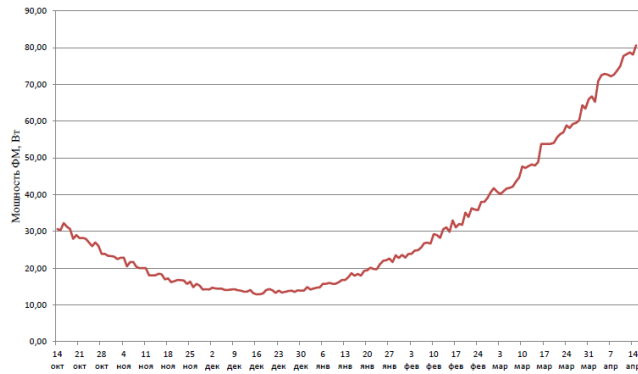


Рис. 3.3. Графік зміни середньодобового значення потужності ФМ

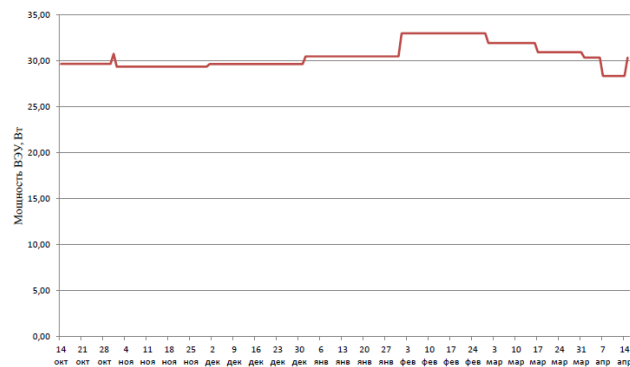


Рис. 3.4. Графік зміни середньодобового значення потужності ВДЕ

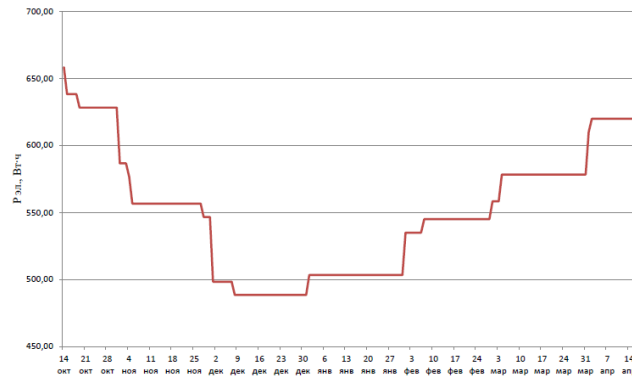


Рис. 3.5. Графік зміни середньодобового значення споживаної електроенергії

Отримані експериментальні графіки апроксимуються поліномами виду (3.1-3.5) з достовірністю апроксимації не менше 0,95.

- зміна температури теплоносія теплового акумулятора:

$$T_{TA} = -1E-11x^6 + 6E-09x^5 - 1E-06x^4 + 0,0001x^3 - 0,0026x^2 - 0,1155x + 296,49 \quad (3.1)$$

- зміна напруги на АКБ:

$$U_{AKB} = 2E-12x^6 - 1E-09x^5 + 2E-07x^4 - 2E-05x^3 + 0,001x^2 - 0,0219x + 12,514 \quad (3.2)$$

- зміна потужності ФМ:

$$P_{FM} = 3E-11x^6 - 1E-08x^5 + 3E-06x^4 - 0,0002x^3 + 0,0067x^2 - 0,0965x + 29,981 \quad (3.3)$$

- зміна потужності ВДЕ:

$$P_{ВДЕ} = 3E-11x^6 - 1E-08x^5 + 3E-06x^4 - 0,0002x^3 + 0,0067x^2 - 0,0965x + 29,981 \quad (3.4)$$

- зміна споживаної електричної енергії:

$$Q_{ЕЛ} = -7E-12x^6 + 5E-08x^5 - 2E-05x^4 + 0,004x^3 - 0,2661x^2 + 4,1927x + 611,47 \quad (3.5)$$

З отриманого графіка (рисунок 3.1) випливає, що температура теплоносія теплового акумулятора в період проведення експериментальних досліджень функціонування автономного комплексу для забезпечення оптимального мікроклімату бджолиних вуликів змінювалася в діапазоні від 290 до 296 К. Для оцінки достовірності даних, отриманих при математичному моделюванні роботи комплексу побудовано графіки зміни температури теплоносія теплового акумулятора протягом періоду проведення експериментальних досліджень для розрахункових та експериментальних даних. Отриманий графік представлений рис. 3.6 (червоним кольором позначені результати експериментальних досліджень, синім – результати математичного моделювання, чорним кольором

показані планки похибок (5%) щодо кожного значення температури теплоносія ТА, отриманого результати математичного моделювання).

