

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ПОГОДЖЕНО**  
Директор ННІ енергетики,  
автоматики і енергозбереження

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри  
інженерії енергосистем

\_\_\_\_\_ /Віктор КАПЛУН/  
(підпис)

\_\_\_\_\_ /Євген АНТИПОВ/  
(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Технічні рішення енергонезалежного домогосподарства  
с. Гнідин, Київської області»**

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код і назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(назва)

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

**Гарант освітньої програми**

К.Т.Н., ДОЦЕНТ  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Сергій УСЕНКО  
(ПІБ)

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

К.Т.Н., ДОЦЕНТ  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Світлана МАКАРЕВИЧ  
(ПІБ)

**Виконав**

(підпис)

Володимир КУЛИК  
(ПІБ)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
інженерії енергосистем  
к.т.н доцент \_\_\_\_\_ Євген АНТИПОВ  
(ступінь, звання) (підпис) (ПІБ)  
« 18 » листопада 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Кулику Володимиру Ігоревичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код і назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(назва)

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи «**Технічні рішення енергонезалежного домогосподарства с. Гнідин, Київської області**» затверджена наказом ректора Національного університету біоресурсів і природокористування України від 18.11.2024р. №2061"С"

Термін подання завершеної роботи на кафедрі 2025.11.14  
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи Google Scholar, Wikipedia

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Визначення концепції, критеріїв та переваг енергонезалежного домогосподарства
2. Аналіз кліматичних, енергетичних та економічних умов с. Гнідин
3. Оцінка реального енергоспоживання типової садиби
4. Обґрунтування вибору технічних рішень для енергонезалежного домогосподарства
5. Розрахунок техніко-економічної ефективності проєкту

Перелік графічного матеріалу: презентація виконана в програмному забезпеченні MS Power Point

Дата видачі завдання « 18 » листопада 2024 р. \_\_\_\_\_

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_ Світлана МАКАРЕВИЧ  
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Володимир КУЛИК  
(підпис) (ПІБ)

## РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню, розробленню та техніко-економічному обґрунтуванню комплексу технічних рішень, спрямованих на формування енергонезалежного домогосподарства в умовах села Гнідин Київської області. Актуальність теми визначається зростанням тарифів на енергоносії, нестабільністю роботи централізованих енергетичних мереж та необхідністю підвищення рівня енергоефективності приватних будинків. Формування автономних систем енергозабезпечення є одним із ключових напрямів розвитку сучасних технологій та передумовою сталого розвитку громад і домогосподарств.

Метою роботи є розроблення та обґрунтування ефективної моделі енергонезалежного домогосподарства, що ґрунтується на поєднанні фотоелектричної станції, систем накопичення енергії, інтелектуального керування навантаженням та резервних джерел живлення. Досягнення поставленої мети забезпечено шляхом аналізу критеріїв енергетичної автономії, дослідження світового та українського досвіду впровадження енергонезалежних систем, оцінки умов с. Гнідин та визначення реального енергоспоживання типової садиби. В роботі здійснено також дослідження нормативно-правових аспектів альтернативної енергетики та проведено оцінку економічної ефективності проєкту.

У роботі сформовано детальну технічну модель автономної енергосистеми, що включає фотоелектричну станцію, літій-залізо-фосфатні акумулятори, інверторно-керуюче обладнання, систему автоматичного резервного живлення та інтелектуальні алгоритми розподілу навантаження. Проведено розрахунок річного енергоспоживання домогосподарства, визначено необхідну встановлену потужність ФЕС та ємність накопичувачів енергії. Також здійснено оцінку вартості впровадження системи, строку її окупності та екологічного ефекту.

Результати дослідження засвідчують, що впровадження комбінованої системи автономного енергозабезпечення дозволяє знизити залежність від централізованих енергетичних мереж, забезпечити стабільне та економічно ефективне енергопостачання будинку площею 120 м<sup>2</sup>, а також скоротити споживання природного газу на 10–12 % від річного обсягу. Розроблена система забезпечує високий рівень автономності й надійності навіть за умов сезонних коливань сонячної активності та аварій на мережі. Окрім економічного ефекту, проєкт сприяє зниженню негативного впливу на довкілля та підвищенню енергетичної безпеки регіону.

Магістерська робота містить 101 сторінку, включає 13 одиниць графічного матеріалу, 35 таблиць та 63 бібліографічні джерела.

Ключові слова:

енергонезалежне домогосподарство; альтернативна енергетика; фотоелектрична станція (ФЕС); акумуляторні системи; інтелектуальне керування енергоспоживанням; дизель-генератор; автономне енергопостачання; енергоефективність; техніко-економічний розрахунок; комбінована енергосистема.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНИХ ДОМОГОСПОДАРСТВ .....	12
1.1. Поняття енергонеалежного домогосподарства : сутність, критерії та переваги .....	12
1.2. Світовий і вітчизняний досвід реалізації енергонеалежних рішень .....	18
1.3. Нормативно-правова база енергетичної автономії в Україні.....	26
1.4. Особливості кліматичних, енергетичних та економічних умов с. Гнідин.....	30
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОГО ДОМОГОСПОДАРСТВА .....	34
2.1. Оцінка енергоспоживання типової садиби в с. Гнідин.....	34
2.2. Вибір ФЕС .....	36
2.3. Системи накопичення енергії: акумулятори, теплові буфери.....	38
2.4. Інтелектуальні системи управління споживанням енергії .....	41
2.5. Оцінка вартості впровадження та окупності обраних технічних рішень .....	42
2.6. Дизель-генератор як резервне джерело живлення .....	44
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТНЕ РІШЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОГО ДОМОГОСПОДАРСТВА В С. ГНІДИН.....	46
3.1. Загальна характеристика об'єкта дослідження.....	46
3.2. Проектування комбінованої електроенергетичної системи.....	48
3.3. Розрахунок ефективності роботи енергосистеми.....	56
3.4. Екологічні та соціальні переваги реалізації проекту .....	60
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЕКТУ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОГО ДОМОГОСПОДАРСТВА В С. ГНІДИН КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	64
4.1. Вихідні дані та методика техніко-економічного аналізу.....	64

4.2. Аналіз потенційних небезпек при використанні альтернативної енергетики .....	67
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	76
5.1. Вимоги до монтажу та експлуатації енергоустановок.....	76
5.2. Аналіз потенційних небезпек при використанні альтернативної енергетики .....	78
5.3. Засоби індивідуального та колективного захисту .....	81
5.4. Заходи пожежної та електробезпеки .....	86
ВИСНОВКИ .....	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	93
ДОДАТКИ .....	100

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ФЕС – фотоелектрична станція.

СЕС – сонячна електростанція.

ВДЕ – відновлювані джерела енергії.

СНЕ – системи накопичення енергії.

АКБ – акумуляторна батарея.

LiFePO<sub>4</sub> – літій-залізо-фосфатна батарея.

ГВП – гаряче водопостачання.

ТЕН – трубчастий електричний нагрівач.

EMS – система керування енергетичними потоками.

PV – фотоелектрична система перетворення сонячної енергії.

ДГ – дизель-генератор.

ATS – автоматичний перемикач навантаження.

SOC – рівень заряду акумуляторної батареї.

АС – змінний струм.

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту.

ROI (Return on Investment) – коефіцієнт окупності інвестицій.

P – потужність (Вт, кВт, МВт).

U – напруга (В, кВ).

I – сила струму (А).

## ВСТУП

Сучасні тенденції розвитку енергетики у світі зумовлені необхідністю переходу до стійких, безпечних та автономних джерел енергії. Зростаючі тарифи на електроенергію, ризики перебоїв у централізованому енергопостачанні, вплив воєнних дій на енергетичну інфраструктуру, а також глобальні виклики кліматичної безпеки вимагають пошуку нових ефективних рішень для забезпечення енергетичної незалежності не лише на рівні держави, а й на рівні окремого домогосподарства. Особливо актуальним є питання енергетичної автономії приватних житлових будинків у сільській місцевості, де централізовані системи електро- та теплопостачання не завжди є надійними або доступними.

Станом на 2023 року Україна тимчасово втратила 44% атомної генерації, 75% потужності ТЕС та 33% блочних ТЕЦ. З початку війни 7.704 млн українців виїхали за кордон, мільйони громадян переїхали до Західної України. Кількість працюючого населення значно скорочується, через що знизилась купівельна спроможність населення на 12-15%, а разом із тим зменшилось значення ВВП та зросла інфляція

У цьому контексті, впровадження інноваційних технічних рішень, зокрема фотоелектричних станцій (ФЕС), систем накопичення енергії, інтелектуальних систем управління енергоспоживанням, відкриває нові можливості для створення повністю енергонезалежних домогосподарств. Особливої ваги ці питання набувають в умовах української реальності – енергетичної нестабільності, геополітичної напруги та кліматичних змін.

Актуальність обраної теми зумовлена необхідністю формування дієвих технічних рішень, які дозволяють домогосподарствам знизити енергозалежність, скоротити експлуатаційні витрати, підвищити рівень комфорту, безпеки та екологічності проживання. Запропонований у роботі підхід до проектування енергонезалежного будинку є відповіддю на потреби

часу та логічним кроком на шляху до сталого розвитку як окремої громади (зокрема села Гнідин Київської області), так і країни в цілому.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розроблення, обґрунтування та техніко-економічна оцінка ефективних технічних рішень щодо створення енергонезалежного домогосподарства у с. Гнідин Київської області з урахуванням кліматичних, економічних та енергетичних особливостей регіону. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- вивчити поняття, критерії та переваги енергонезалежного домогосподарства;
- проаналізувати міжнародний та національний досвід реалізації енергонезалежних рішень;
- дослідити нормативно-правову базу щодо впровадження автономних енергосистем в Україні;
- охарактеризувати кліматичні, енергетичні та економічні умови с. Гнідин;
- оцінити енергоспоживання типової садиби;
- обґрунтувати вибір фотоелектричної станції (ФЕС) та систем накопичення енергії;
- розробити проєкт комбінованої електроенергетичної системи;
- провести розрахунок ефективності роботи енергетичної системи;
- визначити екологічні та соціальні переваги впровадження проєкту;
- оцінити ризики, пов'язані з експлуатацією альтернативних джерел енергії, та розробити заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Об'єктом дослідження є енергообладнання та електротехнічні комплекси приватного домогосподарства в умовах сільської місцевості.

Предмет дослідження – технічні рішення та принципи побудови автономної системи енергозабезпечення домогосподарства, орієнтованої на повну енергетичну незалежність.

