

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Навчально-науковий інститут післядипломної освіти

Медичний інститут

Кафедра екології

Магістерська дипломна робота

на тему: **«ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ
ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У ПРИВАТНИХ ДОМОГОСПОДАРСТВАХ»**

Виконала:

студентка VI курсу, групи 621мз

спеціальності 101 «Екологія»

Кочуланова Дар'я Ігорівна

Керівник:

канд.геогр.наук

доц. кафедри екології

Патрушева Л.І.

Рецензент:

д.б.н., професор,

Завідувачка кафедри екології

Григор'єва Л.І.

Миколаїв – 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. НЕВИЧЕРПНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ	
1.1. Вивченість проблеми в Україні та світі.....	7
1.2. Міжнародний досвід використання екологічно чистої енергії.....	18
1.3. Енергетичний потенціал України у сфері забезпечення споживачів тепло- та електроенергією.....	22
1.4. Відновлювальні джерела енергії у приватних домогосподарствах України.....	30
РОЗДІЛ 2. ОБ’ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ	
2.1. Характеристика об’єкта дослідження.....	36
2.2. Методика дослідження альтернативних джерел енергії для приватних домогосподарств.....	38
РОЗДІЛ 3. ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧІ УСТАНОВКИ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У ПРИВАТНОМУ ДОМОГОСПОДАРСТВІ	
3.1. Принцип роботи сонячної та вітрової електростанцій.....	46
3.2. Ефективність роботи енергогенеруючих установок.....	54
3.3. Доцільність впровадження ВЕУ та СЕС у приватному домогосподарстві.....	62
ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ І ЛІТЕРАТУРИ.....	70
ДОДАТКИ.....	77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

- АБ – акумуляторна батарея
- АЕС – атомна електростанція
- ВЕС – вітроелектростанція
- ВЕУ – вітроелектрична установка
- ВДЕ – відновлювальні джерела енергії
- ВУ – вітроустановка
- ЄС – Європейський Союз
- ККД – коефіцієнт корисної дії
- ЛЕП – лінії електропередач
- ПДВ – податок на додану вартість
- СЕС – сонячна електростанція
- ТЕН – трубчатий електричний нагрівач
- ФП – фотоприймач
- ФЕП – фотоелектричний приймач

ВСТУП

Актуальність досліджуваної теми обумовлена необхідністю розв'язання проблем ресурсозбереження та енергоефективності на фоні глобальних кліматичних змін, викликаних техногенним та антропогенним навантаженням на навколишнє природне середовище, а також сучасними енергетичними проблемами в Україні.

Використання альтернативних видів ресурсів у приватних домогосподарствах для забезпечення споживчих потреб відповідає цілям сталого розвитку планети та дозволяє поступово зменшувати негативний вплив від видобування та перетворення традиційних джерел енергії.

Сучасний стан української енергетики, екологічні та економічні проблеми держави загострюються внаслідок військово-політичної ситуації на території України. Відмова від імпортного палива та розвиток відновлюваної енергетики створить сприятливі умови для посилення енергетичної незалежності нашої країни.

Перехід до невичерпних джерел енергії у приватних домогосподарствах позитивно вплине на характеристики природних об'єктів та здоров'я населення, а також дозволить отримати екологічну та економічну вигоду окремим споживачам електроенергії.

Враховуючи сучасні умови та труднощі у забезпеченні приватного домогосподарства енергією нами було сформульовано *мету* магістерського дослідження: проаналізувати потенційні можливості автономного забезпечення приватного домогосподарства електроенергією.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **завдання**:

1. Проаналізувати вітчизняний та міжнародний досвід використання альтернативних джерел енергії для побутових потреб.
2. Розглянути сучасні установки, які генерують електроенергію з відновлюваних джерел.

3. Підібрати методикау дослідження проблеми.
4. Визначити потреби домогосподарства в електроенергії.
5. Обґрунтувати ефективність роботи енергоустановок у приватному домогосподарстві.

Об'єкт дослідження: альтернативні джерела енергії для домогосподарств в Україні.

Предмет дослідження: особливості використання альтернативних джерел енергії для забезпечення побутових потреб.

Наукова новизна: адаптовано та застосовано методикау обчислення ефективної роботи енергогенеруючих установок для приватного домогосподарства.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати дослідження можна використати як рекомендації для домогосподарств щодо автономного забезпечення електроенергією шляхом використання альтернативних джерел енергії.

Публікації. За результатами досліджень підготовлено статтю до XVII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Екологічна безпека держави», що проходить 20 квітня 2023 року на базі кафедри екології Факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій Національного авіаційного університету (м. Київ).

Структура роботи відповідає поставленій меті та визначеним завданням і складається із переліку умовних скорочень і термінів, вступу, трьох розділів (дев'яти підрозділів), основної частини, висновків, списку використаних джерел та літератури, додатків. Загальний обсяг роботи – 79 сторінок. Текст доповнено та проілюстровано таблицями та рисунками.

У першому розділі проаналізовано наукову літературу з теми дослідження, проведено огляд джерельної бази, проаналізовано вітчизняний та міжнародний досвід використання альтернативних джерел енергії для побутових потреб.

У другому розділі охарактеризовано альтернативні джерела енергії. Описано методику дослідження альтернативних джерел енергії для приватних домогосподарств.

У третьому розділі описано принцип роботи вітрових та сонячних установок та визначено фактори, які впливають на ефективність роботи енергоустановок.

Висвітлено результати дослідження автономного забезпечення електроенергією приватного домогосподарства. Розраховано кількість електроенергії, яку витрачає домогосподарство протягом року.

Визначено кількість електроенергії, яку здатна генерувати ВЕУ та СЕС для досліджуваного домогосподарства. Надано рекомендації щодо вибору енергогенеруючої установки відповідно до потреб приватного домогосподарства та наявних факторів ефективної роботи вітрової та сонячної установок.

РОЗДІЛ 1. НЕВИЧЕРПНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

1.1. Вивченість проблеми в Україні та світі

Дослідницька робота базується на таких літературних джерелах: «Відновлювані джерела енергії» (А. Барило, 2020 р.) [2], «Альтернативна енергетика в Україні» (Г. Півняк та Ф. Шкрабець, 2013 р.) [36], «Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: акцент на твердому біопаливі та гнучких технологіях його виготовлення» (О. Полянський, О. Дьяконов, О. Скрипник та ін., 2017 р.) [38], «Енергетика навколишнього середовища України» (С. Величко, 2003 р.) [10], «Енергозбереження та використання поновлюваних джерел енергії» (О. Голик, Р. Жесан, І. Волков, 2020 р.) [12], «Відновлювана енергетика для журналістів» (В. Дядькович, В. Комар, С. Кравчук, 2021 р.) [13], «Альтернативні джерела України» (І. Ковальов, 2015 р.) [19], «Фотоенергетика» (Ю. Колонтаєвський, Д. Тугай, С. Котелевець, 2019 р.) [21], «Енергетичні установки. Загальний курс» (В. Маляренко, 2008 р.) [29], «Енергетика і навколишнє середовище» (В. Маляренко, 2008 р.) [28], «Альтернативна енергетика» (М. Мельничук, В. Дубровін, В. та ін., 2012 р.) [31], «Поновлювальні та альтернативні джерела енергії» (О. Немикіна, 2020 р.) [34], «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» (І. Сінчук, С. Бойко, К. Лосіна, І. Луценко, Г. Ткаченко, 2013 р.) [44], «Техноекологія» (М. Мальований, В. Боголюбов, Т. Шаніна, В. Шмандій, Т. Сафранов, 2013 р.) [27].

У своїх працях дослідники підіймають наступні питання щодо досліджуваної теми: роль альтернативної енергетики у контексті сталого розвитку, види альтернативних джерел та їх використання для забезпечення населення електроенергією, розвиток альтернативної енергетики в Україні та світі, методи дослідження відновлювальних джерел енергії, проблеми розвитку відновлювальної енергетики в Україні, стимулювання впровадження альтернативних джерел енергії у приватному секторі,

фактори, які впливають на ефективність роботи енергоустановок на основі ВДЕ тощо.

Мельничук М. [31] розглядає перспективи розвитку відновлювальної енергетики у світі та відзначає, що стратегією для захисту клімату до 2050 року, яку розробила Єврокомісія передбачено, що виробництво електроенергії має відбуватися на 80 % за допомогою альтернативних джерел енергії і лише на 15 % – за рахунок АЕС [31]. Він зазначає, що протягом останніх років частка відновлюваних джерел енергії зростає, проте, різними темпами. Зокрема, в Німеччині цей показник у 2017 р. становив – 35 %, у Швеції – 55 %, у Румунії – 38 %, у Польщі – 17 %, в Україні – 8 % [31].

Барило А. досліджуючи тенденції розвитку альтернативної енергетики, наголошує, що вартісні показники електроенергії від відновлюваних джерел енергії, виробленої на різних видах електростанцій, вже зараз знаходяться в середньому на рівні традиційних електростанцій. Очікується, що протягом наступних десяти років вартість технологій вітроелектростанцій та сонячних електростанцій знизиться на 13 % та 57 % відповідно, що значно сприятиме впровадженню альтернативних джерел енергії в Україні [2].

Величко С. досліджує принципи роботи сонячних електростанцій. Автор у своїй праці зазначає, що сонячна енергетика включає два принципово різних способи використання сонячної енергії: сонячні батареї, що дають змогу перетворювати світлову енергію на електричний струм; сонячні колектори, де світлова енергія сонячних променів перетворюється на теплову і відводиться допомогою теплоносія [10].

Проблему використання енергію вітру для задоволення потреб споживачів розглядає Ковальов І. [19] він підкреслює, що вітроенергетика має вагомні переваги: не потребує пального, а тому не створює шкідливих теплових та хімічних викидів; зменшує залежність від імпорту пального; дає

можливість нарощувати потужність. Недоліками використання цього виду енергії є велика розсіяність енергоресурсу у просторі, низьку густину, змінний характер вітру за напрямком і потужністю, шум від установок, спотворення ландшафту, відносно великі капіталовкладення [19].

Немикіна О., досліджуючи питання використання альтернативних джерел енергії у приватному домогосподарстві, зазначає, що мережеві сонячні електростанції менш економічні для житлових будинків, ніж для підприємств. Оскільки більшість людей працюють протягом дня і не використовують сонячну енергію, що генерується СЕС. А ввечері використовують енергію із зовнішньої мережі [34].

Маляренко В. наголошує: «Ще в самому розпалі атомного буму найвидатніший фізик ХХ ст. Ф. Жоліо-Кюрі сказав: «Розв'язання проблеми використання сонячної енергії для людства важить більше, ніж підкорення енергії атома» [28].

Немикіна О. пише, що сонячної енергії, яка потрапляє на Землю за одну годину, вистачить для забезпечення потреб людства протягом одного року [34].

Голик О. розглядає питання енергоефективності приватних будинків, які використовують альтернативні джерела енергії та підкреслює, що якісна ізоляція будинку та мінімізація втрат тепла вночі (захисні ролети на вікнах, штори) дозволяє отримати максимальний ефект від енергоустановки сонячного типу [12].

Окрему групу писемних джерел складає періодика. Для написання роботи нами було використано статті вітчизняних авторів сучасних наукових видань. Автори публікацій підіймають наступні питання: впровадження та використання альтернативних джерел енергії для приватних господарств, світовий досвід використання ВДЕ для забезпечення потреб населення в електро- та теплоенергії, значення альтернативних джерел енергії для захисту та збереження навколишнього

природного середовища, рівень розвитку альтернативної енергетики у країнах Європейського Союзу та ін.

Єлісеєва О. зазначає, що один із найважливіших показників енергетики – ступінь вичерпності. Чим вище ступінь вичерпності, тим нижче можливість відновлення ресурсу [14].

Автор визначає, що відновлювана енергія та природні ресурси – це така енергія та ресурси, які змінюються природним шляхом або ретельно контролювані та можуть бути використані без ризику їх закінчення [14].

Загарій В. [15] пише, що для вирішення проблеми глобального потепління першочерговим завданням країн світу є саме розвиток альтернативної енергетики, оскільки вона є екологічно чистим невичерпним джерелом енергії [15].

Роцина Н. [39] у своїй статті говорить про тенденцію впровадження альтернативних енергоустановок для побутових потреб. Автор статті зазначає: «Що стосується приватних домогосподарств, то для них характерна позитивна динаміка у збільшенні кількості приватних сонячних електростанцій» [39].

Ю. Олійник [35] підтримує цю думку та пише, що в США у 2016 р. побудова сонячних електростанцій зросла на 95 % та склала 14 ГВт. Активну позицію у використанні СЕС займає житловий сектор. Приблизно 53 % усіх потужностей використовується житловими будинками. Так, у штаті Каліфорнія впровадження батарей здійснюється ще на етапі проектування житла [35].

Сотник І. [55] з цього приводу зазначає, що частка приватного сектору в обсягах генерації «зеленої» електроенергії є ще далекою від того, щоб зробити приватні домогосподарства значущими суб'єктами «зеленого» енерговиробництва [55].

Касич А. [18] у своїй статті наголошує, що економічне зростання залежить від рівня розвитку енергетики країни, яка являє собою основу для забезпечення потреб населення в енергоресурсах для побутових потреб [18].

Черницька Т. підкреслює, що загалом, масштаби майбутнього впровадження ВДЕ значною мірою залежать як від державної, так і від підтримки з боку населення. Адже поряд із прихильниками «зеленої» енергетики існують і противники, вмотивовані певними переконаннями або особистими фінансовими інтересами [46].

Повханіч А. наголошує, що у 2050 році світова економіка зросте в 4 рази і буде споживати на 80 % більше енергії, ніж споживає сьогодні [37].

Кузнєцова Г. відзначає, що згідно з представленими даними світовими лідерами в галузі відновлюваної енергетики є Данія, Норвегія, Швеція. У цих країнах побудовано безліч споруд, які повністю або частково обігрівуються за рахунок ВДЕ [25].

Шафаренко Ю. досліджує питання використання альтернативних джерел енергії у приватних домогосподарствах України та наголошує, що з 2014 по 2018 рр. більше шести тисяч українських родин встановили сонячні електростанції загальною потужністю 121 МВт, інвестувавши 120 млн євро. У 2014 р. таких родин було лише 20. Ці 6 тисяч домогосподарств генерують «чисту» електроенергію, яка повністю задовольняє потреби 45 тис. таких же домогосподарств. Тобто кожен будинок із сонячними панелями виробляє електроенергію для власних потреб та ще шести таких будинків [48].

І. Кучерява [26] підкреслює, що використання відновлюваної електроенергії побутовими споживачами передбачає цифрове приєднання будинків до електричної мережі та створення ефективної і стабільної системи електропостачання з ВДЕ [26].

Рудик Н. зазначає, що основні інструменти стимулювання розвитку ВДЕ у країнах ЄС включають: системи «зеленого» тарифу; зобов'язання по квотам з застосуванням зелених сертифікатів; пільгові позики; кредитні

гарантії; інвестиційні гранти (підтримка інвестицій); звільнення від податку [40].

Монастирський Г. відзначає, що важливу роль в енергозбереженні ЄС відіграє «енергетична паспортизація» будівель. Дана паспортизація дає змогу орендарям і покупцям будинків отримати інформацію про їх характеристику (ізоляція, опалення, охолодження тощо) та розрахувати витрати на оплату електроенергії та опаленням [33].