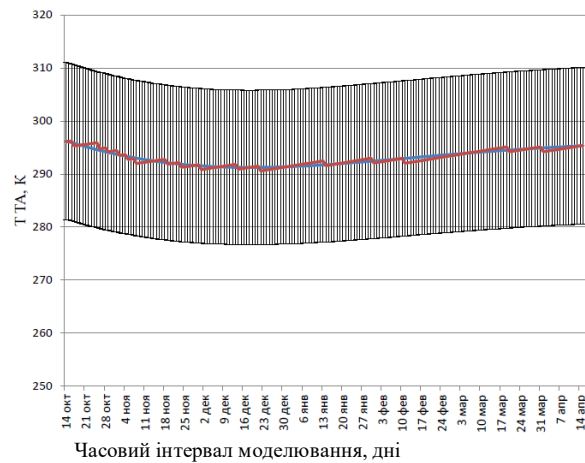


Рис. 3.6. Графіки зміни температури теплоносія ТА

Аналізуючи наведений вище графік, можна зробити висновок про те, що розбіжність між даними про температуру теплоносія теплового акумулятора, отриманими експериментальним і розрахунковим шляхом, становить менше 5%.

Розглянемо динаміку зміни напруги на висновках АКБ, представлену рис. 3.2. Аналізуючи даний графік, можна дійти невтішного висновку у тому, що у період проведення експериментальних досліджень значення напруги на висновках АКБ змінювалося у діапазоні від 12,29 до 12,71 В. Для оцінки достовірності даних, отриманих при математичному моделюванні роботи комплексу, було побудовано графіки зміни напруги на висновках АКБ протягом періоду проведення експериментальних досліджень для розрахункових та експериментальних даних Отриманий графік представлений рис. 3.9 (червоним кольором позначені результати експериментальних досліджень, синім – результати математичного моделювання, чорним кольором показані планки похибок (5%) щодо кожного значення напруги на висновках АКБ, отриманого результати математичного моделювання).

З графіків, представлених рисунком 3.7, можна дійти невтішного висновку у тому, що розбіжність між даними про напругу на висновках АКБ, отриманими експериментальним і розрахунковим шляхом, становить менше 5 %.

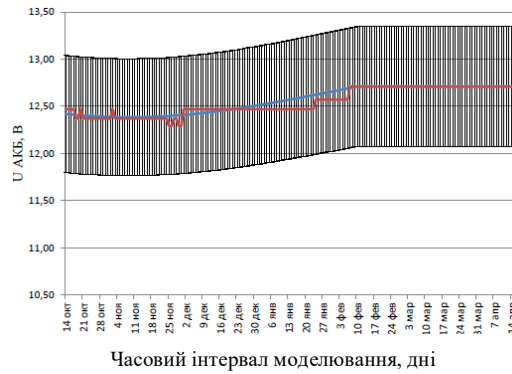


Рис. 3.7. Графіки зміни напруги на висновках АКБ

Розглянемо динаміку зміни потужності ФМ, представлену на рис. 3.3. Аналізуючи даний графік, можна дійти невтішного висновку у тому, що під час проведення експериментальних досліджень значення потужності ФМ змінювалося діапазоні від 12,9 до 80,6 Вт. Для оцінки достовірності даних, отриманих при математичному моделюванні роботи комплексу, було побудовано графіки зміни потужності ФМ протягом періоду проведення експериментальних досліджень для розрахункових та експериментальних даних.

Отриманий графік представлений рис. 3.8 (червоним кольором позначені результати експериментальних досліджень, синім – результати математичного моделювання, чорним кольором показані планки похибок (5%) щодо кожного значення потужності ФМ, отриманого результати математичного моделювання).

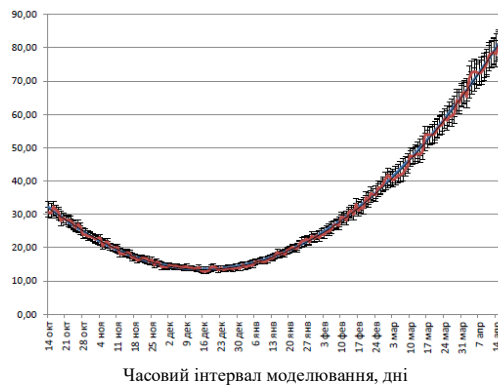


Рис. 3.8. Графіки зміни потужності ФМ

З графіків, представлених рис. 3.8, можна дійти невтішного висновку у тому, що розбіжність між даними про потужності ФМ, отриманими експериментальним і розрахунковим шляхом, становить менше 5 %.