Методи дослідження : у роботі використано такі методи дослідження: *аналітичний* – для вивчення теоретичних основ, аналізу літературних джерел та нормативно-правової документації; *системний* – для побудови моделі енергонезалежного домогосподарства як єдиного комплексу; *експертно-оцінювальний* – для вибору технічних рішень з урахуванням техніко-економічних та кліматичних параметрів; *інженерно-розрахунковий* – для визначення енергетичних параметрів, потужності систем та розрахунку їхньої ефективності; *економічний* – для оцінки вартості впровадження, терміну окупності та економічної доцільності проекту.

Наукова новизна полягає в комплексному підході до проектування енергонезалежного домогосподарства на прикладі конкретного об'єкта – житлової садиби в с. Гнідин. Уперше запропоновано поєднання фотоелектричної установки, акумуляторних батарей, теплових буферів та інтелектуальних систем енергоменеджменту з урахуванням місцевих особливостей.

Практична значущість результатів дослідження полягає в можливості їх застосування для реального впровадження автономних систем енергозабезпечення в сільській місцевості України. Розроблені рішення можуть бути використані як рекомендації для проектних організацій, власників приватних домогосподарств, а також місцевих громад у сфері енергоефективності.

Апробація результатів роботи та участь у науковій діяльності. Основні результати дослідження були апробовані під час участі у:

Структура роботи: магістерська робота складається з вступу, чотирьох розділів, сімнадцяти підрозділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Магістерська робота розміщена на 101 сторінках, налічує в собі 63 послання на бібліографічні джерела. В роботі представлено 13 графічного матеріалу та розроблено 35 таблиць.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНИХ ДОМОГОСПОДАРСТВ

### **1.1. Поняття енергоне залежного домогосподарства : сутність, критерії та переваги**

У сучасному світі питання енергетичної безпеки, сталого розвитку та раціонального використання ресурсів набувають дедалі більшого значення. Зростаюча залежність домогосподарств від централізованих систем електро-, тепло- та водопостачання створює чимало викликів – як з економічної, так і з екологічної та соціальної точок зору. Особливо гостро ці проблеми постають у контексті кліматичних змін, зростання тарифів на енергоносії, геополітичної нестабільності, а також послаблення інфраструктурної спроможності окремих регіонів. У цьому контексті концепція енергоне залежного домогосподарства стає не лише актуальною, а й стратегічно необхідною для забезпечення комфортного, безпечного і стійкого способу життя [2].

Енергоне залежне домогосподарство – це житлова одиниця або будинок, що спроможний повністю або частково забезпечувати себе необхідною енергією (електричною та тепловою), не покладаючись на зовнішні джерела постачання. Така автономність досягається шляхом впровадження сучасних технічних рішень: використання відновлюваних джерел енергії, систем накопичення енергії, ефективного енергоменеджменту, теплоізоляції та технологій пасивного будівництва. Подібна енергетична автономія дозволяє не лише знизити витрати на комунальні послуги, але й мінімізувати вразливість перед аваріями, війсьними діями, нестабільністю ринку енергоносіїв або природними катаклізмами [33].

Сутність енергоне залежності полягає не просто в технічній ізоляції від енергомереж, а в створенні самодостатньої, раціонально керованої системи споживання та виробництва енергії. Це складне поняття, яке охоплює

економічну доцільність, екологічну ефективність, соціальну відповідальність та технологічну інноваційність. Енергонезалежне домогосподарство – це, по суті, реалізація принципів сталого розвитку в масштабах однієї житлової одиниці, що дозволяє гармонійно поєднати комфорт мешканців із турботою про довкілля та оптимізацією ресурсів.

Серед основних критеріїв енергонезалежного домогосподарства слід виділити: наявність власного джерела виробництва електроенергії (найчастіше це сонячні або вітрові установки), система накопичення енергії (акумулятори або теплові буфери), енергоефективні побутові прилади, автоматизовані системи керування енергоспоживанням, використання альтернативного опалення та вентиляції, водозабезпечення і водовідведення автономного типу. Важливим також є рівень енергетичного балансу – здатність будинку не тільки споживати, а й виробляти енергію у необхідному обсязі, або навіть із надлишком [2].

Переваги енергонезалежних домогосподарств є очевидними й багатоаспектними. Насамперед – це економічна вигода: хоча початкові інвестиції можуть бути значними, з часом вони окупуваються за рахунок зниження або повного усунення витрат на оплату енергії. Екологічна складова є не менш важливою – використання відновлюваних джерел енергії суттєво знижує викиди парникових газів, шкідливих речовин і навантаження на навколишнє середовище. Соціальні переваги проявляються у підвищенні рівня енергетичної незалежності громадян, зростанні комфорту, створенні нових форм енергоосвіченості населення. Крім того, технологічні аспекти енергонезалежних рішень сприяють розвитку ринку інновацій, зростанню попиту на енергоефективні технології, нові професії у сфері «зеленої» енергетики [33].

У ширшому значенні розвиток енергонезалежних домогосподарств – це не просто приватна ініціатива, а важливий інструмент децентралізації енергетики, що сприяє підвищенню стійкості енергосистем країни в умовах криз. В умовах України, де енергетична інфраструктура зазнає серйозних

викликів через війну, хакерські атаки, зношеність мереж, енергонезалежні будинки можуть стати своєрідними «енергетичними острівцями стабільності» забезпечуючи життєдіяльність навіть в умовах повного відключення зовнішніх джерел [2].

Також важливо враховувати, що енергонезалежність сприяє формуванню нової філософії споживання – відповідального, ощадливого, свідомого. Власник енергонезалежного будинку починає інакше ставитися до енергетичних ресурсів, аналізує структуру споживання, планує витрати та розвиває навички ефективного управління ресурсами. Це формує культуру енергозбереження на побутовому рівні, яка з часом може мати значний вплив на загальнонаціональні показники енергоефективності.

У ХХІ столітті світ переживає глибокі трансформації в енергетичній сфері. Поряд з інтенсивним розвитком відновлюваних джерел енергії, впровадженням «розумних» технологій та глобальними кліматичними викликами, актуалізується концепція енергонезалежності на рівні індивідуального споживача. У цьому контексті дедалі більшої уваги набуває поняття енергонезалежного домогосподарства як важливого елементу нової енергетичної парадигми, що орієнтована на децентралізацію, енергоефективність та сталий розвиток [33].

Поняття «енергонезалежне домогосподарство» трактується як житлова одиниця, що здатна повністю або частково забезпечувати власні потреби в енергоресурсах (електроенергії, теплі, гарячому водопостачанні тощо) без постійної залежності від централізованих систем постачання. Тобто йдеться про побудову автономної або напівавтономної енергетичної системи в межах окремого будинку або садиби. Така система ґрунтується на поєднанні кількох ключових компонентів: генерації енергії (переважно з відновлюваних джерел), зберігання (накопичення) енергії, розумного управління споживанням і заходів з енергоефективності.

Важливо підкреслити, що енергонезалежність – це не тільки технічна, а й системна характеристика житла. Вона передбачає цілісне проектування,

інтеграцію інженерних рішень і грамотне управління усіма потоками енергії всередині домогосподарства. Тобто мова йде про свідомий перехід від пасивного споживання ресурсів до активного керування ними [33].

Залежно від ступеня автономності розрізняють повністю енергонезалежні домогосподарства (*off-grid* – повністю відключені від мережі) та частково незалежні (*hybrid* – із можливістю підключення до зовнішньої мережі у разі потреби). У практиці України найчастіше реалізуються саме гібридні моделі, що дозволяють поступово нарощувати рівень незалежності, враховуючи як технічні можливості, так і фінансові ресурси власників. В табл.1.1. сформовано та представлено основні критерії енергонезалежного домогосподарства [2].

Таблиця 1.1

### Критерії енергонезалежного домогосподарства

№	Критерій	Опис	Приклади реалізації
1	Джерела енергії	Наявність систем, що виробляють електро- або теплову енергію без підключення до централізованих мереж.	- Фотоелектричні панелі - Вітрові генератори - Сонячні колектори - Біогазові установки
2	Системи зберігання електроенергії	Наявність накопичувачів для збереження надлишків електроенергії з метою її подальшого використання вночі або під час пікових навантажень.	- Літій-іонні акумулятори - Гелеві батареї - Гібридні інвертори з накопичувачами
3	Системи зберігання теплової енергії	Акумуляція тепла для використання у нічний час або в умовах зниження сонячної активності.	- Теплоакумулятори - Буферні баки - Фазозмінні матеріали
4	Енергоефективність будівлі	Заходи щодо зменшення тепловтрат та енергоспоживання.	- Утеплення фасадів, даху, підлоги - Енергозберігаючі вікна - LED-освітлення

Продовження таблиці 1.1

5	Інтелектуальне управління енергоспоживанням	Автоматизація та оптимізація використання енергії з метою підвищення ефективності систем.	- Системи «розумний будинок» - Енергоменеджмент - Таймери, датчики руху, реле часу
---	---	---	--

6	Наявність резервного живлення	Можливість забезпечення енергоживлення у разі критичних умов або аварій.	- Генератори на дизелі або газі - ІБП (UPS) - Гібридні інвертори
7	Можливість роботи в режимі off-grid	Функціонування домогосподарства без підключення до зовнішніх електромереж.	- Автономні інверторні системи - Повністю незалежна система водопостачання та каналізації
8	Виробництво надлишкової енергії	Генерація більшого обсягу енергії, ніж споживається — з можливістю її зберігання або продажу.	- Net Metering - Активний "зелений тариф" - Підключення до мікромережі (microgrid)
9	Автономність інженерних систем	Незалежність від централізованих систем водопостачання, каналізації, опалення тощо.	- Свердловина з насосною станцією - Септик або біосептик - Індивідуальне опалення
10	Мінімізація вуглецевого сліду	Орієнтація на екологічність і зниження викидів CO <sub>2</sub> .	- Відмова від газу/вугілля - Впровадження електротранспорту з зарядкою від СЕС
11	Взаємодія з громадою / енергокооперація	Участь у локальних енергетичних ініціативах, об'єднаннях споживачів та виробників енергії.	- Енергетичні кооперативи - Спільні сонячні станції - Громадські мікромережі
12	Можливість масштабування системи	Гнучкість у розширенні або модифікації системи в майбутньому за рахунок модульності.	- Модульні сонячні установки - Додаткові батареї чи ТЕЦ малого масштабу

Впровадження концепції енергонезалежності на рівні окремих будинків має широке коло переваг, які охоплюють економічну, екологічну, соціальну, технологічну та стратегічну площини.

#### 1. Економічні переваги:

- зменшення або повне усунення витрат на електро- та теплопостачання;
- зниження залежності від зростання тарифів;
- можливість продажу надлишків електроенергії до мережі (за умов дії «зеленого» тарифу або Net Metering);
- зростання вартості об'єкта нерухомості.