Принцип роботи енергогенеруючих установок на основі ВДЕ досліджує А. Повханіч. Він пише, що: «Вітрогенераторні установки, вітрогенератори, вітроелектростанції здатні перетворити кінетичну енергію вітру в механічну роботу, яка згодом перетворюється в електричну енергію за допомогою вітрогенераторних установок» [37].

Дядькович В. [13] уточнює: «Принцип роботи вітроустановок полягає у горизонтальному переміщенні повітряних мас, які тиснуть на лопаті вітряка. Профіль лопатей розроблено таким чином, що це призводить до їх обертання, і через вал механічна енергія передається до генератора, який і виробляє електричну енергію» [13].

Барило А. досліджує альтернативні джерела енергії. Автор пише, що різні види відновлюваних джерел енергії мають принципові відмінності, тому їх ефективне використання у приватному секторі повинно ґрунтуватися на науково розроблених принципах перетворення енергії ВДЕ у види, які потрібні споживачам. У процесі впровадження заходів відновлюваної енергетики для енергозабезпечення споруд громадського призначення необхідно орієнтуватися на місцеві енергоресурси, вибираючи найбільш ефективні з них. Важливим заходом ефективного використання ВДЕ є комплексний підхід у плануванні енергетичних проєктів на основі відновлюваних енергоресурсів для житлових і комунальних будівель. Використання ВДЕ повинне бути багатоваріантним і комплексним, що дозволить отримати оптимальний енергетичний та економічний ефект [2].

Семенюк В. наводить приклади прямого використання теплової енергії сонячного світла:

- обігрівання будівель через систему пасивного обігріву;
- нагрівання продуктів харчування у сонячних печах;
- нагрівання води або повітря для господарчих потреб в геліоколекторах;
- кондиціонування повітря [43].

Загарій В. зазначає, що світовими лідерами з впровадження «зелених» тарифів залишаються США, Китай, Німеччина, Японія, Індія [15].

Кудря С. наголошує, що слід відзначити Ізраїль, оскільки на цю невелику країну припадає 1 % усіх потужностей теплових геліосистем світу. Успішний розвиток цієї галузі в Ізраїлі зумовлений передусім чинними законодавчими нормами щодо використання геліосистем при будівництві нового житла [24].

Загарій В. говорить, що міжнародне енергетичне агентство спрогнозувало, що Китай може покрити 85 % загального виробництва електроенергії за рахунок ВДЕ до 2050 року [15].

Касич А. наголошує, що сонячна енергетика – сектор в альтернативній енергетиці, який є одним із найбільш перспективних. Геліоенергетичні програми розробляються більш ніж у 70 країнах світу [18].

Колєватова А. підкреслює, що економічний ефект пов'язаний із тим, що ціна електрики, отриманої з альтернативних джерел енергії, постійно знижується на відміну від виробництва інших енергоносіїв. Сонячна енергетика знижує витрати за рахунок більш близького розташування обладнання до споживача, що знижує витрати вартості будівництва ліній електропередач. Досягнення економічного ефекту стане можливим за рахунок економії коштів за споживання електроенергії з традиційних джерел [22].

Кучерява І. зазначає, що лідерами виробництва вітрової енергії в 2018 році були США (277,9 ТВт/год), Німеччина (111,6 ТВт/год), Велика Британія (57,1 ТВт/год). Темпи зростання – щорічне збільшення генерації на 33,9 % [26].

Монастирський Г. говорить, що на кінець 2016 р. сектор відновлюваної енергетики забезпечив більше 10 % обсягів кінцевого споживання в ЄС, близько 550 тис. робочих місць та загальний товарообіг 70 млрд євро [33].

Бортнюк Т. підкреслює, що сучасна енергетична політика розвинених країн світу базується на розумінні вичерпності традицій паливно-енергетичних ресурсів, необхідності збереження довкілля та запобігання глобальним змінам клімату. Саме тому у світі приділяється велика увага альтернативним джерелам енергії [9].

Каневська І. зазначає, що загальними проблемами у сфері енергетики є: неефективне використання енергоресурсів; постійне збільшення цін на паливно-енергетичні ресурси; відсутність стабільного енергозабезпечення; уповільнене будівництво і введення в експлуатацію «альтернативних» електростанцій [17].

Касич А. пише, що за даними Всесвітньої вітроенергетичної асоціації, енергія вітру використовується більш ніж у 70 країнах світу [18].

Андрющенко К. досліджує це питання у вітчизняному розрізі та говорить, що найбільшу частку в Україні серед ВДЕ займають вітрові та сонячні електростанції [49].

Біла С. наголошує, що розвиток відновлюваної енергетики в Україні відбувається повільно, оскільки цей процес стикається з браком інвестиційних коштів, нестачею інноваційних технологій, домінуванням монополій на енергетичному ринку країни [5].

Бодак О. дотримується такої ж думки та говорить: «Варто зауважити, що впровадження альтернативних джерел енергії в Україні відбувається

доволі повільно. Очевидно, це пов'язано з недосконалістю вітчизняного законодавства в зазначеній сфері» [6].

Кузнєцова Г. наголошує, що альтернативні джерела енергії – це найважливіші види природних ресурсів, раціональне використання яких може стати основою української інноваційної економіки [25].

Когут У. з цього питання зазначає, що для України питання розвитку альтернативної енергетики є особливо актуальними, враховуючи високий рівень споживання енергоресурсів порівняно з розвиненими країнами та достатньо високу енергетичну залежність від імпортованих джерел енергопостачання. Важливість розвитку відновлюваної енергетики в нашій країні зумовлюється ще й вкрай незадовільною екологічною ситуацією, забрудненням повітря та ґрунтових вод [20].

Щур І. говорить, що для отримання максимального прибутку від встановлення СЕС у приватному домогосподарстві доцільно встановлювати максимально допустиму потужність СЕС, особливо якщо власне електроспоживання високе [56].

Адаменко Я. наголошує, що не дивлячись на екологічну чистоту отримуваної енергії, самі фотоелементи містять отруйні речовини, а їх виробництво споживає масу інших небезпечних речовин [1].

Семенова Д. підкреслює, що загальна сировинна база рідкоземельних металів у даний час нараховує 100 млн т, з яких половину зосереджено в Китаї. Тому саме Китай є основним світовим експортером рідкоземельних металів (близько 92 %) проте, незважаючи на низьку собівартість, Китай поступово знижує постачання до інших країн [42].

Болдирев А. у своїй статті досліджує ВДЕ та пише: «Основним інженерним елементом сонячної системи є сонячні колектори, що перетворюють енергію сонячних променів в теплову та електричну. Для забезпечення теплою водою сім'ї із трьох–чотирьох осіб достатньо буде встановити два–три сонячні теплові колектори. Окупність установки – 7–

8 років з урахуванням сучасних цін на енергоносії. А термін експлуатації – 30–50 років. Реалізовані в останні роки експериментальні проекти показали, що річне виробництво теплової енергії в умовах України становить 500–600 кВт·год/м². В Україні щорічні ресурси сонячного гарячого водопостачання можуть становити 28 кВт·год/м² теплової енергії. Реалізація цього потенціалу дозволила б заощадити 3,4 млн т умовного палива на рік» [50].

Кучерява І. пише, що станом на 2020 р. в Україні введено 243 МВт СЕС у домогосподарствах [26].

Повханіч А. підкреслює, що в Україні сьогодні є близько 30 тис. населених пунктів у сільській місцевості, і якби в кожному з них побудували лише по одному вітроагрегату потужністю всього 1 кВт, то отримали би встановлену потужність 30 МВт [37].

Болдирев А. наголошує, що в середньому 1 м² площі сонячної панелі виробляє не більше 120 Вт корисної потужності. ККД сонячних панелей для електропостачання будівель становить 14 %, що менше ККД традиційних джерел енергії [50].

Автор зазначає, що для приватних будинків, які знаходяться далі, ніж 500 м від мережі, якщо споживання електроенергії становить 200–400 кВт/год в місяць, то однозначно вигідно монтувати сонячні батареї. Для автономності – однозначно необхідно обирати сонячні панелі [50].

Рощина Н. дотримується протилежної думки і говорить, що для споживачів, що мають намір встановити СЕС з невеликою потужністю для власного споживання, такий захід є досить не вигідним через низьку швидкість окупності, досить велику вартість встановлення на потребу у додаткових джерелах енергії, як то генератори для комфортного споживання електроенергії у такі місяці як листопад, грудень, січень. У випадку встановлення СЕС для повного задоволення власних потреб у електроенергії та продажу надлишкової енергії, тоді це варто уваги, адже

термін окупності скорочується в рази та буде щонайменше у два рази менший за гарантований термін експлуатації СЕС, а прибуток прямо пропорційний кількості надлишкової енергії. Поряд з цим варто зазначити, що в Україні не існує спеціальної системи оподаткування такого роду доходів, і тому цей дохід підпадає під загальну систему оподаткування доходів фізичних осіб [39].

Матвійчук Н. досліджує фактори стимулювання розвитку альтернативної енергетики у приватному секторі та говорить, що згідно зі ст. 11 Закону України «Про енергозбереження» стимулювання енергозбереження в Україні здійснюють шляхом надання пільг і субсидій. Для фізичних осіб – власників домогосподарств, передбачено субсидії, дотації, податкові, кредитні та інші пільги. Основним інструментом залишається «зелений» тариф на електроенергію [30].

Бодунов В. пише, що, відповідно до ст. 63 Закону України «Про ринок електричної енергії», постачальник універсальних послуг зобов'язаний купувати електричну енергію, вироблену генеруючими установками приватних домогосподарств, встановлена потужність яких не перевищує 50 кВт, за «зеленим» тарифом в обсязі, що перевищує місячне споживання електричної енергії такими домогосподарствами [7].

Повханіч А. відзначає, що одним із найбільш економічно доцільних є отримання за рахунок вітроустановок не електричної енергії промислової якості, а постійного або змінного струму з подальшим перетворенням його за допомогою трубчастих електронагрівників у тепло для обігріву житла і отримання гарячої води [37].

Автор говорить, що вітрогенератори сучасних конструкцій дають змогу використовувати економічно ефективно енергію навіть найслабших вітрів – від 3 м за секунду. За допомогою вітрових установок сьогодні можна не тільки вирішувати завдання електропостачання локальних або острівних

об'єктів будь-якої потужності, але й постачати електроенергію в мережу, отримуючи економічну вигоду [37].

Отже, проблема використання альтернативних джерел енергії для забезпечення потреб в електроенергії приватних домогосподарств є актуальною з огляду на кількість сучасних вітчизняних досліджень.

Для написання дипломної роботи була обрана саме вітчизняна джерельна база з досліджуваної теми. Враховуючи проблеми енергопостачання та енергозабезпечення в Україні, будь-який зарубіжний досвід впровадження альтернативних джерел енергії у приватних домогосподарствах необхідно адаптувати до сучасних реалій та використовувати комплексний підхід для розв'язання проблеми енергетичної незалежності приватних домогосподарств.

1.2. Міжнародний досвід використання екологічно чистої енергії

Попит на відновлювальну енергію у світі пов'язаний з необхідністю охорони довкілля, виконанням вимог «озеленення» енергетики та зменшення рівня викидів парникових газів в атмосферу. Які приводять до безповоротних негативних змін клімату на планеті [3].

Згідно з прогнозами фахівців Міжнародного енергетичного агентства за наявного рівня споживання енергетичних ресурсів розвіданих світових запасів вугілля, нафти, газу людству вистачить приблизно на 100 років. За уточнюючими прогнозами «British Petroleum» усіх розвіданих до 2012 р. світових запасів енергоносіїв вистачить лише до 2178 року [3].

У житловому господарстві країн Європи споживається близько 30 % теплової енергії, одержаної від спалювання газоподібного палива, що добувається в країні. За рівнем споживання енергії з цим сектором господарства може зрівнятися тільки промисловий. Тому економія ресурсів є сьогодні важливим пріоритетом [29].

У 2020 р. п'ята частина електроенергії в країнах ЄС була вироблена на ВЕС та СЕС. Найвищі показники вироблення вітрової та сонячної енергії зафіксовано в Данії (61 %), Ірландії (35 %), Німеччині (33 %) та Іспанії (29 %) [15].

У Данії планується повна відмова від викопного палива до 2050 року. Окрім численних приватних будинків, що проектуються з використанням поновлюваних джерел енергії, в Європі активно діють програми з проектування «екологічних поселень», що підтримуються державою та регіональною владою [47].

Найбільш освоєним у світі є використання сонячної енергії для теплопостачання. Теплові процеси, які використовують теплову енергію сонячного випромінювання, опрацьовані майже для всіх напрямків тепло технологій: теплопостачання (включаючи гаряче теплопостачання та опалення), холодопостачання, кондиціювання повітря, отримання прісної води, сушіння матеріалів і виробів [19].

Більша частина енергії, що споживають домашні господарства країн Західної Європи витрачається на опалення це складає 70 % від її загального об'єму [29].

У Швеції геотермальна система як засіб обігріву житлових приміщень є невід'ємною частиною новоспоруджених будинків. У Фінляндії геотермальними системами обладнані 12 тис. будинків [54].

Італія більше 6 % електроенергії генерує сонячними електростанціями, а вітрова енергія і енергія біомаси забезпечують ще 11 % потреб країни [20].

Протягом останніх п'яти років в світі відмічається щорічне зростання кількості виробленої сонячної електроенергії на 60 %, а вітрової – на 27 %. Також варто відмітити збільшення використання сонячної енергії для гарячого водопостачання серед домогосподарств (більше 70 млн) [11].

Провідними ринками вітроенергетики у 2014 р. були Китай, Німеччина, Бразилія, Індія та США. Разом вони виробляють 72 % світової потужності вітроенергетики [38].

У Данії частка вітрової електроенергії вже сягає 20 % від загальної кількості, в Голландії і північних землях Німеччини ця частка становить 12 %. Крім того, за останні десятиліття тут змінилося сім поколінь вітроенергетичних установок та зросла потужність установок [19].

У Північній Америці та Європейському Союзі для побутових потреб застосовують електроенергію, вироблену сонячними електростанціями вночі на основі енергії сонця накопиченої вдень. Такі СЕС не шкодять довкіллю та є майже безшумними, тому отримали широкий попит саме у побутовому секторі [35].

В Англії розміщена найбільша в Європі вітряна електростанція, яка може генерувати 33 МВт електроенергії, достатньої для споживачів 25 тис. будинків. Підраховано, що вітроенергетика запобігає викидам в атмосферу понад 200 тис. т продуктів спалювання, які сприяють глобальному потеплінню [19].

Незважаючи на те, що попит на електроенергію в Європейському Союзі впав на 7 % через COVID-19, виробництво електроенергії з відновлюваних джерел зросло на 11 %, в основному за рахунок нових вітрових і сонячних установок, які виробляли рекордну п'яту частину електроенергії в Європі. Так, у Данії 64 % електроенергії було вироблено від вітру і сонця. В результаті викиди вуглецю в енергетичному секторі Євросоюзу скоротилися майже на чверть за перші шість місяців 2020 р. [2].