З отриманого графіка (рис. 3.4) випливає, що потужність ВЕУ під час проведення експериментальних досліджень функціонування автономного комплексу забезпечення оптимального мікроклімату бджолиних вуликів змінювалася в діапазоні від 28,1 до 32,9 Вт. Для оцінки достовірності даних, отриманих під час математичного моделювання роботи комплексу, було побудовано графіки зміни потужності ВЕУ протягом періоду проведення експериментальних досліджень для розрахункових та експериментальних даних. Отриманий графік представлений рис. 3.9 (червоним кольором позначені результати експериментальних досліджень, синім – результати математичного моделювання, чорним кольором показано планки похибок (5%) щодо кожного значення потужності ВЕУ, отриманого результаті математичного моделювання).

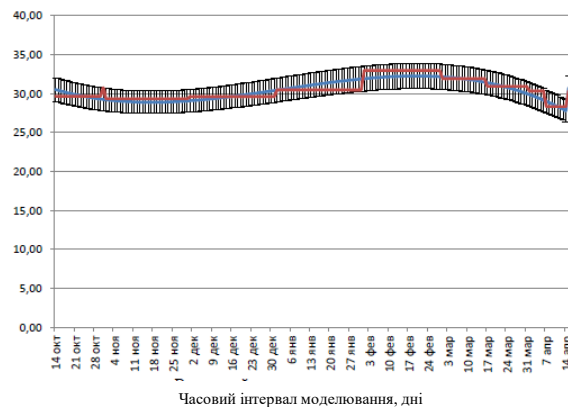


Рис. 3.9. Графіки зміни потужності ВЕУ

З графіків, представлених рис. 3.9, можна дійти невтішного висновку у тому, що розбіжність між даними про потужності ВЕУ, отриманими експериментальним і розрахунковим шляхом, становить менше 5 %.

Розглянемо динаміку зміни споживаної електричної енергії, представлену рис. 3.5. Аналізуючи даний графік, можна дійти невтішного висновку у тому, що під час проведення експериментальних досліджень значення споживаної електричної енергії змінювалося в діапазоні від 488,4 до 658,1 Вт. Для оцінки достовірності даних, отриманих при математичному моделюванні роботи комплексу, були побудовані графіки зміни електричної енергії, що споживається, протягом періоду проведення експериментальних досліджень

для розрахункових та експериментальних даних. Отриманий графік представлений на рис. 3.10 (червоним кольором позначені результати експериментальних досліджень, синім – результати математичного моделювання, чорним кольором показано планки похибок (5%) щодо кожного середньодобового значення споживаної електричної енергії, отриманого в результаті математичного моделювання).

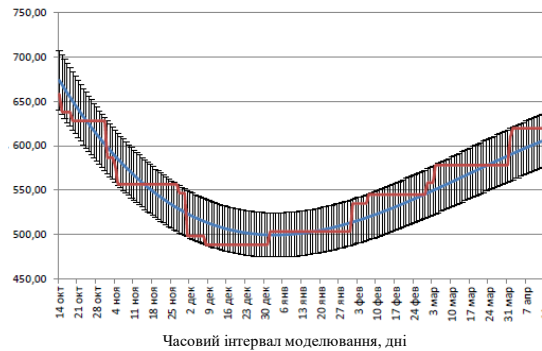


Рис. 3.10. Графіки зміни електроенергії, що споживається.

Аналізуючи графіки, представлені рис. 3.10, можна дійти висновку у тому, що розбіжність між теоретичними і експериментальними даними про споживаної системою подачі теплоносія у вулики електричної енергії перебуває у межах 5%.

### Висновки по розділу

Розроблено зразок комплексу для забезпечення оптимального клімату бджолиних вуликів, проведено його полігонні дослідження, що підтверджують його працездатність.

## ВИСНОВОК

Підвищення ефективності енергопостачання лісових пасік шляхом застосування комплексу на базі комбінованої з вітроелектрогенератором геліоустановки є кваліфікаційною роботою, в якій викладено обґрунтовані технічні та технологічні рішення, які мають важливе значення для економіки галузі.

Розроблено технічне рішення комплексу для забезпечення оптимального мікроклімату бджолиних вуликів на базі комбінованої з вітроелектрогенератором геліоустановки.

Розроблено зразок комплексу для забезпечення оптимального клімату бджолиних вуликів, проведено його полігонні дослідження, що підтверджують його працездатність.