#### 2. Екологічні переваги:

- скорочення викидів CO<sub>2</sub> та інших забруднюючих речовин;
- зменшення споживання невідновлюваних ресурсів (вугілля, газу, мазуту тощо);

- зниження екологічного сліду домогосподарства;
- стимулювання локальної екологічної свідомості [33].

### 3. Соціальні переваги:

- підвищення рівня комфортності та якості життя;
- зміцнення енергетичної безпеки на рівні громади;
- створення умов для незалежного, автономного способу життя (особливо актуально для людей похилого віку, осіб із особливими потребами або в умовах надзвичайних ситуацій);

- формування навичок раціонального споживання ресурсів.

### 4. Технологічні переваги:

- використання сучасних "зелених" технологій;
- модернізація побутової інфраструктури;
- впровадження інтелектуальних систем моніторингу та управління енергією;

- можливість адаптації до змін клімату та зовнішніх умов [2].

### 5. Стратегічні переваги:

- зменшення навантаження на національні енергосистеми;
- підвищення стійкості регіонів до воєнних загроз або техногенних катастроф;

- сприяння децентралізації енергетики та розвитку локальної енергетичної незалежності;

- інтеграція до глобальних трендів сталої енергетики.

Таким чином, енергонезалежне домогосподарство є новітньою формою енергетичного устрою на мікрорівні, що поєднує в собі високотехнологічні рішення, екологічну відповідальність і економічну доцільність. Воно дає змогу не лише підвищити якість життя окремого споживача, але й сприяє формуванню нової моделі енергоспоживання у державі в цілому [33]. У

реаліях України, з урахуванням енергетичної та воєнної нестабільності, концепція енергонезалежності домогосподарств має не лише перспективний, а й практично життєво необхідний характер. Її впровадження є одним з ключових інструментів забезпечення енергетичної безпеки, розвитку громад і переходу до сталого майбутнього [2].

## **1.2. Світовий і вітчизняний досвід реалізації енергонезалежних рішень**

У сучасних умовах глобальної енергетичної трансформації, загострення кліматичних проблем, військово-політичних загроз та економічної нестабільності, питання енергетичної незалежності домогосподарств постає як одне з ключових у забезпеченні сталого розвитку. Розвиток енергонезалежних рішень більше не є лише альтернативною чи експериментальною сферою – це вже стало стратегічним напрямом як для окремих домогосподарств, так і для держав у цілому. Особливо гостро ця проблема постала у країнах, які стикаються з ризиками енергетичної безпеки, політичною нестабільністю або необхідністю зменшення викидів парникових газів. У цьому контексті надзвичайно важливо проаналізувати досвід, накопичений у світі та в Україні, щодо реалізації енергонезалежних технологій, систем та підходів [32].

Світовий досвід демонструє, що багато країн вже тривалий час і послідовно впроваджують політику стимулювання енергетичної автономії приватних будинків, фермерських господарств, громад і малих підприємств. У розвинених країнах, таких як Німеччина, Швеція, США, Японія, Данія та Нідерланди, діють масштабні програми підтримки відновлюваних джерел енергії, запроваджуються «зелені» тарифи, стимулюються інвестиції у технології накопичення енергії та модернізацію будівель. В Європейському Союзі активно розвиваються моделі «розумних міст» і «енергоефективних громад», де домогосподарства виступають не лише споживачами, а й виробниками енергії (так звані «*prosumer-и*»). Великого поширення набули

енергетичні кооперативи, децентралізовані мікромережі (*microgrids*), системи управління попитом та домашні енергокомплекси на основі сонячних батарей і акумуляторів [32].

У країнах з поміркованим або обмеженим бюджетом – таких як Індія, Бразилія, Чилі, ПАР, Марокко – енергонезалежні рішення часто реалізуються з метою забезпечення базової доступності до енергії у віддалених або сільських районах. Тут активно використовуються малі сонячні системи, мікроГЕС, біоенергетичні установки та інші технології, що не потребують значних витрат на інфраструктуру. Таким чином, енергонезалежність стає інструментом соціального прогресу та розвитку регіонів, які традиційно залишались енергетично маргіналізованими [56].

Окремої уваги заслуговує досвід Німеччини, яка з 2000-х років цілеспрямовано впроваджує програму «*Energiewende*» – переходу до відновлюваної енергетики. Завдяки фінансовим стимулам, технічним інноваціям і державній підтримці, мільйони приватних домогосподарств були оснащені сонячними електростанціями, системами зберігання енергії та енергоефективними технологіями. У багатьох випадках вони повністю відмовилися від споживання енергії з центральної мережі, ставши автономними й навіть прибутковими енергогенераторами. Подібні програми активно реалізуються і в скандинавських країнах, де енергонезалежність тісно пов'язується з екологічною відповідальністю та боротьбою зі змінами клімату.

Зі свого боку, Сполучені Штати Америки активно розвивають приватну сонячну енергетику, зосереджуючи увагу на побутових СЕС (PV systems) і домашніх акумуляторах. Програми типу *Net Metering* (зарахування енергії, яку домогосподарство віддає назад до мережі) сприяють економічній доцільності переходу на автономне енергозабезпечення. У штатах Каліфорнія, Техас, Арізона та Нью-Йорк автономні енергетичні системи стали звичним елементом сучасного житлового будівництва [61].

Український досвід реалізації енергонезалежних рішень, хоча й менш масштабний, проте має значний потенціал та демонструє позитивну динаміку,

особливо після 2014 року, коли питання енергетичної безпеки набуло принципового значення. Зростання цін на газ, нестабільність постачання електроенергії в окремих регіонах, а також державна політика підтримки відновлюваної енергетики (зокрема, «зелений» тариф) стали сильним стимулом до масового впровадження СЕС серед приватних домогосподарств. Багато мешканців сіл та малих міст, зокрема у південних і центральних областях України, почали встановлювати сонячні панелі, твердопаливні котли, використовувати теплові насоси та акумулятори тепла.

Подальший розвиток цієї галузі стимулюється також війною, що триває з 2022 року, внаслідок якої було частково нищено критичну енергетичну інфраструктуру країни. У таких умовах автономні рішення для домогосподарств – це не тільки про екологію чи економіку, а й про виживання, життєдіяльність, мобільність, безпеку. У 2023–2024 роках стрімко зростає кількість об'єктів, що реалізували автономне енергозабезпечення у прифронтових регіонах, а також у громадах, які готуються до тривалих відключень електроенергії в зимовий період. З'явилися урядові й донорські програми підтримки мікрогенерації, резервного живлення, енергоефективної реконструкції житла [32].

Варто також відзначити досвід українських територіальних громад, які ініціюють створення енергокооперативів, встановлюють спільні сонячні станції на дахах комунальних будівель, підтримують приватні ініціативи мешканців через програми співфінансування. Деякі ОТГ уже створили енергостратегії на локальному рівні, що передбачають поступовий перехід до енергонезалежності щонайменше частини населення.

Попри значні досягнення, вітчизняний досвід стикається з низкою викликів: обмежене фінансування, недосконалість нормативної бази, відсутність довгострокових інструментів стимулювання, нестабільна політика в енергетичному секторі. Однак приклади успішної реалізації таких рішень, як сонячні системи у приватному секторі сільських регіонів, пілотні проекти «розумних домівок», впровадження теплових насосів та локальних

мікромереж свідчать про те, що в Україні закладаються основи для широкомасштабного розвитку енергонезалежного житла.

Протягом останніх двох десятиліть в Україні поступово формувалась потреба у переході до більш сталої, децентралізованої та незалежної енергетичної моделі. Основними факторами цього процесу були:

- підвищення тарифів на енергоносії,
- зношеність інфраструктури,
- залежність від імпортованого газу,
- бажання домогосподарств зменшити експлуатаційні витрати та підвищити комфорт.

Однак справжній поштовх до масового інтересу до енергонезалежних рішень виник після початку повномасштабної війни росії проти України 24 лютого 2022 року. У 2022–2023 роках Україна зіткнулася з безпрецедентним викликом – цілеспрямованим терором проти її енергетичної інфраструктури. РФ розпочала масовані обстріли об'єктів енергетики, зокрема:

- теплових електростанцій (ТЕС),
- підстанцій,
- об'єктів Укренерго,
- гідроелектростанцій,
- трансформаторних підстанцій в містах.

Починаючи з жовтня 2022 року, росія систематично завдавала ракетно-дронових ударів по енергетичних об'єктах, намагаючись спричинити загальнонаціональний блекаут, дестабілізувати економіку й деморалізувати населення. За даними Укренерго, лише в осінньо-зимовий період 2022–2023 років понад 40% всієї енергетичної інфраструктури було пошкоджено або повністю зруйновано.

Після перших масованих обстрілів у жовтні-листопаді 2022 року, Україна пережила низку часткових і повномасштабних блекаутів, коли:

- міста залишались без світла по 10-12 годин на добу,
- зникла подача води та тепла,

- не працював зв'язок та інтернет,
- зупинявся громадський транспорт.

У таких умовах питання енергонезалежності вийшло далеко за межі екологічної ініціативи чи економії – воно стало питанням виживання, безпеки та життєздатності українських домогосподарств. Відтак у населення різко зросла зацікавленість у [32]:

- сонячних електростанціях (СЕС) для домівок,
- генераторах та інверторах,
- павербанках, батареях та UPS,
- теплових насосах,
- системах зберігання енергії (акумуляторах),
- альтернативних способах обігріву.

Реакція держави, бізнесу та громад

Українське суспільство виявило виняткову здатність до самоорганізації.

Відгук був багаторівневим:

1. На рівні домогосподарств:

- Мешканці масово почали встановлювати сонячні панелі (навіть невеликі, для освітлення та заряджання).
- Придбали бензинові/дизельні генератори для резервного живлення.
- Інвестували в гібридні інвертори та літєві акумулятори.
- Модернізували системи опалення – переходили на твердопаливні котли або теплові насоси.

– Використовували теплоакумулятори та будували буржуйки у багатоквартирних будинках.

2. На рівні громад:

- Територіальні громади створювали пункти незламності, забезпечені альтернативними джерелами енергії.
- Будували локальні сонячні станції для шкіл, лікарень, ЦНАПів.
- Впроваджували проекти з розбудови мікромереж у межах ОТГ.

–Залучали донорську допомогу для реалізації енергоефективних рішень у муніципальній інфраструктурі.

3. На рівні держави:

–Держава спростила імпорту генераторів, інверторів, акумуляторів (безмитне ввезення).

–Було запущено програми грантів і кредитування для енергоефективної модернізації.

–«Укренерго», Міненерго та інші структури запроваджували нові правила роботи в умовах кризи.