Останнім часом набувають популярності «стартапи», що покликані здешевити використання вітрових установок. Показовим прикладом є проект двох індійських братів Аруна і Анупа Джордж під назвою «Avant Garde Innovations», який спеціалізується на розроблені вітряків для приватних домогосподарств, особливістю яких є низька ціна, що стартує від

750 у. о. за один пристрій. Підприємці-винахідники створили вітрову турбіну, здатну генерувати до 3 кВт енергії вдень, чого вистачить для живлення невеликого будинку. Мета – покінчити з «енергетичною бідністю» та створити вітряк за ціною айфона [37].

У планах концерну EnBW – побудова єдиних стандартів інформаційного обміну між усіма окремими елементами мережі і всіма пристроями, що входять до складу Smart Grids, а саме: вітро- та сонячні генератори, встановлені в межах домогосподарства; пристрої тарифікації та обліку – інтелектуальні електролічильники; побутові прилади. Наступним етапом буде створення аналогічних регіональних Smart Grid із розподіленою генерацією й об'єднання їх у єдину енергосистему Німеччини [47].

Для розвитку вітроенергетики урядами різних держав прийнято відповідні законодавчі акти для зниження податку для тих, хто використовує вітроустановки. Так у Данії 75 % вітроустановок є приватною або кооперативною власністю, власники установок звільняються від податку. У США власники вітроустановок отримують державний кредит від 0,55 до 1,5 цента за 1 кВт·год електроенергії, що продається [37].

З точки зору екологічної безпеки, поточні державні та приватні інвестиції у розвиток альтернативної енергетики з метою збільшення їх частки в енергетичній структурі США дозволяють економити на майбутніх заходах із усунення наслідків забруднення навколишнього природного середовища [46].

Таким чином, у багатьох країнах світу успішно використовують енергоустановки, які генерують електроенергію з альтернативних джерел енергії. Впроваджуються та реалізуються програми розвитку відновлюваної енергетики для задоволення потреб населення, що сприяє автономному енергозабезпеченню окремих домогосподарств.

1.3. Енергетичний потенціал України у сфері забезпечення споживачів тепло- та електроенергією

Серйозним викликом для України є необхідність виходу із складної екологічної ситуації – великі площі території країни є надзвичайно забрудненими і перебувають на межі екологічної катастрофи [2].

Відповідно до підписаних міжнародних договорів по співробітництву з Європейським Союзом в галузі альтернативної енергетики Україна зобов'язується нарощувати виробництво тепло- і електроенергії за рахунок відновлюваних джерел енергії та обмежувати викиди в атмосферу відпрацьованих продуктів горіння [39].

Планується збільшити відсоток виробленої на основі ВДЕ енергії з 4 % до 25 % до 2030 р. [43].

Україна має зобов'язання перед світовою спільнотою щодо зменшення глобальних викидів парникових газів з метою протидії глобальному потеплінню на планеті. Це потребує трансформації всього економічного укладу країни в напрямку низьковуглецевого розвитку [2].

Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» передбачає виконання таких завдань у сфері альтернативної енергетики:

- збільшити використання гідротермальної енергії та сонячної енергії під час вироблення теплоенергії;
- реалізувати проекти щодо децентралізації енергопостачання на місцевому рівні;
- дослідити можливості використання систем акумулювання для балансування енергосистеми.

Позитивним аспектом використання альтернативних джерел енергії у нашій країні є:

- задоволення зростаючого на електроенергію попиту;

- зменшення кількості енергодефіцитних регіонів;
- зменшення значущості домінуючого регіонального паливного ресурсу;
- зменшення диференціації тарифів у різних територіальних районах [41].

Для виявлення потенційних можливостей розвитку геліоенергетики перш за все необхідно мати відомості про режим сонячної радіації конкретної місцевості. Він залежить, від астрономічних факторів включаючи широту місцевості, й від географічних показників: стану атмосферного повітря у даній місцевості й характеру підстилаючої поверхні – рельєфу (особливо експозиції й крутизни схилів), ґрунтово-рослинного покриву й господарчої діяльності, наявності забудов, зміни альбедо тощо [10].

Розташування на географічній широті не сильно впливає на продуктивність батареї (наприклад, якщо у південних областях коефіцієнт продуктивності батареї дорівнює 1, то для північно-західних областей він буде рівний 0,996), тому цей аспект не суттєво впливає на роботу сонячної електростанції у приватних домогосподарствах України [39].

Миколаївська область має найвищий потенціал для розвитку сонячної енергетики у зв'язку з південним розташуванням і континентальністю клімату, що впливає на кількість прямої сонячної радіації, яка надходить до земної поверхні [53].

У Криму збудовано унікальний комплекс «Геліотерм» із системи гарячого водопостачання, опалення, кондиціонування, та охолодження повітря. У місті Судак відпрацьовується система сонячного теплопостачання із сезонним акумулюванням теплової енергії, яка дозволяє збільшити частку сонячної радіації в покритті річних витрат енергії на теплопостачання від 45 до 75 % [19].

Для автономних споживачів, особливо тих, що розташовані у південних районах, печі для приготування їжі, що працюють на дефіцитному пальному можуть бути замінені печами, в яких використовується сонячна енергія або біогаз [12].

Теплий період є найбільш сприятливим для використання енергії сонячної радіації, бо мінливість сумарної та прямої радіації по території порівняно мала: різниця між ними для північних і південних районів становить всього 3–8 %. Для середніх умов хмарності така різниця дорівнює 15–30 %, остання є наслідком впливу хмарності, кількість якої влітку в південних районах значно менша, ніж в північних. Взимку і восени показники сумарної радіації розподіляються в широтному напрямку. Прозорість атмосфери в цей час теж змінюється через відміни в атмосферній циркуляції й через статистичні показники проходження атмосферних фронтів, циклонів й антициклонів. Астрономічні фактори і територіальна мінливість альbedo відіграють істотну роль в холодний період року. В тепле півріччя домінуюча роль належить стану атмосферного повітря (насамперед хмарності) [10].

Аналіз вітрового та сонячного режимів за сезонами року свідчить, що взимку зменшується сонячна радіація і зростає середня швидкість вітру, а влітку відбувається зниження швидкості вітру і збільшення рівня сонячної радіації. Тому поєднання енергії вітру і сонця згладжує нерівномірність вироблення енергії і підвищує надійність енергопостачання споживачів протягом року [27].

На основі результатів досліджень, проведених в ІВЕ НАН України передбачається розробка нових технічних рішень в галузі фото- і геліоенергетики, які забезпечать підвищення енергоефективності, надійності та ресурсу функціонування енергетичного обладнання. Великий спектр запропонованого на ринку сонячного електро- та теплоенергетичного обладнання та широкий діапазон можливого його

застосування в Україні показує, що для масштабного впровадження і отримання значної економії паливно-енергетичних ресурсів необхідно підвищення зацікавленості споживачів теплової енергії та підтримка держави [2].

В Україні вже наявна науково-дослідна база для подальших розробок у сфері сонячної енергетики.

У результаті багаторічних досліджень в Україні створено підґрунтя для масового виробництва сонячних фото елементів, модулів і батарей на основі напівпровідникового кремнію. Потребують удосконалення і впровадження нові тонко плівкові технології виробництва сонячних модулів, які працюють протягом усього світлового дня і на виготовлення яких витрачається в десятки разів менша кількість дефіцитного кремнію [2].

Згідно з офіційною статистикою Державного агентства енергоефективності та енергозбереження України, станом на перший квартал 2021 року в Україні налічувалося 31923 сонячні електростанції у приватних домогосподарствах загальною потужністю 835 МВт. Статистика динаміки розвитку таких електростанцій за останні роки вказує на те, що їх кількість зростатиме і надалі [7].

Встановлення систем сонячного теплопостачання в приватних господарствах не потребує спеціальних дозволів, що значно спрощує і скорочує терміни його впровадження [2].

Згідно з даними досліджень, проведених фахівцями Національного університету «Львівська політехніка» та Інституту відновлюваної енергетики НАН України, середньорічний потенціал сонячної енергії в Україні перевищує середні показники таких країн, як Польща і Німеччина, що дає прекрасні перспективи для використання сонячних панелей на території України. Зокрема в південних областях країни сонячні установки працюють з віддачою в 50 % в період з березня по листопад, а в північних в період з квітня по жовтень [8].

Україна має напрацьовані технології випуску сонячних модулів, які здійснюють перетворення сонячної енергії в електричну за допомогою фотоперетворювачів на основі полікристалічного кремнію. Наша країна володіє також технологіями промислового виробництва полі кремнію. В Україні історично створені сприятливі умови для розвитку сонячної енергетики:

- високий науково-технічний потенціал по розробці та технічному супроводу спеціального технічного обладнання;
- діючі виробництва з випуску понад 10 % світових обсягів монокристалічного кремнію;
- не завантаженість виробничих об'єднань мікроелектронного виробництва [32].

Наша країна має можливість порівняти досвід різних країн в сфері альтернативної енергетики та використати найефективніші методи стимулювання розвитку відновлюваної енергетики [11].

Для досягнення енергетичної незалежності України необхідно постійно збільшувати фінансування проєктів вітчизняної відновлюваної енергетики [17].

У рамках науково-технічних і фундаментальних робіт із впровадження технологій вітроенергетики проводяться такі дослідження:

- розроблення ефективних методів перетворення, використання енергії вітру, стабілізації параметрів електроенергії, що генерується;
- формування перспективних напрямів освоєння енергії вітру;
- наукове забезпечення розроблення, проектування, будівництва й експлуатації вітроенергетичних установок і вітроелектростанцій;
- автоматизація й оптимізація режимів роботи вітроенергетичних установок і систем;
- всебічне сприяння науково-технічному, соціально-економічному розвитку вітрової енергетики [2].

На розподіл повітряних мас в Україні впливає географічне розташування країни, завдяки якому на її території панує західний перенос повітря, частими є фронтальні атмосферні процеси, що урізноманітнюють вітровий режим, в той самий час бувають тривалі періоди панування антициклонального безвітряного режиму. На місцевому рівні спостерігаються висока залежність розподілу й швидкості вітру від рельєфу, забудови (у містах) і показників шорсткості поверхні. Ці фактори впливають на вертикальний розподіл вітрового потоку, що врешті-решт є визначальним фактором для вибору конкретного технологічного типу і місця розміщення вітрової установки [10].

Швидкість вітру у регіонах України має різне значення і є основним показником для використання вітрових установок. Україна має власне виробництво вітрових установок. Проте продуктивність виробленого в країні обладнання значно нижча, ніж у західноєвропейських виробників і не є конкурентоспроможною. Існують власні потужності технологічних конструкторських розробок, але вони обмежені. Однак у середньостроковій перспективі цей сектор у співпраці з іноземними виробниками обладнання і комплектуючих може створити виробництво сучасних установок [36]

Інститутом відновлюваної енергетики НАН України складено карту вітроенергетичного потенціалу нашої країни. Найбільш привабливими для використання енергії вітру регіонами країни є узбережжя Чорного та Азовського морів, гірські райони тимчасово окупованої АР Крим, територія Карпатських гір, Одеська, Херсонська та Миколаївська області [38].

Територія зони лісостепу, що залишається після вилучення лісових ділянок і перешкод антропогенного характеру є цілком придатною для реалізації економічно ефективних інвестиційних проектів ВЕС, Найбільш привабливою для реалізації цих проектів є степова зона [2].

На розподіл повітряних мас в Україні впливають географічні чинники, рельєф місцевості та шерехатість поверхні.

Переважна більшість ВЕС має споруджуватись у приморських районах Одеської, Миколаївської, Херсонської, Запорізької і Донецької областей та в гірських районах Львівської, Закарпатської, Чернівецької, Івано-Франківської областей [10].

Придатними для розвитку вітроенергетики місцями в Україні є Карпатський, Приазовський, Донецький регіони, Харківська і Полтавська області. Найбільший потенціал зі встановлення цього обладнання має тимчасово окупована АР Крим [37].

У зимовий період на більшій частині території України спостерігаються вітри, швидкість яких перевищує 5 м/с. Сюди відносяться Лівобережжя лісостепової і степової зон, степова область Рівнинного Криму, східна частина лісостепової області Волинської височини, центральна частина степової області південних схилів Придніпровської височини і Бузько-Дніпровська область Причорноморської низовини. Така швидкість вітру зафіксована також вздовж Дністра – від його гирла до північної межі Молдавії [10].

Перехід до теплого півріччя характеризується значно більшим впливом на метеорологічний режим території України радіаційного фактору і впливом підстилаючої поверхні землі. Процеси переміщення поступово затухають при зменшенні температурних контрастів між морем і сушею. Тому влітку середня швидкість вітру по всій території України становить 3–4 м/с, за винятком високогірної місцевості [10].

У регіональному розрізі найбільш активними щодо будівництва, введення в експлуатацію «зелених» електростанцій домогосподарствами та виробництва ними електроенергії за останні 3 роки виявилися такі області як Київська, Дніпропетровська та Тернопільська, темпи розвитку приватного сектору вітроенергетики в яких у 2–4 рази перевищують середні показники по областях [55].

Потенціал вітрової енергії, який може бути використаний до 2030 р. оцінюється в 16 ГВт, причому щорічно можна виробляти від 25 до 30 ТВт·год електроенергії [36].

Мала вітроенергетика має привабливі перспективи в рекреаційних зонах, оскільки не потребує проведення каналізації, електроенергії і не порушує ландшафтність [2].

Україна, за оцінками фахівців, має значний, але досі не використаний потенціал вітрової енергії, який становить на рік близько 500 млрд кВт/год. Особливо перспективні у цьому відношенні Миколаївська, Одеська, Запорозька області та Прикарпаття [22].

Представники компаній, які працюють на українському ринку альтернативної енергетики, зазначають, що чинне законодавство є недосконалим і потребує значних змін та уточнень [53].

Ще однією можливістю, яка сьогодні не використовується повною мірою в країні, є державна підтримка поширення енергосервісних контрактів будівництва приватних сонячних та вітрових електростанцій, за якими частина прибутку від продажу згенерованої «зеленої» електроенергії надходила б, крім власника електростанції, банку, який видав кредит на її будівництво та енергосервісній компанії, яка встановлювала таку електростанцію [55].

Вигоди від застосування альтернативних джерел енергії для регіонів пов'язані також з тим, що їх можна розміщувати поряд із безпосередніми споживачами, тим самим отримуючи ефект за рахунок економії на прокладку мереж [25].

Враховуючи те, що кожен із регіонів України має різні можливості для розвитку певних видів альтернативної енергетики, доцільно розробити регіональні стратегії з питань розвитку відновлюваної енергетики як стратегічної галузі, враховуючи особливості регіонів та можливі перспективи розвитку певних видів альтернативної енергетики у кожному з

них. Регіональні стратегії розвитку відновлюваної енергетики мають бути узгоджені з енергетичною стратегією України [20].

Необхідно враховувати мінливий характер альтернативних джерел енергії та комплексно підходити до вивчення потенційних можливостей різних регіонів.

Для ефективного планування енергетики на основі відновлювальних джерел енергії необхідно проводити: систематичне дослідження довкілля, аналогічне дослідженням геологічного характеру при пошуках нафти і газу; вивчати потреби конкретного регіону для побутового, сільськогосподарського та промислового виробництва. Щоб обрати найбільш економічне джерело енергії важливо знати структуру споживачів енергії. При обробці проектів необхідно виходити з наявності відновлюваних джерел енергії у відповідній місцевості [2].