Рекомендації:

При проведенні зимівлі бджолиних сімей на відкритому повітрі рекомендується застосування автономного комплексу для забезпечення оптимального мікроклімату на базі комбінованої з вітроелектрогенератором геліоустановки.

Під час проектування комплексу для конкретного пасічного господарства рекомендується методика розрахунку оптимальних значень його технічних параметрів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. .Стан і перспективи розвитку малої гідроенергетики, сонячної, вітрової та інших джерел поновлюваної енергії зарубіжних країн та України /Аналітичні матеріали/ Режим доступу: <https://ua.energy/mediya/galereya/analitichni-materialy/>
2. Курбатова Т.А. Особенности функционирования «зеленого» тарифа в Украине. Молодежь и наука: реальность и будущее: материалы V Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (22 мая, 2013 года, г. Кемерово). Кемерово, 2013. С. 187–191.
3. Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні // Звіт в рамках проекту «Секретаріат та Експертний хаб з енергоефективності», що впроваджується Програмою розвитку ООН в Україні за підтримки Уряду Республіки Словачія та сприяння Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарств в Україні // березень 2017 р. 36 с
4. Сухін Є. І. Нетрадиційна енергетика як фактор економічної безпеки держави: автореф. дис... д-р екон. наук: 21.04.01. Київ. 2005. 38 с.
5. Рамкова конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату: Міжнародний документ від 09.05.1992 р. Офіційний вісник України. 2012. №83 Стор. 198. Ст. 3381
6. Попель О. С. Автономные энергоустановки на возобновляемых источниках энергии. Энергосбережение. 2006. №3. С. 60–65.
7. Сабірзянов Т. Г., Кубкін М. В., Солдатенко В. П. Методика вибору структури і складу систем електропостачання з відновлювальними джерелами. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2011. № 24. С. 146-151.
8. Голик О. П., Жесан Р. В., Березюк І. А. Автоматизоване керування процесом автономного енергопостачання на основі вітро-сонячних установок та

резервної електростанції. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». 2011. № 117. С. 54-57.

9. Методологія виконання документу «Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей» [Електронний ресурс] / ДП «НЕК «Укренерго» // Режим доступу: <https://ua.energy/majbutnye-ukrenergo/plan-rozvytkuo-es-ukrayiny/zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-dostatnosti-generuyuchyhpotuzhnostej/>

10. Лежнюк П.Д. Оцінювання впливу відновлюваних джерел електроенергії на функціонування електричних мереж. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. 2015. №165. С. 40-49.

11. Розробка наукових основ інтеграції вітроенергетики до об'єднаної енергосистеми України та методів підвищення енерговіддачі в електромеханічних перетворювачах ВЕУ локальних систем. Етап 2 / С.О. Кудря [та ін.]; Інститут відновлюваної енергетики НАНУ. Київ : 2010. 65 с. № ДР 0108U000501.

12. Залучення сонячних та вітрових електростанцій до покриття навантаження ОЕС України. Режим доступу [Електронний ресурс]: ДП «НЕК «Укренерго», 2018. Режим доступу: <https://ua.energy/wpcontent/uploads/2018/04/Zaluchennya-VDE.pdf>

13. Стимулювання відновлюваної енергетики в Україні за допомогою «зеленого» тарифу: посібник для інвесторів. Міжнародна фінансова корпорація ІФС. Київ, 2012. 80 с. Офіційний вебсайт Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження. URL:<http://saee.gov.ua/documents/green-tariff.pdf> (дата звернення: 30.08.2019).

14. Міщенко О. О., Созанська А. А. Альтернативні джерела енергії та їх використання в аграрній сфері. URL: [http://www.rusnauka.com/9\\_NND\\_2012/Economics/6\\_104174.doc.htm](http://www.rusnauka.com/9_NND_2012/Economics/6_104174.doc.htm) (дата звернення: 22.11.2019).

15. Яковлева Н. Відновлювана енергетика допоможе подолати кліматичну кризу URL: <https://ecotown.com.ua/news/Vidnovlyuvana-energetika-doromozhe-podol-ati-klimatichnu-krizu-/> (дата звернення: 27.12.2019).

16. Кудря С. О. Потенціал використання відновлюваних джерел енергії. Досвід розвинутих країн з питань розвитку відновлюваної енергетики. Матеріали семінару «Енергоефективність в сільськогосподарському секторі». Київ, 17–18 травня 2016 р.

17. Проект національної концепції впровадження та розвитку екологічно чистого виробництва в Україні. URL: [file:///C:/Users/Laptop/Downloads/EkUk\\_2013\\_11\\_10.pdf](file:///C:/Users/Laptop/Downloads/EkUk_2013_11_10.pdf) (дата звернення: 29.04.2020).