–З'явилися державні ініціативи підтримки *decentralised energy*, зокрема сприяння створенню *energy communities* (енергетичних громад).

Приклади успішних реалізацій [32]:

1. Львівська область: кілька сільських громад облаштували сонячні електростанції на даху шкіл, які живлять заклад навіть під час відключень.

2. Київська область: приватні домогосподарства у селах (зокрема, с. Гнідин) масово переходили на гібридні СЕС з системами зберігання, що дозволяло пережити відключення без шкоди для побуту.

3. Чернігівщина: після бомбардувань багатопверхівки обладнували системами автономного опалення та альтернативного живлення під'їздів.

4. Одеська область: створено пілотну мікромережу для лікарні з живленням від сонця та генератора, яка працює незалежно від загальної енергомережі.

У країнах ЄС концепція енергонезалежного житла є частиною більш широкої стратегії переходу до зеленої енергетики (*European Green Deal*), яка передбачає досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року. Одним із інструментів реалізації цієї мети є підтримка «*prosume*»-моделі, за якої громадяни самі виробляють енергію для власних потреб і, за необхідності, продають надлишок до мережі.

1. Німеччина – один із лідерів у впровадженні побутової сонячної енергетики. Завдяки програмі *Energiewende*, понад 2 мільйони домогосподарств мають власні СЕС. Держава активно субсидує встановлення акумуляторів, теплових насосів, домашніх енергосистем, а також надає пільгові кредити на енергоефективну модернізацію житла [56].

2. Данія та Нідерланди активно впроваджують енергетичні кооперативи, де мешканці об'єднуються для колективної генерації електроенергії. Тут активно функціонують локальні мікромережі, здатні працювати незалежно від центральної енергосистеми [61].

3. Швеція – приклад інтегрованого підходу, де автономність досягається не лише за рахунок сонячної енергії, а й за допомогою геотермальних систем, біогазових установок, розумного опалення та енергетичної кооперації між домогосподарствами [61].

4. Франція та Італія надають громадянам податкові пільги за встановлення СЕС, а також фінансово стимулюють встановлення побутових теплових насосів, систем зберігання та модернізацію фасадів будівель для зменшення тепловтрат [56].

У Сполучених Штатах Америки енергонезалежність приватного сектору стала потужним бізнес-напрямом. Понад 4 мільйони домогосподарств мають власні СЕС, а сонячна енергетика вже понад 10 років є одним із найдинамічніших секторів національної економіки.

1. Програма *Net Metering* дозволяє власникам сонячних панелей отримувати компенсацію за надлишок електроенергії, що подається в мережу.

2. Поширення систем типу *Tesla Powerwall* (домашні акумулятори) дало змогу десяткам тисяч домівок зберігати енергію для використання у пікові години або під час відключень.

3. У штатах Каліфорнія, Арізона, Техас розвиваються *off-grid* спільноти – малі поселення, повністю відключені від централізованих енергомереж.

4. Паралельно активно розвиваються розумні системи управління будинком (smart home), що дозволяють оптимізувати споживання енергії, зменшуючи витрати й підвищуючи комфорт.

Азійський регіон: масова енергонезалежність як інструмент соціального розвитку.

1. Японія після аварії на Фукусімі у 2011 році кардинально змінила енергетичну політику, зробивши ставку на децентралізацію та відновлювану енергетику. Японські домогосподарства масово отримали підтримку для встановлення СЕС, систем накопичення енергії та мікроГЕС. Розроблено спеціальні стандарти для побудови «пасивних будинків» (що не споживають більше енергії, ніж виробляють).

2. Китай є світовим лідером за кількістю встановлених сонячних потужностей. Понад 20 мільйонів китайських домогосподарств мають автономні або частково автономні СЕС. Уряд реалізує програму встановлення міні-СЕС на дахах шкіл, лікарень, фермерських будинків. У сільських районах активно впроваджуються біогазові установки для опалення та приготування їжі [61].

3. Індія реалізує національну ініціативу «*Solar for All*», спрямовану на забезпечення мільйонів сільських домогосподарств базовою енергетичною незалежністю. Пріоритет – доступна енергія для віддалених районів без мережевого підключення [56].

Розглянуті у цьому розділі приклади вітчизняної та світової практики реалізації енергонезалежних рішень підтверджують, що перехід до енергетичної автономії є глобальним і незворотним процесом. У різних країнах світу – незалежно від рівня розвитку, кліматичних умов чи політичної ситуації – впровадження енергонезалежних технологій стало стратегічною відповіддю на сучасні виклики: кліматичну кризу, нестабільність енергетичних ринків, зростання цін, геополітичні конфлікти та військові загрози.

Світовий досвід демонструє високу ефективність комплексного підходу до побудови енергонезалежних домогосподарств. Зокрема, успішними є ті моделі, які поєднують локальну генерацію енергії (сонячну, вітрову, біоенергетику), системи накопичення, інтелектуальне управління споживанням, гнучке підключення до мереж та підтримку на державному рівні. Така стратегія дозволяє не лише зменшити залежність від централізованих джерел енергії, а й підвищити стійкість до зовнішніх факторів – від стихійних лих до збройної агресії. [56].

Особливо показовим у цьому контексті є вітчизняний досвід України в умовах повномасштабної війни. Енергетичний терор з боку Росії, спрямований на руйнування критичної інфраструктури, змусив українське суспільство переосмислити поняття енергетичної безпеки. У відповідь на постійні блекаути, відключення електроенергії, тепла і води, українці масово почали впроваджувати альтернативні джерела енергії у своїх оселях: від генераторів і СЕС до теплових насосів та гібридних інверторів. Це доводить, що енергонезалежність більше не є розкішшю чи далекою перспективою – це реальна потреба, інструмент виживання, основа стабільності та стійкості.

Ключовим елементом успіху є поєднання технічних рішень із соціальною мобілізацією, державною підтримкою, громадською ініціативністю та міжнародною допомогою. Україна, навіть в умовах війни, демонструє високий рівень адаптації до кризових обставин через енергетичну децентралізацію. Це створює унікальний приклад для світу – приклад того, як навіть у надскладних умовах можна будувати енергонезалежні моделі на рівні окремих домогосподарств, громад, закладів і територій [32].

### **1.3. Нормативно-правова база енергетичної автономії в Україні**

У сучасних умовах розвитку світової енергетики та активного впровадження відновлюваних джерел енергії питання енергетичної автономії

набуває все більшого значення для забезпечення стабільності, безпеки і сталого розвитку держави. Україна, перебуваючи у стані трансформації енергетичного сектору, зокрема у контексті децентралізації та розвитку відновлюваних джерел, приділяє особливу увагу формуванню та вдосконаленню нормативно-правової бази, яка регулює питання енергетичної автономії як на рівні окремих домогосподарств, так і на рівні громад та регіонів [52].

Нормативно-правова база є фундаментальним інструментом, який визначає правові умови, механізми і стимули для впровадження технологій енергетичної автономії, підтримує розвиток інноваційних підходів до виробництва, зберігання і використання енергії з відновлюваних джерел. Вона створює правове поле для ефективного функціонування енергетичних кооперативів, мікромереж, систем накопичення енергії, а також визначає порядок взаємодії споживачів і виробників електроенергії, що є необхідним для забезпечення прозорості, безпеки і конкурентоспроможності ринку.

Особливої актуальності ця тема набуває в умовах сучасних викликів для України – енергетичних криз, зокрема пов'язаних із військовою агресією, яка вплинула на надійність централізованого енергопостачання. В цих умовах енергетична автономія домогосподарств і громад стала не просто бажаною метою, а нагальною необхідністю для забезпечення безперервного доступу до електроенергії та тепла, що є основою комфортного і безпечного життя.

В Україні нормативно-правове регулювання енергетичної автономії формується на базі законодавчих актів, стратегічних документів, постанов Кабінету Міністрів та рішень профільних державних органів. Важливу роль відіграють і міжнародні зобов'язання України, що стимулюють інтеграцію європейських стандартів і практик у національне законодавство, зокрема в рамках енергетичного співтовариства та імплементації положень Третього енергетичного пакету ЄС. Це сприяє гармонізації правил і процедур, підвищенню рівня безпеки і прозорості енергоринку, а також розвитку конкурентних умов для впровадження енергонезалежних технологій [52].

1. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» (№ 555/97-ВР, редакція станом на 2025 рік [№ 4213-IX від 14.01.2025.](#)) [23]. Цей закон сприяє розвитку відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергетика, що є ключовими для забезпечення енергетичної автономії. Він встановлює правові та економічні умови для використання альтернативних джерел енергії, включаючи пільги та стимули для інвесторів та споживачів [23].

2. Закон України «Про ринок електричної енергії» (№ 2010-VIII, редакція станом на 2025 рік [№ 4213-IX від 14.01.2025](#)) [22]. Цей закон є основним нормативно-правовим актом, що регулює відносини у сфері ринку електричної енергії в Україні. Він визначає правові засади функціонування ринку, права та обов'язки учасників ринку, а також механізми забезпечення енергетичної безпеки та надійності електропостачання. Закон сприяє розвитку конкурентного середовища та інтеграції з європейським енергетичним ринком [22].

3. Закон України «Про державну регуляторну політику у сфері господарської діяльності» (№ 1160-XIV, редакція станом на 2023 рік [№ 3498-IX від 22.11.2023](#)) [19]. Цей закон встановлює основи державної регуляторної політики, що включає створення сприятливих умов для розвитку енергетичної автономії через спрощення процедур ліцензування, сертифікації та інших адміністративних процедур у сфері енергетики [19].

4. Закон України «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг» (1540-VIII, редакція станом на 2025 рік [№ 4213-IX від 14.01.2025](#)) [21]. Цей Закон визначає правовий статус, повноваження, завдання, організаційну структуру та принципи діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Закон встановлює підстави для гарантування незалежності Комісії в її діяльності, визначає порядок призначення та звільнення членів Комісії, їх оплати праці, а також особливості діяльності та контролю за суб'єктами господарювання у сфері

енергетики та комунальних послуг. Закон неодноразово оновлювався – із останніми змінами від січня 2025 року, що забезпечує його відповідність сучасним викликам, зокрема у контексті енергетичної автономії, переходу до європейських стандартів і посилення енергетичної безпеки [21].

5. Закон України «Про енергетичну ефективність». (1818-ІХ, редакція станом на 2024 рік [№ 4059-ІХ від 19.11.2024](#)) [20]. Закон визначає правові, економічні та організаційні засади впровадження енергоефективності в Україні. Він регулює відносини, пов'язані з ефективним використанням енергії на всіх етапах – від виробництва до споживання, встановлює вимоги до енергетичного аудиту, енергоменеджменту, інтелектуального обліку, екодизайну та енергомаркування. Закон спрямований на скорочення енергоспоживання, зменшення викидів парникових газів і досягнення енергетичної незалежності України відповідно до стандартів ЄС [20].