Отже, Україна має потужний потенціал для покриття енерговитрат як промислового так і приватного сектора. Для визначення енергетичного потенціалу різних видів альтернативних джерел енергії на території нашої країни, варто проводити систематичні регулярні та довготривалі дослідження. Необхідно спочатку визначити весь наявний потік енергії, а потім виділити ту її частину, яку можна буде використовувати для ефективної роботи вітрових або сонячних установок для забезпечення енергетичних потреб.

1.4. Відновлювальні джерела енергії у приватних домогосподарствах України

Соціально-економічна необхідність забезпечення України енергоносіями власного видобутку гостро ставить проблему пошуку альтернативних видів палива [36].

В Україні наявні місцевості, де енергопостачання від централізованої мережі може виявитися економічно недоцільним. Це особливо відчутно у тих випадках, коли споживачі мають відносно невелику потужність, прокладання ЛЕП потребує великих капіталовкладень [2].

За допомогою енергії сонця можна частково забезпечити електроенергією мешканців приватного сектору України. Попит на фотоелектричні елементи зростає з кожним роком у зв'язку з розвитком технологій та зниженням вартості обладнання [2].

Використання сонячних фотопанелей у приватних домогосподарствах України є ефективним майже для всієї території країни.

На сьогодні вже понад 24 тис. домогосподарств в Україні використовують сонячні електростанції. Загалом понад 24 тис. СЕС у домогосподарствах дозволяють генерувати більше 700 млн кВт/год екологічно чистої електроенергії у рік. А такого обсягу енергії вистачить для 230 тис. українських родин [23].

За даними Solar Academy в Україні сегмент домашніх сонячних електростанцій в останні роки активно зростає. Станом на 01.01.2020 р. в Україні майже 22 тис. домогосподарств встановили сонячні електростанції, загальною потужністю 553 МВт. Лідерами впровадження сонячних електростанцій є: Дніпропетровська, Київська, Тернопільська, Закарпатська, Івано-Франківська [2].

Згідно з даними, наданими Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України, в третьому кварталі 2017 року ще 688 українських домогосподарств перейшли на отримання електроенергії за рахунок сонячної енергії, що на 42 % більше порівняно з другим кварталом. Таким чином, загальна встановлена потужність сонячних електростанцій індивідуальних домогосподарств зросла на 49 %. Це гарна тенденція для України, адже сприяє її енергонезалежності, хоча сам процес не відрізняється високою швидкістю протікання, а стрімке

зростання попиту на СЕС серед населення обумовлено вигідним «зеленим» тарифом [39].

В Україні мають місце непоодинокі впровадження «зелених» енергоощадних систем у приватному секторі. Прикладом слугують встановлення геліосистем на власних будинках [4].

В умовах нашого клімату сонячні системи працюють круглий рік, правда тільки зі змінною ефективністю [50].

Енергія сонця може ефективно використовуватися в умовах середньостатистичного українського приватного будинку [50].

Сьогодні в Україні існує значний потенціал у використанні саме сонячної енергії, оскільки вона є легко доступною як для підприємств, так і для приватних домогосподарств, а існуюче державне стимулювання дає можливість навіть отримувати дохід повертаючи надлишки виготовленої електроенергії в мережу [11].

Стрімкий розвиток СЕС в Україні обумовлений відносною простотою реалізації проектів та істотним падінням цін на обладнання (вартість 1 кВт потужності становить близько 900–1000 у. о.) та короткими строками реалізації проектів (шість місяців разом із проектуванням) [2].

Лідерами за кількістю встановлених домогосподарствами СЕС є Дніпропетровська область – 4184, Київська область – 2350, Тернопільська область – 2512 [15].

Домогосподарства, які встановили СЕС є енергоефективними, оскільки надлишок виробленої «чистої» енергії продають по «зеленому тарифу», який з 2020 р. становить 16,26 євроцентів/кВт·год [2].

Статистичні спостереження підтверджують, що домогосподарства активно встановлюють власні сонячні електростанції та можуть продавати надлишкову енергію [17].

Тобто власники СЕС потужністю до 30 кВт скидають надлишок генерованої електроенергії в електромережу, а держава купує його за

високими цінами. Отже, власник домогосподарства економить на покупці передусім, сонячних фотоелектричних панелей та інвертора для власної станції, що робить цю систему економічно вигідною [56].

Оформлення «зеленого» тарифу для домашніх господарств має два обмеження: сонячні батареї мають бути розміщені на даху або інших частинах будівель (не на землі), а загальна потужність не повинна перевищувати 30 кВт [21].

Цей спосіб використання сонячної енергії швидко окупається завдяки високій ставці «зеленого тарифу» в Україні. Власник домогосподарства оплачує тільки різницю між спожитою електроенергією і експортованою в мережу. Різниця контролюється спеціальним двонаправленим лічильником. Якщо було передано більше електроенергії, ніж спожили, то держава оплачує різницю за актуальним «зеленим тарифом» [12].

Варто відмітити поступове зниження «зеленого» тарифу протягом всього терміну його введення. На період з січня 2020 року до грудня 2024 року він становить 460,43 коп/кВт·год (без урахування ПДВ) [11].

Сьогодні будувати і використовувати потужності на основі ВДЕ мають право лише власники приватних домогосподарств (20 % населення України), але не жителі багатоповерхівок [55].

Розміщення сонячних панелей на дахах багатоповерхових будинків є раціональною ідеєю, яка активно впроваджується в західноєвропейських країнах, проте в Україні вона не має поширення [53].

Для стимулювання використання сонячної енергії в Україні варто звернутися до успішного досвіду Польщі з частковою компенсацією вартості встановлення сонячних панелей домогосподарствам [11].

У 2017 році до вироблення електроенергії приватним сектором на сонячних електростанціях додалося виробництво «зеленої» електроенергії 4 вітроустановки встановленою потужністю 0,032 МВт, згенерували 1149 кВт/год. Зазначені вітроустановки були розміщені на території Волинської,

Донецької та Київської областей. Незважаючи на те, що встановлена потужність вітроустановок у домогосподарствах Київської області у 2017 році була найменшою порівняно з вітроелектростанціями в інших двох регіонах, ними було вироблено 91,5 % електроенергії з цього виду ВДЕ серед приватних домогосподарств України [55].

В Україні сьогодні набирає обертів використання вітряків малої потужності, які встановлюються домогосподарствами для власних потреб. Невеликі вітроенергетичні установки (від 200 Вт до 20 кВт) привабливі тим, що їх можна досить швидко встановити та вони оптимально підходять там, де немає інших джерел енергії. Або коли підключення до наявних мереж занадто дороге. І що важливо – вітроустановки потужністю до 20 кВт не вимагають дозвільних документів та ліцензій на застосування [37].

Електроенергія, що потрібна для живлення середнього будинку, становить 35 кВт на добу, вітряна установка подібної потужності коштує від 30 тис. гривень залежно від виробника та комплектації. Питомі капітальні витрати для станцій малої потужності коливаються в межах від 800 до 1000 у. о. за 1 кВт встановленої потужності і зменшуються зі збільшенням потужності установки [37].

Необхідно усвідомлювати, що вітер – непередбачуване та непостійне джерело енергії. Отже, власник вітроустановки отримує можливість використовувати її в наступних випадках:

- як автономне джерело енергії за умов відсутності централізованого електропостачання;
- як резервне джерело енергії для економії споживання енергії від централізованої мережі і забезпечення електропостачанням в разі її зникнення;
- як установка, яка працює на мережу, і ви будете отримувати кошти від продажу електроенергії за «зеленим тарифом» [2].

Розглянемо алгоритм покрокових дій потенційного споживача при виборі та використанні вітроустановок малої потужності. На першому етапі споживач окреслює для себе мету встановлення вітрового агрегату та його потенційні можливості. Далі варто провести вибір вітроустановки [2].

На третьому етапі споживач визначає наявність на ділянці необхідної для ефективної роботи швидкості вітру, яка є першочерговим показником для вироблення необхідної кількості електроенергії. Цей показник не повинен перевищувати 9 м/с.

Далі необхідно розрахувати потужність ВЕС, яку треба встановити, щоб покрити потреби домогосподарства у електроенергії.

На завершальному етапі прийняття рішення щодо впровадження вітрової електроустановки потрібно звернути увагу на негативний вплив, який спричинює робота обраного типу установки. Зазвичай кожен тип установки супроводжується протоколом, в якому міститься інформація стосовно відповідності установки вимогам охорони праці, стандарти допустимих рівнів вібрації, шуму, інфразвукових впливів і т. ін. Також варто розрахувати скільки коштує ВЕУ і термін окупності установки зважаючи на витрати на установку, монтажні та транспортні витрати та кількість виробленої та спожитої електроенергії.

Таким чином, в Україні спостерігається тенденція до нарощування кількості альтернативних енергогенеруючих установок серед власників приватних домогосподарств. Стимулювання збільшення кількості ВЕУ та СЕС, які використовують для задоволення побутових потреб у домогосподарствах відбувається за рахунок «зеленого» тарифу та продиктовано сприятливими умовами повітряного та сонячного режимів на території України, а також можливістю автономного забезпечення електроенергією власних домогосподарств незалежно від централізованої мережі енергопостачання.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика об'єкта дослідження

Альтернативні джерела енергії – це відновлювані джерела енергії, до яких належать сонячна енергія, вітрова, геотермальна, гідротермальна, аеротермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів та вторинні енергетичні ресурси (доменний і коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів) [13].

Відновлювані джерела енергії це джерела на основі постійно існуючих або періодично виникаючих процесів в природі, а також життєвому циклі рослинного і тваринного світу та життєдіяльності людського суспільства. Приклад відновлюваних джерел енергії на основі природних процесів: сонячне випромінювання, енергія вітру, гідроенергія, геотермальна енергія та ін. Відновлювані джерела на основі рослинного і тваринного світу та життєдіяльності людської цивілізації: ліси і чагарники, відходи рослинництва і тваринництва, відходи деревообробки та інших переробних галузей промисловості, рідкі промислові та побутові стоки, а також тверді побутові відходи. Згідно з класичним уявленням про відновлювану енергетику первинних поновлюваних джерел енергії всього три: енергія сонця, тепла енергія Землі та енергія орбітального руху планет сонячної системи [36].

Альтернативні джерела енергії допомагають вирішити проблему сталого розвитку людства за рахунок використання відновлюваних ресурсів і зниження рівня забруднення атмосферного повітря, води та ґрунту, однак, також можуть чинити вплив на довкілля [1].

Геліоенергетика – незалежне використання сонячного випромінювання, для отримання енергії. Це є екологічно чистий та

найпоширеніший вид енергії. На сьогодні, використання сонячних батарей є економічно виправданим для забезпечення автономних споживачів електроенергії [51].

Альтернативні джерела енергії характеризуються як позитивними, так і негативними якостями. До переваг можна віднести територіальну розповсюдженість більшості їх видів, екологічна чистота. Експлуатаційні витрати по використанню ВДЕ не вміщують паливної складової, оскільки енергія цих джерел так би мовити безкоштовна. До негативних якостей відносяться: мала густина потоку (питома потужність) та мінливість у часі більшості поновлюваних джерел енергії. Перша обставина змушує створювати великі площі енергоустановок, що «перехоплюють» потік енергії, які використовуються (площі вітроколеса, приймаючі поверхні сонячних установок, протяжні греблі приливних електростанцій та ін.). Це призводить до великої матеріалоемності схожих пристроїв, а, значить, і до збільшення питомих капіталовкладень у порівнянні з традиційними енергоустановками. Але ці капіталовкладення згодом окупаються за рахунок низьких експлуатаційних витрат [12].

Також необхідно зазначити, що сучасними дослідниками підраховано та визначено, що витрати, пов'язані із переходом на альтернативні види енергії менші за витрати на покриття збитків, яких зазнає навколишнє природне середовище внаслідок видобування та перетворення вичерпних (традиційних) енергоресурсів.

Для перетворення та подальшого використання альтернативних видів енергії використовують спеціальні енергогенеруючі установки. Залежно від споживаного енергоресурсу використовуються різні конструкції та типи установок, які відрізняються технічними характеристиками та способом перетворення відновлюваної природної енергії у тепло або електроенергію, яка споживається у промисловому секторі та приватних домогосподарствах.

Відновлювана енергетика – це екологічне чисте невичерпне джерело енергії, яке не змінює функціональну структуру землі та дозволяє зменшити навантаження на ресурсну базу і знизити загальну ресурсозатратність, а також сприяє подоланню бідності [17].

Сонячною енергетикою називають галузь енергетики, яка пов'язана з розробкою методів і засобів перетворення енергії сонця в теплову або електричну енергію.

Альтернативна енергетика виступає важливим фактором в покращенні глобальної екологічної ситуації та боротьбі зі змінами клімату на планеті. Саме тому розвиток даної галузі в Україні повинен здійснюватися з урахуванням зарубіжного досвіду, а напрями та методи стратегічного планування повинні сприяти міжнародним зусиллям з покращення ситуації в навколишньому природному середовищі. Це відображає не лише загальнодержавне, а й міжнародне значення використання потенціалу альтернативної енергетики в Україні [11].

Отже, характерними ознаками альтернативних джерел енергії є доступність та мінливість, які визначаються процесами природного походження. Використання альтернативних джерел енергії зменшує негативні наслідки від антропогенного та техногенного впливу на навколишнє природне середовище та допомагає вирішувати сучасні проблеми енергозабезпечення.

2.2. Методика дослідження альтернативних джерел енергії для приватних домогосподарств

Для проведення дослідження автори використовують різноманітні методи дослідження. Серед загальнонаукових методів дослідження виділяють такі: аналіз, синтез, дедукція, індукція, гіпотетичний метод, метод моделювання, системний метод, узагальнення, абстрагування тощо. Докладніше опишемо кожен метод.

Під час використання аналітичного методу дослідник розділяє певне явище або процес на складові частини. При використанні синтезу як метода дослідження відбувається протилежне – елементи об'єкта дослідження поєднуються в єдине ціле. Метод дедукції застосовується під час формулювання логічних висновків від загального до конкретного. Умовивід від конкретних фактів до загального характерний для загально наукового методу індукції. Системний метод дослідження базується на побудові взаємозв'язків окремих складових об'єкта. Гіпотетичний метод є науковим припущенням, яке висуває дослідник, маючи на меті пояснення певних явищ або процесів. Метод узагальнення базується на аналізі окремих об'єктів дослідження та виділенні їх спільних ознак.

Під час проведення дослідження, з урахуванням поставлених завдань, були застосовані загально-наукові та специфічні методи дослідження.

У дослідницькій роботі автором було використано аналітичний метод для характеристики джерельної бази дослідження. Було застосовано історичний метод під час дослідження розвитку альтернативної енергетики та характеристики тенденції використання альтернативних джерел енергії на світовому ринку енергетики та в Україні.

Метод аналізу було використано під час дослідження характерних особливостей для розвитку відновлюваної енергетики в різних регіонах України та світового досвіду впровадження альтернативних енергетичних установок для задоволення споживчих потреб населення. Метод синтезу застосовано для визначення переваг та недоліків впровадження вітрових та сонячних енергогенеруючих установок у приватних домогосподарствах.

Описовий метод використано для характеристики відновлюваних джерел енергії, сонячних та вітрових установок.

На основі математичного методу, наукового методу індукції та методу узагальнення автором представлено висновки щодо можливості

використання альтернативних джерел енергії для забезпечення електроенергією приватних домогосподарств.