Узагальнюючи викладене, можна стверджувати, що в Україні вже сформовано важливу основу нормативно-правового регулювання, яка сприяє поступовому впровадженню енергетичної автономії як на рівні держави, так і в межах регіонів, громад та домогосподарств. Актуальні законодавчі акти, серед яких ключовими є закони про ринок електроенергії, відновлювані джерела енергії, енергетичну ефективність та регуляторну діяльність, створюють правове поле для розвитку децентралізованих енергосистем, стимулювання інвестицій у ВДЕ та впровадження інноваційних технологій.

Важливу роль відіграє і діяльність Національної комісії, що здійснює регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, яка забезпечує стабільність, прозорість і справедливість функціонування енергетичного ринку. Особливо актуальним таке законодавче забезпечення стало в умовах війни, коли централізована енергосистема виявила свою вразливість до атак, і саме нормативне підґрунтя дозволило оперативно реагувати на виклики, підтримувати енергетичну стійкість та забезпечувати громадян базовими послугами. Таким чином, подальший розвиток енергетичної автономії в Україні значною мірою залежить від удосконалення нормативної бази

відповідно до потреб часу, європейських стандартів та глобальних трендів сталого розвитку [52].

#### **1.4. Особливості кліматичних, енергетичних та економічних умов с. Гнідин**

Гнідин – село з багатою історією та розвинутою інфраструктурою, розташоване в Бориспільському районі Київської області, є адміністративним центром Золочівської сільської громади. Станом на 2025 рік у селі проживає близько 2348 мешканців. Загальна площа населеного пункту становить 5,269 км<sup>2</sup>, що формує досить високу густоту населення – понад 445 осіб на квадратний кілометр. Географічно село розташоване у межах річкової заплави Дніпра, на відстані 22 км від районного центру та лише за 17 км від залізничної станції Дарниця. Село має вигідне транспортне розташування, перебуваючи поблизу автотраси Київ – Харків, що сприяє економічному та соціальному розвитку [47].

Природні умови Гнідина сприятливі для ведення сільського господарства, адже поруч розташовані придніпровські луки, озера та соснові ліси. Село знаходиться на висоті 140 метрів над рівнем моря, що забезпечує помірні кліматичні умови. Назва села має кілька версій походження, зокрема пов'язується з заняттями перших поселенців або з назвами місцевих рослин.

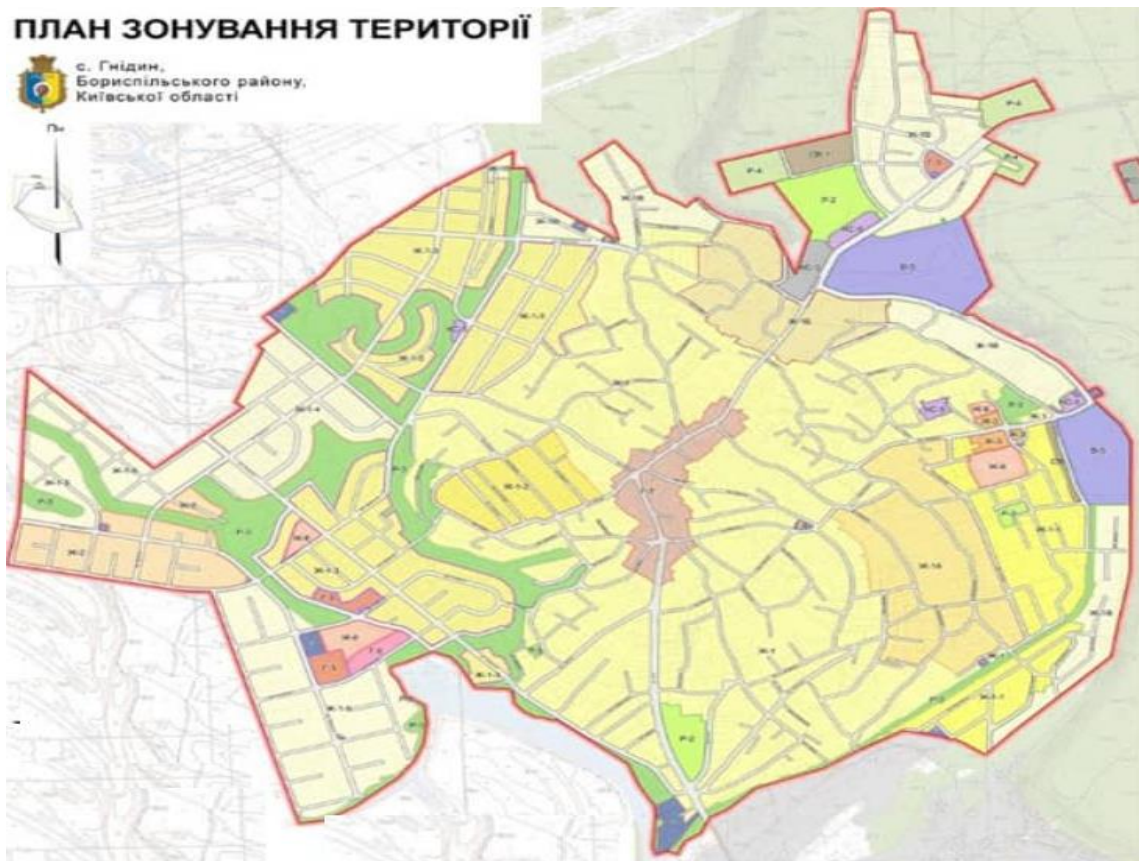


Рис.1.1. Географічне розташування с. Гідин

Село Гнідин розташоване в межах Центрального Правобережжя України, на території Київської області, що визначає для нього помірно континентальний клімат. Кліматичні умови характеризуються м'якою зимою та теплим літом. Середньорічна температура повітря коливається в межах  $+7...+9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , середньомісячна температура січня становить близько  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а липня —  $+19...+21\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Кількість опадів є помірною і в середньому становить  $550\text{--}650\text{ мм}$  на рік, переважно у вигляді дощів. Наявність річкової заплави Дніпра та прилеглих озер позитивно впливає на рівень вологості повітря та родючість ґрунтів, що є сприятливим чинником для ведення сільського господарства. В додатку А представлено основні кліматичні показники с. Гнідин (середні багаторічні значення) [47].

В енергетичному аспекті Гнідин є повністю електрифікованим населеним пунктом із розвинутою інфраструктурою. У 1950–1960-х роках відбулась масштабна електрифікація села, яка створила базу для подальшого

розвитку житлового сектору, соціальних об'єктів та виробництва. Впродовж 1990-х років здійснено модернізацію електромереж, а також розпочато газифікацію, що значно покращило умови життя місцевого населення. Наявність централізованого газопостачання та підключення більшості домогосподарств до енергомереж забезпечує стабільне теплопостачання та енергетичну автономність. В умовах сучасних викликів зростає актуальність використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних панелей, що вже знаходять поодинокі застосування в приватному секторі [47].

Таблиця 1.2

### Основні енергетичні показники с. Гнідин (дані за I-півріччя 2025 рік)

Категорія показника	Показник	Одиниця виміру	Значення
Електропостачання	Покриття домогосподарств електроенергією	%	~100 %
	Середнє споживання електроенергії домогосподарством	кВт·год/рік	~3 200
	Загальне річне електроспоживання села	млн кВт·год	~7.5
Газопостачання	Основне джерело електроенергії	-	Державна мережа (Укренерго)
	Частка споживачів із резервним живленням (генератори, сонячні панелі)	%	~10–15 %
	Рівень газифікації	%	~95–98 %
Теплопостачання	Середнє споживання газу домогосподарством	м <sup>3</sup> /рік	~1 100–1 500
	Джерело постачання газу	-	Нафтогаз, облгаз
	Основні джерела тепла у домогосподарствах	-	Газові котли, електро, твердопаливні котли
Альтернативна енергетика	Частка будинків з альтернативним опаленням (твердопаливні/електро котли)	%	~35 %
	Кількість приватних СЕС (сонячних електростанцій)	шт.	30–50
	Сумарна встановлена потужність приватних СЕС	кВт	~250–300
Паливно-енергетичні ресурси (ПЕР)	Програми підтримки (участь у програмах «чистої енергії»)	-	Присутні
	Загальне споживання первинної енергії	МВт·год/рік	~12 000

Продовження таблиці 1.2

	Частка ВДЕ (відновлюваних джерел енергії) у загальному балансі	%	~2–4 %
Енергетична ефективність	Частка утеплених/модернізованих будинків	%	~40 %
	Наявність енергетичного паспорта в нових будинках	%	~100 %
	Середнє споживання енергії на 1 м <sup>2</sup> житлової площі	кВт·год/м <sup>2</sup> /рік	~160–220

Економічні умови села Гнідин формуються на перетині традиційних аграрних практик та зростаючого впливу урбанізації. Історично економіка села базувалася на сільському господарстві: землеробстві, тваринництві, бджільництві та кустарному виробництві. Завдяки близькості до Києва значна частина працездатного населення щоденно здійснює трудову міграцію до столиці, що суттєво впливає на доходи домогосподарств. Крім того, привабливе географічне положення сприяє зростанню інвестиційної привабливості села в контексті будівництва житла та розвитку малого бізнесу [47].

## РОЗДІЛ 2

### ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОГО ДОМОГОСПОДАРСТВА

#### 2.1. Оцінка енергоспоживання типової садиби в с. Гнідин

Для техніко-економічного обґрунтування енергонеалежного домогосподарства важливо визначити реальне річне енергоспоживання типової садиби в умовах с. Гнідин, враховуючи кліматичні, побутові, технологічні та інфраструктурні чинники.

Таблиця 2.1

#### Загальні характеристики типової садиби (120 м<sup>2</sup>)

Параметр	Значення
Площа житлового будинку	120 м <sup>2</sup>
Кількість мешканців	4 особи
Тип опалення	Газовий котел / резервний електричний
Наявність господарських будівель	Так (сарай, підвал, гараж)
Система гарячого водопостачання	Бойлер електричний
Кухонна техніка	Електроплита, мікрохвильова піч, холодильник, духовка
Електроніка	Телевізори, комп'ютери, інтернет-роутер
Система освітлення	LED-лампи
Водопостачання	Централізоване / свердловина з насосом
Опалення гаража / підвалу	Відсутнє або точкове електроопалення

Таблиця 2.2

#### Розрахункове споживання енергії по категоріях

Категорія	Пристрій/система	Орієнтовне споживання	Одиниця	Річне споживання
Опалення	Газовий котел	1 300 м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup> газу	≈13 650 кВт•год
	Електрокотел (резервно, 10%)	2 000 кВт•год	–	2 000 кВт•год
Гаряча вода	Бойлер 100 л (щоденно, 2 год)	2 кВт • 730 год	–	1 460 кВт•год

## Продовження таблиці 2.2

Освітлення	LED-лампи (15 шт. по 10 Вт)	0.15 кВт • 5 год/день • 365 днів	–	274 кВт•год
Кухонна техніка	Електроплита, мікрохвильовка, духовка	2.5 кВт • 1.5 год/день • 300 днів	–	1 125 кВт•год
Холодильник	150 Вт середнє споживання	0.15 кВт • 24 год • 365 днів	–	1 314 кВт•год
Пральна машина	2 кВт • 3 год/тиждень • 52 тижні	–	312 кВт•год	
Інше (ТБ, ПК, інтернет, насос)	Комплекс побутової електроніки та насос	≈1 кВт•год/день	–	365 кВт•год
Електроінструмент/гараж	Середнє використання (точково)	≈500 кВт•год/рік	–	500 кВт•год

Таблиця 2.3

## Загальне річне енергоспоживання

Джерело енергії	Енергоспоживання, кВт•год/рік
Електроенергія	~7 350 кВт•год
Газ (перерахунок у кВт•год)	~13 650 кВт•год
Загальне	~21 000 кВт•год/рік

*Примітка:* 1 м<sup>3</sup> природного газу ≈ 10.5 кВт•год теплової енергії (коефіцієнт теплотворної здатності).

Таблиця 2.4

## Енергетичне навантаження по місяцях

Місяць	Електроенергія, кВт•год	Газ, кВт•год	Сумарно, кВт•год
Січень	1 000	2 200	3 200
Лютий	950	2 000	2 950
Березень	800	1 600	2 400
Квітень	600	1 200	1 800
Травень	500	800	1 300
Червень	450	300	750
Липень	500	200	700
Серпень	500	200	700
Вересень	550	500	1 050
Жовтень	700	1 200	1 900
Листопад	850	1 800	2 650
Грудень	950	2 200	3 150
<b>Разом</b>	<b>8 850</b>	<b>14 200</b>	<b>≈23 050</b>

Типова садиба в с. Гнідин має річне енергоспоживання на рівні 20 000–23 000 кВт•год, залежно від погодних умов, типу опалення та поведінкових факторів користувачів. Основне навантаження припадає на холодний період

року – з жовтня по березень. При розробці правильного технічного рішення для енергонезалежного домогосподарства необхідно передбачити двокомпонентну систему: генерацію електроенергії (наприклад, сонячні панелі) та акумуляцію теплової енергії (резервне твердопаливне чи електроопалення, буферні ємності, теплові насоси), а також оптимізацію споживання через заходи енергоефективності. В додатку Б представлено графічно основні показники.

## 2.2. Вибір ФЕС

Після визначення річного енергоспоживання садиби в с. Гнідин на рівні приблизно 8 850 кВт•год електроенергії, постає завдання оптимального підбору параметрів фотоелектричної сонячної електростанції (ФЕС), яка забезпечить енергетичну незалежність або суттєве зменшення залежності домогосподарства від централізованих джерел живлення.

Таблиця 2.5

### Кліматичні умови для встановлення ФЕС у Гнідині

Показник	Значення
Середньорічна кількість сонячних днів	200–220
Середня річна сонячна радіація на горизонтальну поверхню	~1 100–1 300 кВт•год/м <sup>2</sup>
Оптимальний кут нахилу панелей	30–35°
Рекомендована орієнтація	Південь або південний схід/захід
Коефіцієнт продуктивності ФЕС (Performance Ratio)	0.75–0.80

Для забезпечення річного виробітку ~9 000 кВт•год, врахуємо типову генерацію електроенергії на 1 кВт встановленої потужності в Київській області: Середній річний виробіток з 1 кВт встановленої ФЕС = ~1 100 кВт•год

Необхідна потужність ФЕС:

$$P_{\text{ФЕС}} = \frac{\text{Потрібна енергія}}{\text{Річна генерація з 1 кВт}} = \frac{9\,000}{1\,100} \approx 8.2 \text{ кВт} \quad (2.1)$$

Орієнтовна потужність ФЕС: 8–8.5 кВт.

Таблиця 2.6

### Параметри та компоненти обраної системи

Компонент	Параметри	Кількість/Характеристика
Сонячні панелі	Потужність 0,26 Вт	~32 панелей
Тип панелей	Монокристалічні (ефективність 20–21%)	
Інвертор	Мережевий/гібридний, 8–10 кВт	1 шт
Акумулятори (опція)	LiFePO <sub>4</sub> , 10–15 кВт•год	При енергонезалежності – обов'язково
Система монтажу	Даховий або наземний каркас	В залежності від даху
Автоматика та контролери	Контролер заряду, датчики моніторингу	1 комплект
Система захисту	Захист від перенапруг, короткого замикання	Обов'язково

Таблиця 2.7

### Очікуваний річний виробіток ФЕС

Місяць	Середня генерація (кВт•год)	Примітка
Січень	200–250	Низьке сонячне випромінювання
Лютий	300–350	Зростання сонячної активності
Березень	600–700	Початок високої генерації
Квітень	900–950	Оптимальні умови
Травень	1 000–1 100	Пік генерації
Червень	1 050–1 150	Найвища продуктивність
Липень	1 000–1 100	Висока сонячна активність
Серпень	950–1 000	Збереження високої генерації
Вересень	750–850	Зменшення сонячної активності
Жовтень	500–600	Скорочення світлового дня
Листопад	250–300	Низька генерація
Грудень	150–200	Мінімальна продуктивність
<b>Разом</b>	<b>9 000–9 300 кВт•год/рік</b>	В залежності від року

Таблиця 2.8

### Режими роботи ФЕС

Режим	Опис
Мережевий (on-grid)	Генерація електроенергії з подачею надлишків у мережу (за умов наявності «зеленого тарифу» або Net Billing)
Автономний (off-grid)	Повна енергонезалежність, за наявності АКБ
Гібридний	Поєднання мережевого живлення з резервним акумуляуванням і інвертором

Для повноцінної автономної роботи необхідно врахувати резерв енергії на 1–3 доби (залежно від сезону), що потребує акумуляторної системи на:

$$\text{Добове споживання} = \frac{9\,000}{365} \approx 25 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.2)$$

Рекомендована ємність АКБ для автономного режиму: ~30–40 кВт•год.

Таблиця 2.9

### Площа для встановлення ФЕС

Показник	Значення
Площа 1 панелі (410 Вт)	≈1.9 м <sup>2</sup>
Загальна площа	1.9 × 20 = ~38 м <sup>2</sup>
Вимоги до розміщення	Без затінення, бажано південна сторона

Для забезпечення електроенергією типової садиби в с. Гнідин доцільно встановити ФЕС потужністю 8–8.5 кВт на основі монокристалічних панелей. Така станція дозволить повністю покрити річне споживання домогосподарства на рівні 8 500–9 000 кВт•год, з можливістю продажу надлишків або накопичення в акумуляторних системах. Для досягнення повної енергонезалежності в осінньо-зимовий період рекомендовано інтегрувати АКБ на 30–40 кВт•год або використовувати резервне джерело енергії (генератор).

### 2.3. Системи накопичення енергії: акумулятори, теплові буфери

Для забезпечення стабільного функціонування енергонезалежного домогосподарства, особливо в умовах добових та сезонних коливань виробітку сонячної електростанції (ФЕС), обов'язковим є застосування систем накопичення енергії (СНЕ). До таких систем належать:

- електричні накопичувачі енергії (акумулятори) – для забезпечення електропостачання у нічний час або при хмарній погоді;

- теплові акумулятори (теплові буфери) – для накопичення тепла, зменшення навантаження на енергосистему та зниження витрат на опалення/ГВП.

## 1. Акумуляторні системи

### 1.1. Призначення

Акумуляторні батареї в автономній або гібридній ФЕС виконують наступні функції:

- зберігання надлишкової електроенергії, виробленої вдень;
- забезпечення живлення вночі та в періоди низької генерації;
- резервне живлення критично важливих приладів при аваріях у мережі;
- стабілізація навантаження та захист від коливань напруги

Таблиця 2.10

### Вибір типу акумуляторів

Тип АКБ	Характеристика	Переваги	Недоліки
LiFePO <sub>4</sub> (літій-залізо-фосфатні)	Напруга: 48 В; Ефективність: до 98%; Термін служби: 10–15 років	Висока енергоємність, глибокий розряд, компактність	Висока ціна
Гелеві (GEL)	Напруга: 12/24/48 В; ККД: ~85%; Термін служби: 5–7 років	Доступність, простота обслуговування	Менша глибина розряду, важчі
AGM (скловолоконні)	Напруга: 12/24 В	Низький саморозряд	Менше циклів, ніж у LiFePO <sub>4</sub>

Добове споживання електроенергії садиби становить  $\approx 24\text{--}26$  кВт•год. Для забезпечення 1–2 діб автономної роботи без сонячного ресурсу:

$$\text{Ємність АКБ} = 2 \times 25 = 50 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

З урахуванням коефіцієнта глибини розряду:

Для LiFePO<sub>4</sub> (розряд до 90%):

$$\text{Потрібна номінальна ємність} = \frac{50}{0.9} \approx 55,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.3)$$

Рекомендована система АКБ: LiFePO<sub>4</sub>, ємність 48–60 кВт•год.

Номінальна напруга системи: 48 В. Резерв генерації: Дизель- або бензогенератор 5–7 кВт – за потреби.

## 2. Теплові буфери (акумулятори тепла)

## 2.1. Призначення та переваги

Теплові буфери – це системи зберігання теплової енергії у вигляді гарячої води або іншого теплоносія. Вони дозволяють:

- зменшити витрати на опалення/ГВП;
- зменшити пікові навантаження на електричну систему;
- використовувати надлишкову генерацію ФЕС у денний час для нагріву;
- інтегрувати з тепловими насосами, твердопаливними котлами, ТЕНами тощо.

Таблиця 2.11

### Типи теплових буферів

Тип	Об'єм	Призначення
Буферна ємність (бойлер непрямого нагріву)	200–500 л	Гаряче водопостачання
Тепловий акумулятор для опалення	500–1 500 л	Акумуляція тепла для системи опалення
Комбінований бак (ГВП + опалення)	800–1 200 л	Універсальний варіант

Рекомендована система для садиби – електричний ТЕН для нагріву потужністю 6–9 кВт., та ємністю 1 000 л, з теплоізоляцією. За умови встановлення ФЕС 8–8.5 кВт, надлишкова електроенергія вдень (влітку, міжсезоння) може ефективно використовуватись для нагріву води, знижуючи витрати на ГВП та опалення.