Математичний метод дослідження застосовується під час проведення розрахунків на основі вихідних даних для конкретної господарської ділянки. В основу дослідження показників ефективності роботи сонячних та вітрових установок також покладено математичний метод.

Наприклад, для розрахунку кількості сонячної енергії, що надходить на похилу променепоглинаючу поверхню, необхідно знати кути падіння сонячних променів на похилу і горизонтальну поверхні в даному місці. Якщо дані по сонячній радіації відсутні, але є інформація про тривалість сонячного сьйва, то можна оцінити денну суму радіації, скориставшись для цього запропонованим Говером та Мак-Кулохом виразом:

$$Q = Q_{SC} \cdot (0.29 - \cos\varphi + 0.52 \cdot n/N), \quad (2.1)$$

де Q – денна сума радіації в горизонтальній площині;

Q_{SC} – сонячна стала протягом дня;

φ – географічна широта;

N та n – можлива та дійсна кількість годин сонячного сьйва за день.

Зазвичай Q_{SC} дорівнює $9830 \text{ (Вт}\cdot\text{год)}/(\text{м}^2\cdot\text{день})$ [12].

Сонячно енергетичний потенціал визначається за показником сумарної сонячної радіації, що дорівнює:

$$S = D + I \sin \gamma, \quad (2.2)$$

де S – сумарна сонячна радіація;

D – розсіяна радіація;

I – пряма радіація;

γ – висота Сонця над обрієм [10].

Розрахувати потужність вітрової електроустановки з горизонтальною віссю обертання радіусом ротора $R=7$ м при швидкості вітру $V_0=6,4$ м/с, коефіцієнту потужності $C_p=0,35$, ККД механічного ротора – $\eta_{\text{мех}}=0,75$; ККД генератора – $\eta_{\text{ген}}=0,86$ та щільність повітря – $\rho_{\text{пов}}=1,225$ кг/м³ (стандартне значення для осінньо-весняного періоду).

Потужність ВЕУ дорівнює:

$$N=1/2 \cdot C_p \cdot \rho_{\text{пов}} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot V_0^3 \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{ген}} \quad (2.3)$$

$$N=0,5 \cdot 0,35 \cdot 1,225 \cdot 3,14 \cdot 7^2 \cdot 6,4^3 \cdot 0,75 \cdot 0,86=5576,98 \text{ Вт}=5,6 \text{ кВт [34].}$$

Розрахунок ККД фотоелектричної панелі для установки, яка включає такі елементи: сонячна ФП, імітатор сонячного випромінювання магазин опорів, блок керування, амперметр, вольтметр. Імітатор сонячного випромінювання реалізовано на лампах розжарювання. Регулювання потужності здійснюється тиристорним регулятором і переміщенням імітатора відносно панелі. Випромінювання вимірюється датчиком густини потоку випромінювання. Вихідні данні:

- густина потоку випромінювання I_T , $I_T=250$ Вт/м²;
- напруга фотоелектричної панелі $U_{\text{ФП}}$, $U_{\text{ФП}}=9$ В;
- сила електричного струму на навантаженні, яке підключене до фотоелектричної панелі $I_{\text{ФП}}$, $I_{\text{ФП}}=0,4$ А.

Коефіцієнт корисної дії ФП, %:

$$\eta = P_{\text{ФП}} : (I_T \cdot S_{\text{ФП}}) \cdot 100 \%, \quad (2.4)$$

де I_T – густина потоку випромінювання, Вт/м²;

$S_{\text{ФП}}$ – площа ФП, $S_{\text{ФП}} = A \cdot B$, м²;

A , B – довжина (1 м) та ширина панелі (0,4 м), $S_{\text{ФП}} = 0,4$ м²;

$P_{\text{фп}}$ – потужність ФП, Вт:

$$P_{\text{фп}} = U_{\text{ФП}} \cdot I_{\text{ФП}}, \quad (2.5)$$

де $U_{\text{ФП}}$ – напруга ФП, В;

$I_{\text{ФП}}$ – сила електричного струму, А;

$$P_{\text{фп}} = 9 \cdot 0,4 = 3,6 \text{ Вт}$$

ККД ФП дорівнює:

$$\eta = 3,6 : (250 \cdot 0,4) \cdot 100\% = 3,6\% \quad (2.6)$$

[34].

Генератор, який використовує енергію для виробництва електроенергії, має ККД. Для сонячних батарей він знаходиться у проміжку 0,2–0,3. Якщо взяти мінімальне значення 0,2, то середня величина потужності електроенергії, яку можна отримати з 1 м², дорівнює 30 Вт, рік містить 8760 годин, тому з 1 м² можна отримати 263 кВт·год. А, наприклад, щоб забезпечити річне споживання в 6000 кВт·год, потрібно зібрати енергію з площі у 23 м².

1 кВт встановленої потужності сонячних батарей дає протягом року 1000 кВт·год. У році 8760 годин. Тобто ефективна потужність 1 кВт встановленої потужності генерації дорівнює 114 Вт. Для встановлення 1 кВт потрібно 6,5 м² площі. Розмір секції – 1·1,6 м. Вона дає потужність 270 Вт [23].

Зазвичай панелі, з яких складається масив сонячної електростанції, стандартизовані за габаритами та номіналом. При потужності 260–290 Вт їх площа коливається у межах 1,5–1,7 м².

Для станції потужністю 8 кВт необхідна кількість панелей складає:

$$8000 \text{ Вт} / 275 \text{ Вт} = 30 \text{ ФП}$$

Потужність сонячної електростанції дорівнює:

$$275 \cdot 30 = 8250 \text{ Вт} = 8,25 \text{ кВт}$$

Також, для розрахунку кількості фотопанелей використовують площу даху, або його частини, де необхідно їх розмістити, щоб кут падіння сонячних променів був максимально близьким до оптимального значення. Для цього площу даху будинку ділять на площу сонячної панелі (середнє значення – 1,5-1,7 м²):

$$S_{\text{дах}} / S_{\text{фп}} = N \text{ (фп)}, \quad (2.7)$$

де $S_{\text{дах}}$ – площа покрівлі будинку;

$S_{\text{фп}}$ – площа поглинаючої поверхні фото панелі;

N (фп) – кількість фото панелей.

Потужність, яка розвивається вітровою установкою, визначається виразом:

$$N = C_p \cdot \rho \cdot V^3 \cdot F, \quad (2.8)$$

де $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$ – густина повітря при нормальних атмосферних умовах;

V – швидкість вітру у м/с;

F – площа, через яку цей вітровий потік проходить (площа обмаху) у м²;

C_p – коефіцієнт використання енергії вітру чи коефіцієнт потужності.

Величина коефіцієнта потужності визначає ту частину енергії, яку можливо відібрати у вітрового потоку даним вітроприймальним пристроєм. Для ВУ першого типу коефіцієнт використання енергії зазвичай не

перевищує 0,1. Для установок другого типу $C_p = 0,3 \dots 0,5$. З виразу видно, що потужність, яку розвиває вітровий потік, пропорційна швидкості вітру в кубі, тобто збільшення швидкості вітру в два рази призводить до збільшення потужності у вісім разів. Цю потужність необхідно обмежувати. Що можливо або за рахунок зменшення коефіцієнта потужності C_p , або шляхом зменшення площі обмаху F . Це здійснюється поворотом лопатей (зміна кута атаки лопатей) або відведенням всього вітроколеса з під вітру. Таким чином, вітроустановка має бути обладнана системою захисту або системою регулювання потужності [2].

Враховуючи, що ВЕУ мають коефіцієнт значно нижчий, що призводить до вищої в декілька разів металоємності, а також те, що вони дуже погано піддаються регулюванню, то вони на сьогоднішній день практично не використовуються. При незаперечних переваги роторів Дар'є (силова трансмісія і електрогенератор розташовуються на землі, відсутність механізму орієнтації на вітер), їм властивий суттєвий недолік – за один оберт ротора аеродинамічна підйомна сила змінює величину і напрямок відносно лопаті, що призводить до складних знакозмінних динамічних навантажень як на лопаті, так і на підшипники, що веде до руйнування ВУ від «втоми». Даний фактор обмежує їх широкомасштабне використання. Підсумовуючи відзначимо, що найбільш широке поширення на сьогоднішній день здобули горизонтально-осьові ВУ [2].

Для розрахунку кількості електроенергії, яку виробляє вітроелектрична установка використовують наступну формулу:

$$Q_g = (0,25:0,3) \cdot 8760 \cdot N_{уст}, \quad (2.9)$$

де Q_g – річний виробіток електроенергії в кВт·год;

8760 – кількість годин в році;

0,25:0,3 – коефіцієнт використання встановленої потужності (показує скільки днів у році ВЕУ працює з встановленою потужністю);

$N_{уст}$ – встановлена потужність ВЕУ в кВт [2].

Отже, методологічну базу дослідження складають загальнонаукові методи дослідження. Для визначення доцільності використання енергогенеруючої установки в приватному домогосподарстві актуально використовувати метод математичних розрахунків.

РОЗДІЛ 3. ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧІ УСТАНОВКИ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

3.1. Принцип роботи сонячної та вітрової електростанцій

Існує два основних способи перетворення сонячної енергії: фототермічний і фотоелектричний. При фототермічному способі теплоносії (найчастіше вода) нагрівається в колекторі (системі світлопоглинаючих труб) до високої температури і використовується для опалення приміщення. Частина енергії акумулюється. Використання сонячних колекторів дозволяє забезпечувати гарячою водою багато будинків в південних районах. Фотоелектричний спосіб полягає у прямому перетворенні сонячного випромінювання в електричний струм за допомогою напівпровідникових фотоелементів – сонячних панелей [12].

Для нагрівання води і приміщень використовують сонячні колектори. Принцип їх роботи полягає у циркуляції води через теплообмінник, де вона нагрівається сонячним випромінюванням і подається в систему гарячого водопостачання або опалення [34].

У системах сонячних колекторів встановлюють проміжний накопичувальний бак, в якому запасється гаряча вода на вечірній і ранковий час. А в похмурі дні для виробництва гарячої води можна використовувати електричний ТЕН або теплообмінник від котла [2].

У плоских сонячних колекторів спостерігається низький ККД у зимовий період, тому їх краще використовувати для сезонного гарячого водопостачання [34].

Нагрівання води за допомогою колектору може забезпечити 60–70 % річної потреби гарячої води. Для сім'ї з чотирьох осіб необхідна площа колекторів 4–6 м². У зимовий період необхідно збільшити кількість колекторів в 6–8 разів [2].

Особливо ефективно система сонячного опалення працює у поєднанні із засобами посилення теплозахисту будівель і зменшення енерговитрат.

Важливим параметром є орієнтація вікон, бажано – на південь, внутрішнє оформлення будівлі та покриття віконного скла тепло відштовхувальним покриттям. Ці заходи дозволяють забезпечити економію витрат на опалення на 20 % [19].

Мережева сонячна електростанція призначена для часткового електропостачання споживачів або вироблення енергії за «зеленим» тарифом. Основними елементами системи є фото панелі і інвертор. Фотопанелі підключаються до інвертора, який перетворює постійний струм з фотопанелей у змінний струм для генерації електроенергії в мережу. Підключення інвертора до загальної мережі виконується через розподільний щит споживача. Для роботи такої станції не потрібні ні дорогі акумулятори, ні складні пристрої керування [12].

Гібридні сонячні електростанції поєднують плюси автономних та мережевих сонячних установок. Їх можна назвати автономними сонячними електростанціями з резервним живленням від мережі. При використанні гібридної СЕС генерують енергію так само, як і мережеві, але зберігають енергію в акумуляторах для подальшого використання ввечері або вночі [34].

Автономна сонячна станція для споживачів постійного струму застосовується для електропостачання систем освітлення або спеціальної побутової техніки, працює на постійному струмі для пересувних будинків. Потужність таких систем не перевищує 1 кВт. Навантаження підключають до акумуляторних батарей через контролер розряду. Фотомодулі перетворюють сонячну енергію в електричну, акумулятор накопичує енергію, контролер захищає акумулятор від позаштатних режимів роботи [12].

Існують також автономні станції для споживачів змінного струму. Це пов'язано з непостійністю сонячного випромінювання. Тому вироблення

фотопанелей не завжди відповідає споживанню енергії. Для накопичення надлишкової енергії використовують акумуляторні батареї [12].

Основний шкідливий вплив геліоустановок непрямий і пов'язаний з технологічними процесами виробництва нових сполук, в тому числі на основі рідкоземельних елементів, які містяться в земних породах в дуже малих концентраціях. Але це, в свою чергу означає, що внаслідок видобування цих елементів будуть виведені з господарського користування площі землі на облаштування кар'єрів та розташування відвалів порожніх порід [27].

Один з недоліків сонячної енергетики – наявність свинцю, кадмію, миш'яку в фото елементах та забруднення навколишнього природного середовища в процесі виготовлення фото елементів [11].

У народному господарстві сонячну енергію, як правило, переводять в електричну енергію (прямо або опосередковано). Для цього існують наступні види сонячних електростанцій:

1. Фотоелектричні електростанції.
2. Геліотермальні електростанції.
3. Термоповітряні електростанції.
4. Сонячні аеростатні електростанції [31].

Основними елементами автономної сонячної системи є: сонячні панелі, контролер заряду, акумуляторні батареї та автономний інвертор. Така станція надійна, безпечна, безшумна. За умови правильного проектування та раціональної експлуатації система може гарантувати альтернативне забезпечення енергією до 48 годин. Технічні можливості таких станцій можуть забезпечити електроенергією основні побутові прилади – телевізор, освітлення та насоси (водяні, циркуляційні). При проектуванні будинку із постійним проживанням або в заміському будинку чи на дачі, де не проживають регулярно, в першу чергу необхідно визначити рівень споживаної потужності домогосподарства. При цьому враховується

потужність всіх електроприладів, що працюють в будинку протягом доби. Надалі обраховується сумарна кількість годин роботи даних приладів, та за допомогою спеціалістів проводиться вибір автономної сонячної електростанції [2].

Сьогодні в світі фотопанелі виготовляють із різноманітних напівпровідникових матеріалів. Найбільш поширеними є монокристалічний кремній, полікристалічний кремній, телурид кадмію, арсенід галію, сульфат кадмію та деякі інші. Монокристалічні панелі – найефективніші, але найбільш складні та дорогі, оскільки для їх виготовлення потрібен кристалічний кремній зі спеціально вирощених стрижнів, завдяки чому вони мають характерні фаски по кутках пластин. Полікристалічні – дешевші і менш ефективні. У тонко плівкових панелях використовують тонкі плівки, які виготовляють з розплавленого кремнію, сульфату кадмію. Вони найменш ефективні, але мають перевагу у гнучкості фотоелементів [13].

Перевагами кремнієвої технології є достатня наявність кремнію у природі, його хімічна стабільність і відсутність будь-якого токсичного впливу на людей і навколишнє середовище, сумісність технології кремнієвих сонячних елементів і базових процесів мікроелектроніки [12].

Існує велика ймовірність того, що відпрацьовані панелі будуть прийматися виробниками після закінчення строку їх експлуатації для їх переробки і повторного використання дорогоцінних металів для виготовлення нових сонячних панелей [18].

Можна виділити загальні переваги та недоліки сонячних установок:

- можливість повсюдного впровадження;
- невичерпність джерела енергії;
- екологічність;
- безшумність;
- тривалий термін експлуатації;
- дотації від держави;

- можливість масштабування системи;
- мала ймовірність виходу з ладу;
- автономність [12].

Серед недоліків можна виділити:

- необхідність великих одномоментних вкладень;
- значна вартість;
- низький ККД;
- необхідність ділянки для розміщення;
- тривалий термін повернення капіталовкладень;
- необхідність правильного обслуговування;
- складність утилізації;
- можливість пошкодження або крадіжки;
- зниження ефективності в похмуру погоду [12].

Кожен 1 МВт потужності сонячної електростанції потребує відведення щонайменше 1,5 га землі [2].

Особливість мережевих фотоелектричних установок приватних домогосподарств полягає у тому, що інвестиції пропорційні, а іноді менші за вартість додаткової реконструкції, наприклад, для збільшення пропускної здатності електричної мережі, тому, як правило, їх підключення до мереж низької напруги здійснюється без будь-яких додаткових змін перетинів ліній електропередачі [7].

Вітрогенератори використовуються як засоби альтернативної енергетики. Їх застосування можна рекомендувати в районах, що не мають традиційного енергопостачання, а також в місцях, де спостерігаються часті перебої з подачею електроенергії [44].

Принцип дії всіх вітроустановок один: під напором вітру обертається вітроколесо з лопатями, яке передає крутний момент через систему передач валу генератора, що виробляє електроенергію. Існує два види таких конструкцій – з вертикальною і горизонтальною віссю обертання [43].

У загальному випадку усе різноманіття установок можна поділити на дві великі групи: 1) вітроустановки, які використовують силу лобового тиску (барабанні, багато лопатеві горизонтально-осьові, карусельні, роторні Савоніуса, вітрильні тощо); 2) вітроустановки, що використовують аеродинамічну підйомну силу (ротори Дар'є, швидкохідні горизонтально-осьові) [2].

Вітрові установки малої потужності мають високу мобільність, ліквідність і легко монтажність. ВЕУ малої потужності може стати повноцінним джерелом енергопостачання для середньостатистичної української сім'ї при виконанні таких вимог:

- ВЕУ має відповідати вимогам системи стандартів з охорони праці у плані допустимих рівнів шуму, ультразвуку та інфразвуку, наявності блискавкозахисту;
- повинна мати достатній запас електроенергії, накопичений у системі акумуляції на випадок вітрового затишшя;
- агрегатуватись з іншими джерелами енергії (наприклад, фотоелектричними панелями) [2].

Таким чином, установка дозволяє гарантовано одержувати електроенергію змінного струму зі стабільними параметрами однофазної мережі для живлення комп'ютерів, освітлювальних приладів, холодильників, насосів, систем автоматички, інкубаторів тощо [2].

Відповідно до рівня встановленої потужності ВЕУ умовно можна розділити на чотири групи:

- ВЕУ з потужністю до 1 кВт;
- ВЕУ з потужністю до 10 кВт;
- ВЕУ з потужністю до 30 кВт;
- ВЕУ з потужністю до 100 кВт і вище [44].

Вітроустановки першої групи володіють невеликими розмірами і вагою. Їх можна рекомендувати для використання в геологорозвідувальних

групах, для туристів в походах і подорожах, для живлення радіостанцій і зарядження акумуляторів автомобіля або яхти, а також для безпосереднього живлення електроприладів. Ці ВЕУ відрізняє відносно невисока ціна [44].

Вітроустановки другої групи вважаються стаціонарними. Вони здатні задовольнити потреби в електроенергії будинку та виробничого об'єкта.

ВЕУ потужністю до 10 кВт використовують у приватних домогосподарствах. Ці установки складаються з ротора та генератора (виробляє напругу у 12 В, 24 В та 48 В), є досить громіздкими та потребують заливки фундаменту для розташування на території господарства. Такі вітрові агрегати представлені і на українському ринку. Кошують вони дешевше за імпорнтні.

Третя група вітрових установок (до 30 кВт) відрізняється вагою – до 500 кг, підвищеною ціною і значними розмірами. ВЕУ потужністю до 100 кВт і вище застосовують у промислових масштабах. Вартість стартує від 150 тис. євро [44].

Зупинимось більш детально на установці ВЕУ-0,8, яка в даний час серійно виготовляється в Україні на харківському ПП «Світ вітру» [2].

Потужність вітроелектричної системи визначена з умов середньостатистичного енергоспоживання однією родиною 100–300 кВт·год/місяць. Ця система може забезпечити:

- живлення споживачів сумарною потужністю 1,5 кВт із параметрами мережі (220 В; 50 Гц);
- короткочасне перевантаження до 3 кВт протягом 3–5 с. при приєднанні індукційних навантажень (потужні холодильники, електродвигуни тощо);
- виконувати функції стабілізатора напруги, тому що при будь-яких режимах роботи блоку вихідні параметри БУП залишаються незмінними (220 В; 50 Гц);

- накопичення енергії в АБ з наступним її перетворенням за допомогою БУП в параметри мережі протягом часу, обумовленому ємністю АБ [2].

Для електропостачання невеликих розосереджених споживачів потрібні автономні вітрові установки відносно малої потужності. Мінливість енергії вітру вимагає мати в складі вітрової установки накопичувач енергії у вигляді акумуляторної батареї. Потужність таких установок використовується для освітлення приміщень, засобів зв'язку і, як правило не перевищує 5 кВт. Якщо енергія використовується для опалення, то їх потужність може досягати 20 кВт і більше. Вартість установки залежить від системи управління електричним генератором [34].

Переваги використання вітрових енергоустановок:

- відсутність викидів двоокису вуглецю;
- доступність джерела енергії;
- швидкий монтаж [36].

Автономна вітроустановка – найбільш оптимальне рішення для віддалених від мережі об'єктів. Вона знаходить широке застосування для енергозабезпечення приватних будинків [12].

Установки малої потужності – 15–10 кВт, з діаметром колеса 3–10 м, які мають дві або три лопаті призначені для зарядження акумуляторів, забезпечення роботи насосів, побутових приладів [38].

Термін окупності вітроенергетичної установки, залежно від місцевості, забезпеченості комунікаціями та потужності становить від 3 до 8 років. Питомі капітальні витрати для станцій малої потужності становлять 800–1000 у.о. за 1 кВт встановленої потужності і зменшуються зі збільшенням потужності установки [38].

Для встановлення автономної вітрової установки рекомендовано встановити акумуляторні батареї, у яких накопичується електрична енергія,

яку виробляє агрегат за сприятливих погодних умов. Автономну ВЕС можна поєднати з фотоелектричним модулем [38].

Результати дослідження свідчать, що Bloomberg NEF свідчать, що в даний час найдешевшими джерелами енергії у світі є сонячні та вітрові станції, обладнані акумуляторними сховищами [2].

Геліовітроенергетичні установки можуть бути використані у схемі тепло або електропостачання. У першому випадку геліоустановка перетворює сонячну енергію в теплоту, а нагріта вода акумулюється в баку. Вітроустановка виробляє електричну енергію, яка подається безпосередньо у ТЕН бака-акумулятора. Таким чином, об'єднане використання геліовітроустановок дозволяє автономно забезпечувати потребу у гарячій воді [27].

Таким чином, принцип роботи енергоустановок на основі ВДЕ полягає у перетворенні вітрового та сонячного потоку енергії за допомогою технічних засобів в електроенергію для задоволення потреб домогосподарства.

3.2. Ефективність роботи енергогенеруючих установок

Важливим фактором, який впливає на кінцевий результат роботи сонячних установок є величина енергії сонячної радіації, яка значною мірою залежить від астрономічних і метеорологічних факторів – висоти сонця над обрієм, хмарності, вологості, тривалості дня та прозорості атмосфери. Сонячне випромінювання, що надходить на поверхню складається з прямої, розсіяної радіації та випромінювання, що відбивається від поверхні землі і різних предметів, розташованих поблизу цієї поверхні [2].

Параметром, що характеризує потужність сонячної енергії є густина потоку випромінювання, яка відображає кількість енергії, що протікає за

одиницю часу через одиницю площі, орієнтовану перпендикулярно до випромінювання в атмосфері і вимірюється у $\text{Вт}/\text{м}^2$ [34].

Надходження сумарної сонячної радіації на територію визначається наступними географічними чинниками: географічною широтою, часом доби, хмарністю та особливостями підстилаючої поверхні [10].

Щоб отримати максимальну кількість енергії, кут падіння сонячних променів на поверхню панелі має бути максимально можливим, тобто вона повинна мати південну експозицію [53].

Енергетичні характеристики сонячних фотоелементів визначаються такими факторами: робочою температурою, величиною навантаження, інтенсивністю сонячного освітлення. ККД фотоелементів є відношенням енергії, що потрапляє на елемент до електроенергії, що надходить до електроприймачів та залежить від однорідності структури напівпровідника і його фотопровідності [34].

Ефективність та ККД сонячних панелей, що не стежать за Сонцем (в яких не передбачене автоматичне наведення на Сонце) помітно змінюється протягом доби і може зменшуватись на 30–40 % від максимального значення, на відміну від трекерних сонячних систем, що шляхом повороту та радіального переміщення панелей забезпечують умову $\alpha=90^\circ$. Відхилення від цієї умови викликає зменшення ефективної вихідної потужності. Тобто, ефективність роботи панелей визначається кількістю поглиненої енергії [21].

Найбільше значення коефіцієнта поглинання для сонячних панелей визначає умову їх максимальної ефективності, що відповідає більш «чорним» за темним кольором матеріалом активної поверхні (наприклад, монокристали Si). Також не останнє значення під час роботи сонячних установок відіграє температура навколишнього середовища і, відповідно, самих панелей [21].

Знижують ефективність роботи полікристалічних фотоелементів дешеві технології, в яких використовується кремній, вироблений методом спрямованої кристалізації. У таких пластинах є домішки у вигляді різноспрямованих розділених кристалів. Такі фотоелектричні модулі дешеві, але продуктивність у них нижча, ніж у високоякісних монокристалічних фотоелементів [34].

Таким чином, технологічні рішення, спрямовані на здешевлення відносно дорогих сонячних установок не виправдовують головної мети їх використання споживачами – отримання максимального ефекту за мінімальних витрат.

Істотно підвищити ефективність фотоелектронних помножувачів (до 15 %) і сонячних батарей на їхній основі вдається реалізувати шляхом створення фотоелектричних перетворювачів із двосторонньою чутливістю (два активних шари з різних боків пластини) або шляхом застосування люмінесцентно перевипромінювальних структур у поєднанні з попереднім розкладанням світлового спектра на дві або більше спектральних областей за допомогою багатошарових плівкових світло подільників на дифракційних ґратках з наступним перетворенням кожної ділянки спектра окремим ФЕП [21].

Для отримання максимальної потужності сонячної енергії кут нахилу поверхні геліоустановки необхідно змінювати протягом року. Для України влітку оптимальний кут нахилу складає 22° – 39° , а взимку – 58° – 75° , в залежності від місцевості. У випадку, коли сонячна установка має нерухому поверхню, її орієнтують у південному напрямку під певним кутом до горизонту [34].

Можна виділити кілька чинників, що призводять до зміни ККД сонячних батарей:

1. Запиленість – чим сильніше забруднена поверхня батареї, тим менше сонячних променів надходить на поверхню напівпровідника.

2. Затіненість – потрапляння тіні на поверхню сонячної батареї призводить до зниження генерації струму.
3. Температура панелі – при нагріванні поверхні сонячної батареї її продуктивність значно скорочується.
4. Орієнтація – максимальна ефективність генерації досягається за умови, що сонячні промені падають строго перпендикулярно до поверхні сонячної батареї [50].

Найбільш перспективною для розвитку вітроенергетики може бути територія південних і південно-західних областей України [11].

Проблемою є необхідність в установці систем охолодження панелей, оскільки під час нагрівання їх ефективність падає. Для усунення цього фактору під сонячними батареями монтують баки з водою, яка вбирає зайве тепло і може використовуватися для опалення приміщення або централізованого постачання гарячої води [18].

При виборі типу сонячних панелей потрібно враховувати:

- 1) значення номінальної напруги панелей;
- 2) геометричні розміри сонячних панелей;
- 3) тип фотоелементів.

Найчастіше надається перевага панелям з напругою 24 В. Якщо говорити про вибір матеріалу, то необхідно враховувати, що у монокристалічних панелей за розсіяного освітлення вироблення електричного струму різко зменшується, а ККД полікристалічної батареї на 15–20 % менший за ККД монокристалічної, але за недостатнього освітлення її продуктивність незначно знижується. Батарея з аморфного кремнію дешевша полікристалічної, але термін її експлуатації в 2–3 рази менший [21].

Завдяки модульності системи вона добре піддається масштабуванню. Це означає, що якщо з часом збільшується витрата електроенергії в силу

установки нового обладнання, то продуктивність системи можна підвищити простою установкою додаткових елементів [12].

Серед способів підвищення ефективності роботи сонячних установок є максимізація використання сонячного потоку із застосуванням систем стеження, які дають можливість постійно змінювати просторову орієнтацію фотоелементів сонячної установки. При цьому, вплив, застосування механізмів просторової орієнтації сонячних установок на ефективність роботи цих установок з урахуванням часових, географічних і кліматичних факторів досліджено недостатньо [45].

Незважаючи на поширену хибну думку, насправді фотоелементи виробляють більше енергії при низьких температурах. Це пояснюється тим, що фотоелементи – це електронні пристрої й виробляють енергію від світла, а не від тепла, тобто працюють ефективніше в холоді, ніж при високих температурах. А взимку вони виробляють менше енергії лише за рахунок скорочення світлового дня, а також тому що кут падіння сонячного світла у цей період менший, а хмарність більша [44].

На Землі один квадратний метр, що є усередненим значенням, може збирати близько 4 кВт/год сонячної енергії кожного дня [35].

Будь-який генератор, який використовує первинну енергію для виробництва електроенергії, має коефіцієнт корисної дії – γ , для сонячних батарей він знаходиться у проміжку 0,2–0,3. Якщо взяти мінімальне значення 0,2, то середня величина потужності електроенергії, яку можна отримати з 1 м², дорівнює 30 Вт, рік містить 8760 годин, тому з 1 м² можна отримати 263 кВт/год [23].

Проаналізувавши, вартість електроенергії за різні роки, можна зазначити, що на відміну від традиційних джерел енергії вартість 1 кВт/год сонячної енергії знизилася з 20 у. о. у 1975 році до 0,4–0,7 у 2008 році [32].

Висока вартість сонячних фотоелементів є однією з головних перешкод на шляху до масового використання цього виду енергії, але в

останні роки спостерігається суттєве зниження цін на панелі та роботи з їх встановлення [18].

Вартість невеликої сонячної електростанції потужністю 1 кВт становить 1200 доларів [52].

Середнє споживання енергії для комфортного проживання візьмемо рівним 239 кВт/год у місяць, що є нижньою межею середнього споживання, адже воно може сягати і 250 кВт/год на місяць. Для забезпечення комфорту протягом усього року потрібно використовувати СЕС загальною потужністю від 2 кВт до 8 кВт. Чим більша потужність СЕС, тим менший термін окупності та більший прибуток від продажу електроенергії [39].

Проведені дослідження показали, що на термін окупності СЕС найбільше впливає рік її встановлення. У СЕС, встановлених пізніше, значно коротший термін окупності, що пов'язано зі стрімким зниженням вартості ФЕП [56].