Таблиця 2.12

### Порівняльна таблиця енергетичних накопичувачів

Параметр	Акумулятори (LiFePO <sub>4</sub> )	Теплові буфери
Тип енергії	Електрична	Теплова
Ефективність зберігання	90–98%	85–95%
Ємність системи	50–60 кВт•год	60–80 кВт•год (в еквіваленті)
Термін служби	10–15 років	10–20 років
Вартість (2025 р.)	12 000 – 18 000 \$	1 000 – 3 000 \$
Призначення	Електроприлади, освітлення, насосне обладнання	Опалення, ГВП
Сезонна ефективність	Постійна	Висока у холодний період

Для досягнення повної енергетичної автономності садиби в с. Гнідин доцільно використовувати комбіновану систему накопичення енергії: Акумуляторна система (LiFePO<sub>4</sub>) є ключовою для безперервного електропостачання в нічний час та в умовах дефіциту сонячного ресурсу. Тепловий буфер дозволяє ефективно використовувати надлишкову денну генерацію ФЕС для потреб ГВП і опалення, особливо в міжсезоння та взимку.

Збалансоване поєднання електричного та теплового накопичення формує гнучку, надійну та економічну систему, що відповідає умовам сучасного енергонезалежного домогосподарства.

#### **2.4. Інтелектуальні системи управління споживанням енергії**

Для ефективної роботи енергонезалежного домогосподарства в с. Гнідин важливо не лише виробляти й накопичувати енергію, але й розумно керувати її споживанням. Це забезпечується впровадженням інтелектуальної системи енергоменеджменту (*EMS – Energy Management System*).

Функції інтелектуальної системи:

- Моніторинг споживання електроенергії в реальному часі (по зонах: освітлення, опалення, побутові прилади);
- Пріоритизація навантажень – автоматичне відключення другорядних приладів у разі дефіциту енергії;
- Оптимізація зарядки акумуляторів та використання буферів з урахуванням прогнозу погоди;
- Керування ТЕНами, бойлерами та опаленням – запуск лише при наявності надлишку генерації;
- Збір аналітики для подальшого вдосконалення системи.

Основні компоненти EMS:

- Контролер енергоспоживання (наприклад, Victron Cerbo, Solar Assistant);
- Інтелектуальні реле та датчики (Shelly, Sonoff, Schneider);

- Програмне забезпечення з мобільним застосунком (Home Assistant, OpenEMS).

Очікуваний ефект:

- Зменшення втрат енергії до 15–20 %;
- Підвищення автономності системи;
- Подовження терміну служби акумуляторів.

Таким чином, інтелектуальна система управління є ключовим елементом сучасного енергоефективного та автономного будинку, дозволяючи максимально ефективно використовувати кожен кіловат виробленої енергії.

## 2.5. Оцінка вартості впровадження та окупності обраних технічних рішень

Оцінка вартості впровадження та окупності обраних технічних рішень для типової садиби в с. Гнідин. Він включає оцінки за актуальними цінами станом на вересень 2025 року, враховує тарифи на електроенергію, вартість обладнання та аналіз окупності.

Таблиця 2.13

### Оцінка вартості впровадження та окупності технічних рішень

Компонент системи	Орієнтовна вартість (грн / \$)	Щорічна економія / вигоди (грн)	Окупність (роки)
ФЕС 8 кВт (включно з монтажем)	\$8 000 ≈ 320 000 грн	Годова економія на електроенергії: 9 000 кВт·год × 4,32 ₴ = 38 880 ₴	~8,2 року
LiFePO <sub>4</sub> акумулятор 50 кВт·год	≈ 800 ₴/кВт·год → 40 000 ₴	Родозкладна заміна через 12 років	Покривається ±
Тепловий буфер 1 000 л з ТЕПом	≈ 120 000 ₴	Економія на ГВП/опаленні до 5 000 ₴/рік	24 року
Інтелектуальна система управління (EMS)	≈ 50 000 ₴	Енергоефективність: зниження споживання ≈10 % → 3 900 ₴/рік	~12,8 року
Загальні витрати на впровадження	≈ 530 000 ₴	Інтегрований ефект економії: ~42 880 ₴/рік	≈ 12,3 року

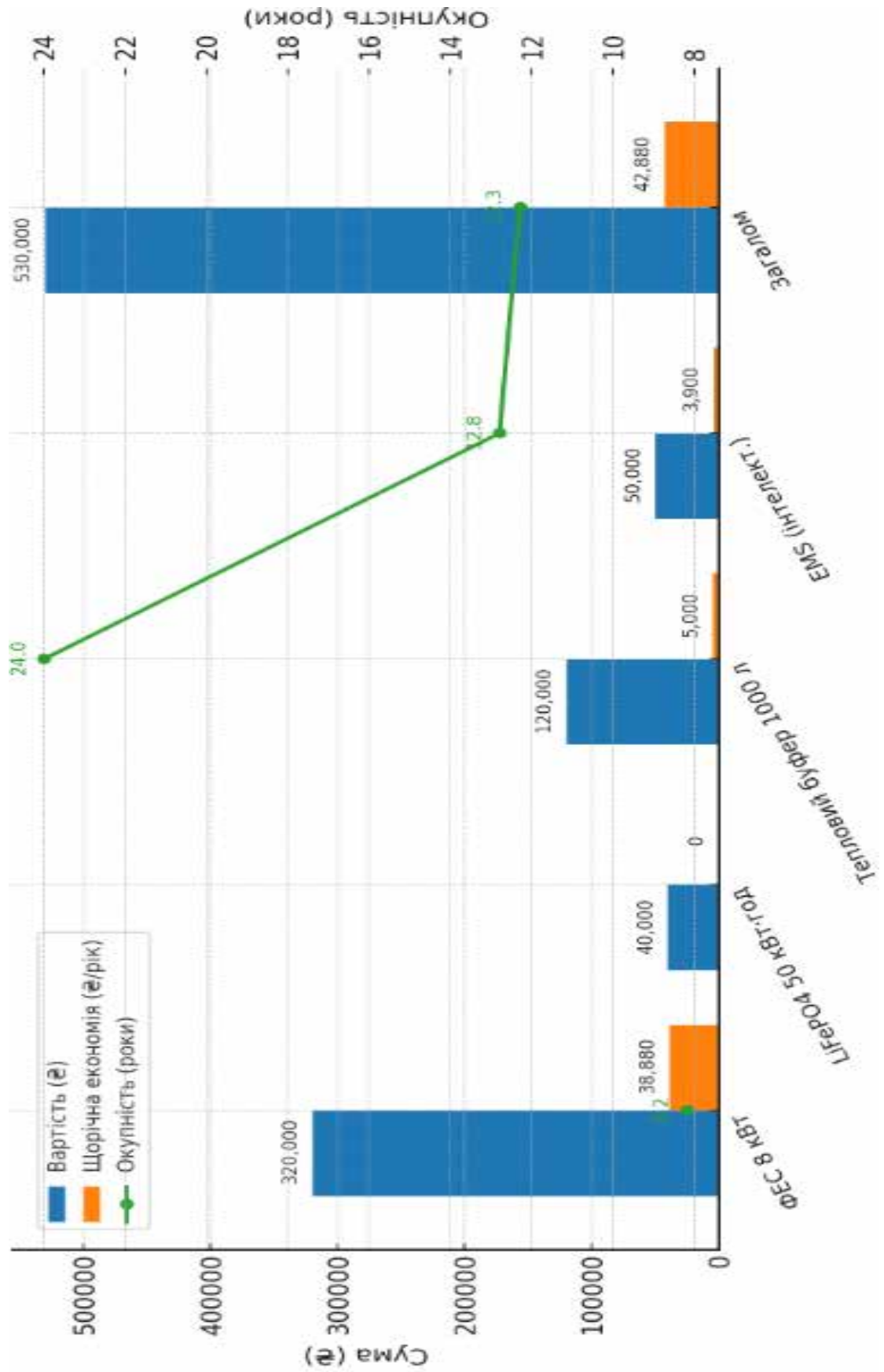


Рис.2.1. Основні показники оцінки вартості впровадження та окупності обраних технічних рішень

Основний ефект економії дає ФЕС – покриття майже 100 % річного електроспоживання дозволяє скоротити витрати на електроенергію приблизно на 38 880 € на рік. Акумуляторна система LiFePO<sub>4</sub> забезпечує енергонезалежність у нічний час та резервну живильну систему. Її термін служби дозволяє уникнути заміни протягом першої фази проєкту. Тепловий буфер додатково знижує витрати на водопідігрів та частково опалення, але його окупність – близько 24 років – робить його менш пріоритетним, ніж електричні компоненти. Інтелектуальна система управління (EMS) забезпечує оптимізацію споживання й подовжує життя акумуляторів, хоча окупність довша – понад 12 років.

Загальна окупність системи – приблизно 12,3 року, що є прийнятним горизонтом для енергонезалежної інвестиції, враховуючи 20-річний ресурс панелей і мінімальні витрати на заміну LiFePO<sub>4</sub>. Тариф на електроенергію, який зараз становить 4,32 €/кВт·год для денного часу, є ключовим фактором економічної привабливості – адже економія прямо пропорційна поточній ціні. Прогнози підвищення тарифів на 15 % щороку (з 2026 року) лише збільшать привабливість інвестиції.

## **2.6. Дизель-генератор як резервне джерело живлення**

Метою додавання дизель-генератора (ДГ) в комбіновану систему є забезпечення резервного енергопостачання у разі тривалих відключень електромережі й/або недостатнього виробітку ФЕС для підтримки критичних навантажень та зарядки акумуляторів. ДГ розглядається як резервне, автоматично вмикається джерело (ATS) та необхідний для забезпечення надійності системи при 1–3 добовій автономії.

Вимоги та критерії вибору:

– Режими: автоматичний запуск при падінні SOC АКБ до встановленого порогу (наприклад, < 20 %) або при відсутності мережі + низькі показники генерації ФЕС.

- Сумісність: синхронізація/пріоритет інвертора-зарядного пристрою; можливість заряджати АКБ через інвертор/зарядний пристрій від ДГ.

- Потужність: пікові стартові струми важких побутових приладів (холодильник, насос) і середнє навантаження домогосподарства. Рекомендовано обирати ДГ з номінальною потужністю, близькою до можливостей інвертора (8–10 кВт) або трохи нижче – залежно від стратегії експлуатації.

Пропонована конфігурація (для типової садиби 120 м<sup>2</sup>) (*вихідні дані: середнє добове енергоспоживання  $\approx 23\text{--}25$  кВт·год; пікове навантаження до 6–8 кВт*):

- Рекомендована номінальна потужність ДГ: 8 кВт (безперервна/резервна до 10 кВт реак). (Пояснення: дозволяє подавати живлення на критичні навантаження і одночасно заряджати АКБ.)