Сумарні витрати на встановлення СЕС приймають в 1,5 рази більшими ніж вартість ФЕП [56].

Вітрова енергетична установка – це агрегат, що перетворює кінетичну енергію вітру в інший вид енергії. Джерело енергії, яку генерує установка не потрібно здобувати і транспортувати до місця споживання. Ця особливість даного виду енергії є важливою для важкодоступних районів, віддалених від джерел централізованого енергопостачання, і для відносно дрібних (потужністю до 100 кВт) споживачів енергії [2].

Для ефективної роботи вітрового агрегату необхідно враховувати особливості місцевості, в якій він розташовується. Відкрита місцевість без високої рослинності та лісів поруч із домогосподарством є найбільш сприятливою. Енергетичний потенціал вітряка, розміщеного у забудованому районі, поряд з лісом суттєво знижується.

Швидкість вітру, яка впливає на кількість виробленої для домогосподарства енергії, залежить від висоти розташування агрегату та збільшується із збільшенням висоти розташування вітрової установки [38].

Сила вітру збільшується з висотою, тому вітрові агрегати необхідно розміщувати на високих баштах (вежах) [19].

Для кожного вітродвигуна існують свої межі робочих швидкостей вітру:

V_{min} – слабкий вітер, за якого вітроколесо не обертається;

$V_{min}-V_{max}$ – робочі швидкості вітру;

V_{max} – сильний вітер, при якому двигун вимикають для попередження аварій [10].

Енергія вітрового потоку залежить від швидкості вітру та щільності повітря, яка визначається фізичним станом та складом повітря – температурою, тиском, вологістю [10].

Для домогосподарств, розташованих у районах зі сприятливими для використання енергії вітру умовами актуальним є впровадження вітроелектричних установок малої потужності.

Вітер характеризується не тільки багаторічною і сезонною мінливістю, але також змінює свою активність протягом доби і за дуже короткі проміжки часу (пориви вітру). Однак, сучасні досягнення в галузі вітроенергетики забезпечують ефективне використання енергії вітру [2].

Тому під час прийняття рішення щодо впровадження у роботу вітрової установки для побутових потреб варто враховувати технічні характеристики та можливості установки у конкретних географічних умовах, а також особливості ландшафту, які впливають на кінцевий результат.

Що вище над поверхнею знаходиться вітроколесо, і чим більший його діаметр, тим більше стабільної електроенергії виробляє. Потужність

вітроустановки у 5 кВт характерна для агрегату з діаметром колеса до 3 м і періодом обертання 0,1 секунди [13].

Для оптимальної роботи вітроелектричної установки важливо звертати увагу на якість матеріалів та конструкторські характеристики агрегату.

Лопаті вітряка – найдорожча частина всієї установки. Закордоном їх виготовленням займаються авіаційні, аерокосмічні та суднобудівельні підприємства. Це пояснюється високими вимогами до цієї частини ВЕУ, а саме: висока міцність на розривання і вигинання, відносно не висока маса, здатність працювати в широкому діапазоні температур (від -50° до $+60^{\circ}$ C), стійкість до обмерзання, точність форми профілю лопаті, низька шорсткість поверхні. Вказаним вимогам відповідають лопаті, виготовлені з композитних матеріалів, склопластиків, пресованого алюмінію [34].

Кут встановлення лопатей для невеликих вітроелектричних установок змінний, що забезпечує захист від перевищення максимальної частоти обертання та регулювання потужності [10].

Закони фізики стверджують, що обсяг електроенергії, виробленої ВЕУ протягом одиниці часу, прямо пропорційний площі захопленої поверхні вітроколеса (або квадрату діаметра вітроколеса) і кубу швидкості вітру. Тому значні зусилля розробники ВЕУ докладають до збільшення довжини лопатей і збільшення висоти осі ротора. Внаслідок останнього збільшується швидкість вітрового потоку через зменшення його тертя об землю [2].

Таким чином, на ефективність роботи вітрової установки в конкретному домогосподарстві впливають чисельні зовнішні фактори. Сюди відносять швидкість та поривчастість вітру, висоту місцевості, наявність поряд забудов, насаджень тощо.

Для вибору конкретного типу енергогенеруючої установки важливо проаналізувати усі чинники, які знижують або підвищують продуктивність

установки, врахувати наявні умови розташування та потреби в електроенергії у конкретному домогосподарстві.

Потужність вітрового потоку зростає пропорційно кубу швидкості. Тому вибір майданчика з точки зору максимальної швидкості вітру має критичне значення для подальшої ефективної роботи ВЕС. Існують сучасні засоби обліку ефективності застосування ВЕУ для конкретного майданчика. Наприклад, англійська програма WindFarm, розроблена компанією ReSoft і пакет програмного забезпечення WASP датської лабораторії. Програми дозволяють розрахувати параметри вітрового потоку і ефективність роботи ВЕУ для конкретного місця на земній поверхні, скориставшись інформацією про швидкість і напрям вітру в регіоні і даними про місцевий рельєф [44].

У цих програм є ряд недоліків. По-перше, точність розрахунків за лежить від достовірності і точності введених даних. По-друге, дані щодо швидкості вітру та його напрямку повинні містити інформацію, яка збирається протягом мінімум п'яти років.

Так, наприклад, досвід показав, що дані про середньорічну швидкість вітру, отримані метеостанціями України, непридатні для прогнозу виробництва електроенергії за допомогою ВЕС, через те, що їх похибка часто складає 40–70 % [44].

Отже, ефективність роботи енергогенеруючої установки визначається факторами навколишнього природного середовища, в якій вона розташовується, а також технічними характеристиками обраної енергоустановки.

3.3. Доцільність впровадження ВЕУ та СЕС у приватному домогосподарстві

Для дослідження доцільності використання вітрової та сонячної енергоустановок у приватному домогосподарстві для забезпечення потреб

в електроенергії було обрано домогосподарство, розташоване на півдні України.

На території господарства розміщено будинок, господарські споруди, сад, огород (Додаток Б). Поряд є забудови – сусіднє домогосподарство.

Загальна площа домогосподарства – 0,55 га.

Площа під обслуговування житлового будинку – 0,25 га.

Площа особистого підсобного господарства – 0,3 га.

I. Обчислення загальної площі домогосподарства:

$$1. (25 \cdot 80) : 2 = 1000 \text{ м}^2$$

$$2. 41 \cdot 80 = 3280 \text{ м}^2$$

$$3. 26 \cdot 43 = 1118 \text{ м}^2$$

$$4. (6 \cdot 43) : 2 = 129 \text{ м}^2$$

$$5. S_1 = 5527 \text{ м}^2.$$

II. Обчислення площі, зайнятої двором та будівлями:

$$1. 14 \cdot 18 = 252 \text{ м}^2$$

$$2. 20 \cdot 43 = 860 \text{ м}^2$$

$$3. (6 \cdot 43) : 2 = 129 \text{ м}^2$$

$$4. S_2 = 1241 \text{ м}^2.$$

III. Обчислення площі, зайнятої багаторічними насадженнями:

$$1. \text{Сад: } 18 \cdot 29 = 522 \text{ м}^2.$$

IV. Обчислення площі, зайнятої ріллею:

$$5527 - 1241 - 522 = 3764 \text{ м}^2.$$

Проаналізуємо потенційну можливість автономного забезпечення домогосподарства електроенергією.

Для цього на основі вихідних даних про щомісячне споживання електроенергії розрахуємо середньорічну та максимальну кількість енергії, спожитої домогосподарством протягом року (Додаток В).

Під час розрахунків необхідно враховувати нерівномірність споживання електроенергії за календарний місяць, що залежить від пори

року. Взимку показники споживання електроенергії – найбільші, але необхідно враховувати, що літній період – найдовший (з травня по вересень включно), що пов'язано з обслуговування господарства. Отже, визначимо середньорічну кількість електроенергії, яку витрачає домогосподарство:

$$1400 \cdot 3,5 + 900 \cdot 6 + 1100 \cdot 1,5 + 1100 \cdot 2 = 14\,150 \text{ кВт/рік.}$$

Максимальна кількість електроенергії, яку споживає приватне домогосподарство дорівнює:

$$1500 \cdot 3,5 + 1000 \cdot 6 + 1200 \cdot 1,5 + 1200 \cdot 1,5 = 14\,850 \text{ кВт/рік.}$$

Відомо, що 1 м^2 сонячної фото панелі виробляє $263 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ електроенергії за рік. Визначимо площу поверхні фотоприймачів потужністю 263 кВт необхідної для забезпечення потреб домогосподарства в електроенергії протягом року:

$$1 \text{ м}^2 = 263 \text{ кВт}$$

$$x (\text{м}^2) = 14\,850 \text{ кВт.}$$

$$x = 14\,850 : 263 = 56,5 \text{ м}^2.$$

Середня площа фотопанелі потужністю 30 Вт/год дорівнює $1,6 \text{ м}^2$. Отже, можна розрахувати, скільки панелей необхідно встановити на даху домогосподарства (Додаток А) для покриття максимальної кількості електроенергії, яка споживається протягом року:

$$56,5 : 1,6 = 35 \text{ фотопанелей.}$$

Визначимо скільки електроенергії виробляє поверхня ФП потужністю $1 \text{ м}^2 - 263 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$, загальною кількістю 35 ФП та площею фотоприймачів $56,5 \text{ м}^2$:

$$56,5 \cdot 263 = 14\,860 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}.$$

Таким чином, для забезпечення автономного електроспоживання домогосподарством необхідно встановити 35 фотопанелей потужністю $30 \text{ Вт}/\text{год}$ на південно-західному схилі даху площею 65 м^2 , що забезпечить максимально можливий кут падіння сонячних променів і позитивно впливатиме на ефективність роботи фотоприймачів.

У якості альтернативного джерела електропостачання можна розглянути вітрову електроустановку для приватного домогосподарства. Для цього розрахуємо кількість електроенергії, яку виробляє вітроустановка ВЕУ – 0,8 потужністю $2,4 \text{ кВт}$ протягом року:

$$Q_2 = (0,25:0,3) \cdot 8760 \cdot 2,4 = 17\,520 \text{ кВт}\cdot\text{рік}.$$

Максимальна кількість електроенергії, яка витрачається домогосподарством протягом року, становить $14\,850 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ (Додаток В). Різниця між спожитою електроенергією і виробленою вітроустановкою становить:

$$17\,520 - 14\,850 = 2\,670 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

З 01.01.2023 р. відповідно до постанови Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг № 1961 «Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію, вироблену генеруючими установками приватних

домогосподарств» «зелений» тариф на електроенергію в Україні, вироблену з енергії вітру генеруючими установками приватних домогосподарств, потужність яких не перевищує 30 кВт та які введені в експлуатацію з 1 січня 2020 р. по 31 грудня 2024 року дорівнює 403,59 коп/кВт·год (без ПДВ) [57].

Розрахуємо можливий річний дохід (без урахування ПДВ) власника домогосподарства у разі встановлення вітрової установки потужністю 2,4 кВт:

$$2\,670 \cdot 403,59 = 1\,077\,585 \text{ коп} = 10\,775 \text{ грн/рік},$$

що відповідає 897 грн за місяць при умові ефективної роботи вітрової установки (таблиця 3.1).

Результати дослідження автономного забезпечення електроенергією приватного домогосподарства

Таблиця 3.1.

Кількість електроенергії кВт·год/рік			Необхідна кількість ФП (шт.)
Витраченої (макс.)	Виробленої ВЕУ	Виробленої СЕС	35
14 850	17 520	14 860	

Таким чином, можна зробити висновок, що вітрова установка малої потужності здатна забезпечити автономне електроспоживання у приватному домогосподарстві та щомісячний дохід від продажу надлишкової електроенергії за сприятливих умов розташування.

Зазначимо, що у разі розташування вітрової енергоустановки на території досліджуваного домогосподарства ефективність роботи агрегату

буде нижчою за очікувану. Наявність забудови та насаджень поблизу установки негативно впливатиме на кількість виробленої ВЕУ електроенергії, яка залежить від вітрового потоку, який давить на лопатей вітрової установки.

Тому у даному домогосподарстві рекомендовано використання сонячної електростанції. Фотопанелі повинні мати південну експозицію (у нашому випадку – південно-західну) для забезпечення максимального кута падіння сонячних променів на поверхню фотоприймачів та вироблення максимально можливої кількості електроенергії, що у свою чергу дозволить автономно та незалежно від центральної мережі електропостачання забезпечити потреби домогосподарства у електроенергії протягом наступних кількох десятиліть.

Враховуючи середній термін окупності невеликих СЕС (5–7 років), використання сонячної електростанції є доцільним у приватних домогосподарствах, які прагнуть енергетичної незалежності.

ВИСНОВКИ

За результатами дослідження ми дійшли висновків:

1. Проблема використання альтернативних джерел енергії для побутових потреб приватних домогосподарств активно досліджується як в Україні, так і в світі. Вітрові та сонячні енергогенеруючі установки різної потужності успішно впроваджуються для забезпечення потреб в електроенергії приватного сектора.

2. Доцільність використання альтернативних джерел енергії для приватних домогосподарств обумовлена енергетичною незалежністю від централізованої мережі електропостачання. Враховуючи нестабільність постачання електроенергії населенню в Україні, використання сонячних та вітрових електроустановок для побутових потреб вирішує питання автономного енергозабезпечення приватних домогосподарств.

3. Можливість впровадження альтернативних джерел енергії для приватних домогосподарств визначається природним енергетичним потенціалом місцевості, потребами в електроенергії конкретного домогосподарства та потужністю обраної установки.

4. Сонячні електростанції, а також вітрові установки малої потужності вигідно розміщувати на території приватного домогосподарства.

5. Енергогенеруючі установки, які працюють за рахунок енергії сонця та вітру, здатні задовольнити потреби домогосподарства в електроенергії та забезпечити безперебійне електропостачання для споживачів, що сприяє утворенню енергетичної незалежності окремих приватних господарств та держави в цілому.

Відповідно до результатів представлених досліджень, автор рекомендує впроваджувати автономну систему енергопостачання до приватних домогосподарств, оскільки це позбавить їх власників залежності

від централізованого енергопостачання та може надати стабільний економічний прибуток.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ І ЛІТЕРАТУРИ

1. Адаменко Я., Архипова Л., Москальчук Н. Методика екологічної оцінки використання відновлюваних джерел енергії / Я. Адаменко, Л. Архипова, Н. Москальчук // *Екологічна безпека*. – 2015. – № 2 (20). – С. 37–42.
2. Барило А., Бенменні М., Бурдюк В. Відновлювані джерела енергії / С. Кудря. – К. : Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.
3. Бабина О. Світовий досвід розвитку альтернативних джерел енергії / О. Бабина // *Держава та регіони*. – 2019. – № 6 (111). – С. 15–19.
4. Беляєва С. «Зелена» економіка в контексті впровадження енергоощадних та ресурсозберіжних технологій / С. Беляєва // *Економічні інновації*. – 2012. – № 48. – С. 28–38.
5. Біла С. Інституційна підтримка міжнародного економічного співробітництва в сфері відновлюваної енергетики / С. Біла // *Міжнародна економіка*. – 2018. – № 37/1. – С. 267–275.
6. Бодак О. Місце альтернативних джерел енергії в системі об'єктів екологічного права України / О. Бодак // *Підприємництво, господарство і право*. – 2017. – № 7. – С. 57–61.
7. Бодунов В. Забезпечення допустимих рівнів напруги в низьковольтних мережах при проектуванні сонячних електростанцій приватних домогосподарств / В. Бодунов // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. – 2021. – № 1 (2). – С. 23–27.
8. Боровик Ю., Єлагін Ю. Проблеми та перспективи розвитку альтернативної енергетики в Україні / Ю. Боровик, Ю. Єлагін // *Вісник економіки транспорту і промисловості*. – 2019. – № 65. – С. 68–75.
9. Бортюк Т. Відновлювана енергетика України / Т. Бортюк // *Економічний аналіз*. – 2013. – Ч. 1. – № 12. – С. 51–54.

10. Величко С. Енергетика навколишнього середовища України (з електронними картами) / І. Черваньов – Харків : Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. – 2003. – 52 с.

11. Геліч Н., Панасюк Ю., Оніщук В. Альтернативна енергетика в Україні: стан та перспективи розвитку / Н. Геліч, Ю. Панасюк, В. Оніщук // *Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. – 2020. – № 2. – С. 143–151.

12. Голик О., Жесан Р., Волков І., Чеканов О., Березюк І. Енергозбереження та використання поновлюваних джерел енергії / О. Голик, Р. Жесан, І. Волков. – Ч. 1. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2020. – 192 с.

13. Дядькович В., Комар В., Кравчук С. Відновлювана енергетика для журналістів / В. Дядькович, В. Комар, С. Кравчук. – Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2021. – 80 с.

14. Єлісеєва О., Хазан П. Деякі аспекти оцінювання перспектив модернізації світової енергетики / О. Єлісеєва, П. Хазан // *Бізнесінформ*. – 2017. – № 3. – С. 66–71.

15. Загарій В., Ковальчук Т. Відновлювана енергетика: тенденції розвитку у світі та Україні / В. Загарій, Т. Ковальчук // *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. – 2021. – № 36. – С. 70–75.

16. Захаров В. Зарубіжний досвід та механізми фінансування розвитку енергетики / В. Захаров // *Економічна наука*. – 2017. – № 3. – С. 93–96.

17. Каневська І., Уманець С. Проблеми і перспективи фінансування проектів відновлюваної енергетики в Україні / І. Каневська, С. Уманець // *Фінанси, грошовий обіг, кредит*. – 2019. – № 42. – С. 150–157.

18. Касич А., Литвиненко Я. Чинники розвитку альтернативної енергетики у сучасних умовах / А. Касич, Я. Литвиненко // *Економіка і суспільство*. – 2017. – № 12. – С. 93–99.

19. Ковальов І. Альтернативні джерела енергії України / І. Ковальов, О. Ратушний. – Суми : Вид-во СумДУ, 2015. – 201 с.
20. Когут У., Романишин С., Садовник С. Альтернативна енергетика в Україні: стан, фінансово-інституційне забезпечення та перспективи розвитку / У. Когут, С. Романишин, С. Садовник // *Науковий вісник НЛТУ України*. – 2017. – №27 (2). – С. 11–16.
21. Колонтаєвський Ю. Фотоенергетика / Ю. Колонтаєвський, Д. Тугай, С. Котелевець. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 160 с.
22. Колєватова А. Використання альтернативних джерел енергії в аграрному секторі економіки / А. Колєватова // *Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища*. – 2017. – № 16. – С. 558–563.
23. Кудін Т., Саяпін С. Стратегія розвитку відновлюваної енергетики з позицій суспільного добробуту / Т. Кудін, С. Саяпін // *Бізнесінформ*. – 2020. – № 4. – С. 163–171.
24. Кудря С. Стан та перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні / С. Кудря // *Вісник НАН України*. – 2015. – № 12. – С. 19–26.
25. Кузнєцова Г. Перспективи використання відновлюваних джерел енергії в системі раціонального природокористування в регіоні / Г. Кузнєцова // *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. – 2018. – № 20. – Ч. 1. – С. 182–188.
26. Кучерява І., Сорокіна Н. Відновлювана енергетика в світі та Україні станом на 2019 р. – початок 2020 р. / І. Кучерява, Н. Сорокіна // *Гідроенергетика України*. – 2020. – № 1–2. – С. 38–44.
27. Мальований М., Боголюбов В., Шаніна Т., Шмандій В., Сафранов Т. Техноекологія / М. Мальований. – Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2013. – 424 с.
28. Малярєнко В. Енергетика і навколишнє середовище / В. Малярєнко. – Харків : «САГА», 2008. – 364 с.

29. Маляренко В. Енергетичні установки. Загальний курс / В. Маляренко. – 2-е видання. – Харків : «САГА», 2008. – 320 с.

30. Матвійчук Н. Фінансове стимулювання енергозбереження в Україні / Н. Матвійчук // *Науковий вісник НЛТУ України*. – 2015. – № 25 (7). – С. 94–100.

31. Мельничук М. Альтернативна енергетика / М. Мельничук, В. Дубровін, В. Мироненко, І. Григорюк, В. Поліщук, Г. Голуб, В. Таргоня, С. Драгнєв, І. Свистунова, С. Кухарець. – К : «Аграр Медіа Груп», 2012. – 244 с.

32. Могилко О. Аналіз перспектив розвитку сонячної енергетики та інших альтернативних джерел енергії України / О. Могилко // *Вісник економіки транспорту і промисловості*. – 2010. – № 30. – С. 51–53.

33. Монастирський Г. Енергетична політика ЄС в контексті забезпечення енергоефективності суб'єктів господарювання / Г. Монастирський // *Економіка: реалії часу*. – 2016. – № 5 (27). – С. 11–16.

34. Немикіна О. Поновлювальні та альтернативні джерела енергії / О. Немикіна – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 188 с.

35. Олійник Ю. Використання сонячних батарей у сучасних умовах / Ю. Олійник // *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського*. – 2018. – Т. 29 (68). – № 2. – С. 220–224.

36. Півняк Г. Альтернативна енергетика в Україні / Г. Півняк, Ф. Шкрабець – Д. : НГУ, 2013. – 109 с.

37. Повханіч А. Вітроенергетика як ключовий елемент енергетичної стратегії / А. Повханіч // *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. – 2017. – № 13 (2). – С. 81–86.

38. Полянський О., Дьяконов О., Скрипник О., Фесенко Г., Дьяконов В., Харченко Ю., Торосов А., Волощенко В. Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: акцент на твердому біопаливі та гнучких

технологіях його виготовлення / В. Дьяконов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 136 с.

39. Рощина Н., Борданова Л. Аналіз процесу впровадження систем виробництва сонячної енергії для приватних домогосподарств України / Н. Рощина, Л. Борданова // *Економічна наука*. – 2018. – № 19. – С. 24–27.

40. Рудик Н., Рудик А., Моклиця Н. Використання міжнародних фінансових інструментів стимулювання розвитку відновлюваної енергетики в Україні / Н. Рудик, А. Рудик, Н. Моклиця // *Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. – 2019. – № 2. – С. 108–114.

41. Рязанова Н. Організаційно-економічне забезпечення інноваційного розвитку відновлюваної енергетики / Н. Рязанова // *Бізнесінформ*. – 2017. – № 8. – С. 95–100.

42. Семенова Д. Перспективи використання альтернативних джерел у світовій енергетиці / Д. Семенова // *Бізнесінформ*. – 2015. – № 5. – С. 141–145.

43. Семенюк В., Оксенюк Р., Крупенко Д. Перспективи застосування відновлюваних джерел енергії / В. Семенюк, Р. Оксенюк, Д. Крупенко // *Вісник НУВГП*. – 2019. – № 2 (86). – С. 195–202.

44. Сінчук І., Бойко С., Лосіна К., Луценко І., Ткаченко Г. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / О. Сінчук. – Кременчук : Вид-во «ПП Щербатих О. В.», 2013. – 192 с.

45. Тонюк М. Застосування комплексних сонячних установок для енергозабезпечення підприємств агропромислового комплексу України / Х. Замула // *Економіка*. – 2020. – № 2. – С. 50–59.

46. Черницька Т., Новосад Ю. Альтернативна енергетика Сполучених Штатів Америки в умовах глобальних викликів / Т. Черницька, Ю. Новосад // *Міжнародна економічна політика*. – 2018. – № 2 (29). – С. 75–108.

47. Чернюк А., Кирисов І., Черевик Ю. Аналіз перспектив розвитку систем розподіленої генерації електроенергії в Україні / А. Чернюк, І. Кирисов, Ю. Черевик // *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського*. – 2021. – Т. 32 (71). – № 3. – С. 239–246.

48. Шафаренко Ю. «Зелена енергія»: сонце, вітер, біомаса. Законодавчі ініціативи й стан розвитку на початку 2019 року / Ю. Шафаренко // *Екобізнес*. – 2019. – № 2 (79). – С. 18–25.

49. Андриющенко К. Міжнародний досвід застосування державних програм щодо підтримки розвитку відновлюваних джерел енергії / К. Андриющенко // *Державне управління : удосконалення та розвиток*. – 2018. – № 6. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.dy.nauka.com.ua/>

50. Болдирев А., Комар В. Доцільність використання сонячних панелей переваги та недоліки / А. Болдирев, В. Комар. – 2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ir.lib.vntu.edu.ua/>

51. Ільченко В., Заєць А. Енергоефективність – важлива конкурентна перевага для України / В. Ільченко, А. Заєць // *Університет митної справи та фінансів*. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://conf.ztu.edu.ua/>

52. Панова І. Відновлювальна енергетика як чинник збереження екології / І. Панова. – С. 178–179. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://oldena.lpnu.ua/>

53. Патрушева Л., Венгер Н. Оцінка можливості розташування мініелектростанцій на дахах багатоповерхових будинків спального району м. Миколаєва / Л. Патрушева, Н. Венгер // *Екологічні науки*. – Т. 1. – № 2 (29). – С. 113–116. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.1.18/>

54. Сівіцька С. Стратегічні напрями інвестування альтернативної енергетики в контексті розвитку національної економіки / С. Сівіцька. – 2014. – № 1 (1). – С. 76–80. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

[http://nbuv.gov.ua/UJRN/med_2014_1\(1\)-17/](http://nbuv.gov.ua/UJRN/med_2014_1(1)-17/)

55. Сотник І. Організаційно-економічні проблеми і перспективи розвитку відновлювальної енергетики у приватних домогосподарствах України / І. Сотник. – С. 47–56. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://irbis-nbuv.gov.ua>

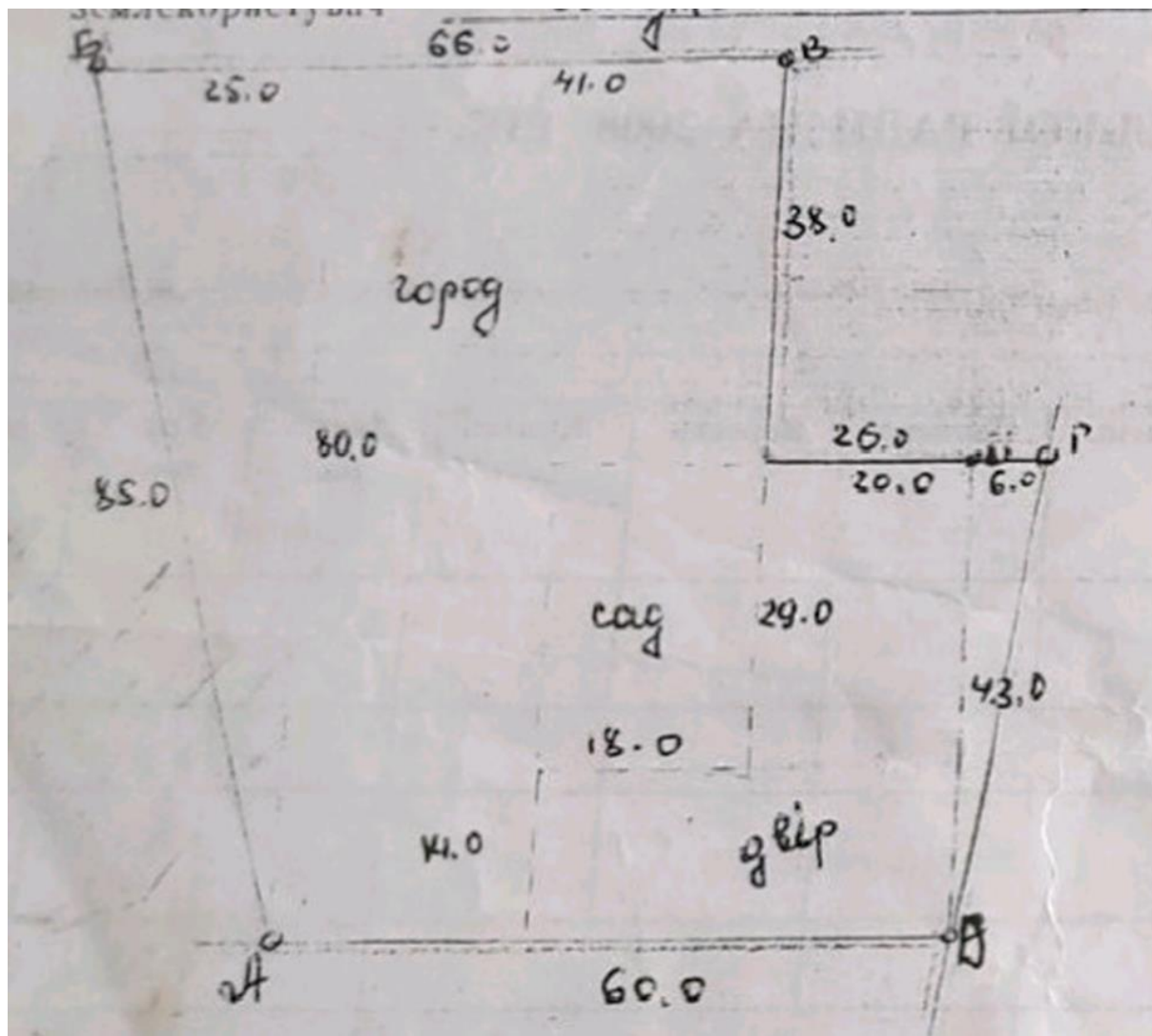
56. Щур І., Галайко Т., Дзьоба Т. Економічна ефективність сонячної електростанції в індивідуальному домогосподарстві за різних сценаріїв динаміки «зеленого» тарифу / І. Щур, Т. Галайко, Т. Дзьоба // *Електроенергетичні та електромеханічні системи*. – 2021. – № 1 (4). – С. 87–102. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://doi.org/10.23939/sepes2021.01.087/>

57. Зелені тарифи з 1 січня 2023 року – Прикарпат Енерго Трейд. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://pret.com.ua>

Супутниковий знімок приватного домогосподарства



План (креслення) приватного домогосподарства



Електроенергія, що споживається домогосподарством (кВт/год)

Таблиця 4.1

Період	Середня кількість спожитої електроенергії	Максимальна кількість спожитої електроенергії	Середня кількість електроенергії за рік	Максимальна кількість електроенергії за рік
Грудень – 15 березня	1400	1500	14 150	14 850
16 березня – квітень	1100	1200		
Травень – вересень	900	1000		
Жовтень – листопад	1100	1200		