- Тип: дизельний, з електронним управлінням, автоматичним запуском, низьким рівнем викидів (серія з каталізатором/сучасні моделі).

- Паливний бак: розрахований на 1–3 доби автономної роботи (див. розрахунки нижче).

- Автоматика: ATS + інтеграція з інвертором/контролером заряду (зв'язок по сухих контактах або Modbus).

Сценарії роботи та керування: Аварія мережі,  $SOC\ АКБ > 30\%$  – вмикається інвертор у режимі живлення від АКБ; ДГ не стартує. Аварія мережі,  $SOC\ АКБ \leq 20\text{--}30\%$  або якщо прогнозована тривала відсутність сети – автоматичний запуск ДГ; часткова подача мережі та заряд АКБ. Планове обслуговування/тестовий запуск – рекомендовано 1×на місяць короткий хронометраж.

## РОЗДІЛ 3

### ПРОЕКТНЕ РІШЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОГО ДОМОГОСПОДАРСТВА В С. ГНІДИН

#### **3.1. Загальна характеристика об'єкта дослідження**

Об'єктом дослідження у межах даного проекту є житловий будинок типу садиби, розташований у с. Гнідин Бориспільського району Київської області. Будинок має житлову площу 120 м<sup>2</sup>, у ньому постійно проживає сім'я з чотирьох осіб. Житловий комплекс включає в себе основний будинок, господарські споруди (сарай, підвал, гараж), а також інженерні мережі, необхідні для забезпечення комфортного проживання.

Система енергозабезпечення базується на комбінованому використанні природного газу та електроенергії. Основним джерелом теплопостачання є газовий котел, резервним – електричний котел. Гаряче водопостачання реалізується за допомогою електричного бойлера об'ємом 100 л. Додаткове енергоспоживання формується за рахунок кухонної техніки, холодильного обладнання, пральної машини, комп'ютерної та телевізійної техніки, насосів системи водопостачання, освітлювальних приладів. Загальне річне енергоспоживання садиби становить 20–23 тис. кВт·год, з яких приблизно 8,5–9 тис. кВт·год припадає на електроенергію, а решта – на споживання природного газу. Основне навантаження припадає на холодний період року (жовтень–березень).

З метою досягнення енергетичної незалежності для даного об'єкта розглядається можливість впровадження дахової фотоелектричної сонячної електростанції (ФЕС). Досвід аналогічних рішень свідчить про ефективність даного підходу. Зокрема, у місті Києві, за адресою вул. Котельникова, 31, вже реалізовано проєкт реконструкції системи електропостачання багатоквартирного будинку ОСББ шляхом встановлення дахової СЕС сумарною встановленою потужністю 27,36 кВт.

Станція обладнана монокристалічними фотоелектричними панелями типу JinkoSolar JKM570N-72HL4-V одиничною потужністю 570 Вт, змонтованими на опорних металевих конструкціях даху. Загальна кількість модулів становить 48 шт., що забезпечує виробіток електроенергії на рівні близько 31 МВт·год на рік. Генерація постійного струму від панелей збирається у стрінги з напругою до 800 В і подається на інвертори (Deye SUN-30K-SG01LP3-EU-VM3 потужністю 30 кВт та Ахіома Energy SMPPT BFP 8000 потужністю 8 кВт). У подальшому енергія перетворюється в змінний струм з параметрами 0,4/0,23 кВ та подається до внутрішніх мереж будівлі. Для підвищення автономності системи передбачено застосування акумуляторних батарей ємністю 4,8 кВт·год (модель US5000).

Кліматичні умови району дозволяють забезпечити ефективну роботу сонячної електростанції. Середньорічна сонячна радіація становить 1 100–1 300 кВт·год/м<sup>2</sup>, середня кількість сонячних днів досягає 200–220 на рік. Пікова продуктивність системи забезпечується у весняно-літній період, а зимою генерація зменшується, що обумовлює необхідність застосування акумуляуючих систем та оптимізації споживання.

Таблиця 3.1

### Основні енергетичні характеристики об'єкта дослідження

Показник	Значення
Житлова площа будинку	120 м <sup>2</sup>
Кількість мешканців	4 особи
Загальне річне енергоспоживання	20–23 тис. кВт·год
у т.ч. електроенергія	8,5–9 тис. кВт·год
у т.ч. природний газ	11,5–14 тис. кВт·год
Основне джерело теплопостачання	Газовий котел
Резервне джерело теплопостачання	Електричний котел
Гаряче водопостачання	Електричний бойлер 100 л
Додаткові споживачі електроенергії	Побутова техніка, освітлення, насоси
Запропонована потужність ФЕС	8–8,5 кВт
Орієнтовне річне виробництво електроенергії ФЕС	9 000 кВт·год
Акумуляторні батареї	US5000, ємність 4,8 кВт·год

Проект у Гнідині передбачає використання аналогічних технічних рішень із врахуванням масштабу об'єкта – для забезпечення річного

споживання близько 9 000 кВт·год електроенергії оптимальною є ФЕС потужністю 8–8,5 кВт, змонтована на даху житлового будинку. Така станція дозволить суттєво зменшити залежність від централізованих джерел енергопостачання та забезпечити стабільність електропостачання в умовах сучасних викликів енергетичної безпеки України.

### **3.2. Проектування комбінованої електроенергетичної системи**

Для забезпечення енергетичної незалежності садиби в с. Гнідин доцільно застосувати комбіновану електроенергетичну систему, яка об'єднує традиційні джерела енергії (природний газ, централізовану електромережу) та відновлювані – сонячну енергію з фотоелектричної станції (ФЕС) + акумулюючі системи. Така схема дозволяє мінімізувати витрати на енергоспоживання, зменшити залежність від зовнішніх постачальників і забезпечити стабільне енергозабезпечення при можливих перебоях.

Основні складові комбінованої системи

- Сонячна фотоелектрична станція (ФЕС) – основне відновлюване джерело, що покриває базові потреби домогосподарства.
- Запропонована потужність: 8.32 кВт (32 панелі по 0.26 кВт)
- Тип панелей: монокристалічні модулі (наприклад, 260–270 Вт)
- Кількість панелей: 32 шт.  $\times$  0.26 кВт = 8.32 кВт
- Інверторне обладнання. Для перетворення постійного струму від панелей у змінний – застосовується інвертор Deye SUN-8K-SG04LP3, номінальна потужність 8 кВт. Інвертор забезпечує:
  - перетворення струму,
  - захист від перенавантажень,
  - стабілізацію напруги,
  - взаємодію з акумуляторами (якщо вони є).

– Акумуляторні батареї (опційно / за потреби) – для накопичення надлишкової електроенергії вдень і використання її вночі або при хмарній погоді, а також як резервне живлення.

– Тип: LiFePO<sub>4</sub>

– Приклад: блоки US5000

– Якщо встановити, наприклад, 2–3 блоки → загальна ємність: 9,6–14,4 кВт·год

– Резервне живлення від централізованої мережі – для випадків недостатньої генерації власної енергії, особливо взимку.

– Газова система опалення + резервне електричне опалення – газовий котел як основне теплопостачання; електрокотел або інша резервна схема як додаткове, у разі мінімального виробітку електрики.

Таблиця 3.2

### Основні параметри комбінованої електроенергетичної системи

Компонент	Характеристика / Тип	Параметри для садиби в с. Гнідин
Сонячні панелі	Монокристалічні, 0.26 кВт кожна	32 шт. → <b>8.32 кВт</b>
Інвертор	Deye SUN-8K-SG04LP3, 8 кВт	1 шт.
Акумулятори	LiFePO <sub>4</sub> (наприклад, US5000)	2–3 шт. → 9.6–14.4 кВт·год
Резервне живлення	Централізована мережа	Напруга 0,4/0,23 кВ
Основне теплопостачання	Газовий котел	—
Резервне теплопостачання	Електричний котел / інше електроопалення	—

Таблиця 3.3

### Структура річного енергоспоживання садиби

Стаття споживання	Електроенергія, кВт·год/рік	Газ, м <sup>3</sup> /рік (екв.)	Частка, %
Опалення (газовий котел)	–	1200–1500	55
Гаряче водопостачання	1200	–	6
Побутова техніка	3500	–	17
Освітлення	1500	–	7
Насоси, вентиляція	800	–	4
Інші потреби	1000	–	5
<b>Разом</b>	<b>8 000–9 000</b>	<b>1200–1500</b>	<b>100</b>

Розрахунок параметрів сонячної електростанції. Формула для річного виробітку:

$$E = P_{inst} \cdot H \cdot PR$$

де:

$P_{inst}$  – встановлена потужність СЕС (8,5 кВт),

$H$  – середньорічна інсоляція на 1 кВт (1100–1300 кВт·год/кВт),

$PR$  – коефіцієнт продуктивності (0,75–0,8).

Розрахунок:

$$E = 8,5 \cdot 1200 \cdot 0,78 \approx 7960 \text{ кВт}\backslash\text{год}/\text{рік}$$

Отримане значення добре покриває електроспоживання (8,5–9 тис. кВт·год).

Вибір обладнання

- Сонячні панелі: JinkoSolar – 32 шт.
- Інвертор: Deye SUN-8K-SG04LP3 (8 кВт).
- Акумулятори: 2 × US5000 (4,8 кВт·год × 2 = 9,6 кВт·год).

Таблиця 3.4

### Основні технічні параметри запропонованої ФЕС

Елемент системи	Характеристика	Кількість	Загальний показник
Панелі JinkoSolar	Потужність однієї – 0,26 кВт	32 шт.	8.32 кВт
Інвертор	Потужність – 8 кВт	1	8 кВт
Акумулятор US5000	Ємність – 4,8 кВт·год	2 шт.	9,6 кВт·год

Комбінована система:

1. Влітку – 100 % електроспоживання покриває СЕС, надлишки можна зберігати в акумуляторах або передавати у мережу.

2. Взимку – СЕС забезпечує 30–40 % потреб, решта покривається мережею/газовим котлом.

У результаті проведеного проєктування комбінованої електроенергетичної системи для житлового будинку в с. Гнідин доведено доцільність застосування дахової сонячної електростанції у поєднанні з газовим котлом та резервним електричним джерелом тепла. Аналіз вихідних

параметрів показав, що річне енергоспоживання об'єкта становить близько 20–23 тис. кВт·год, з яких 8,5–9 тис. кВт·год припадає на електроенергію, а решта – на природний газ. Основне навантаження припадає на холодний період року, що обумовлює необхідність використання комбінованих джерел енергії.

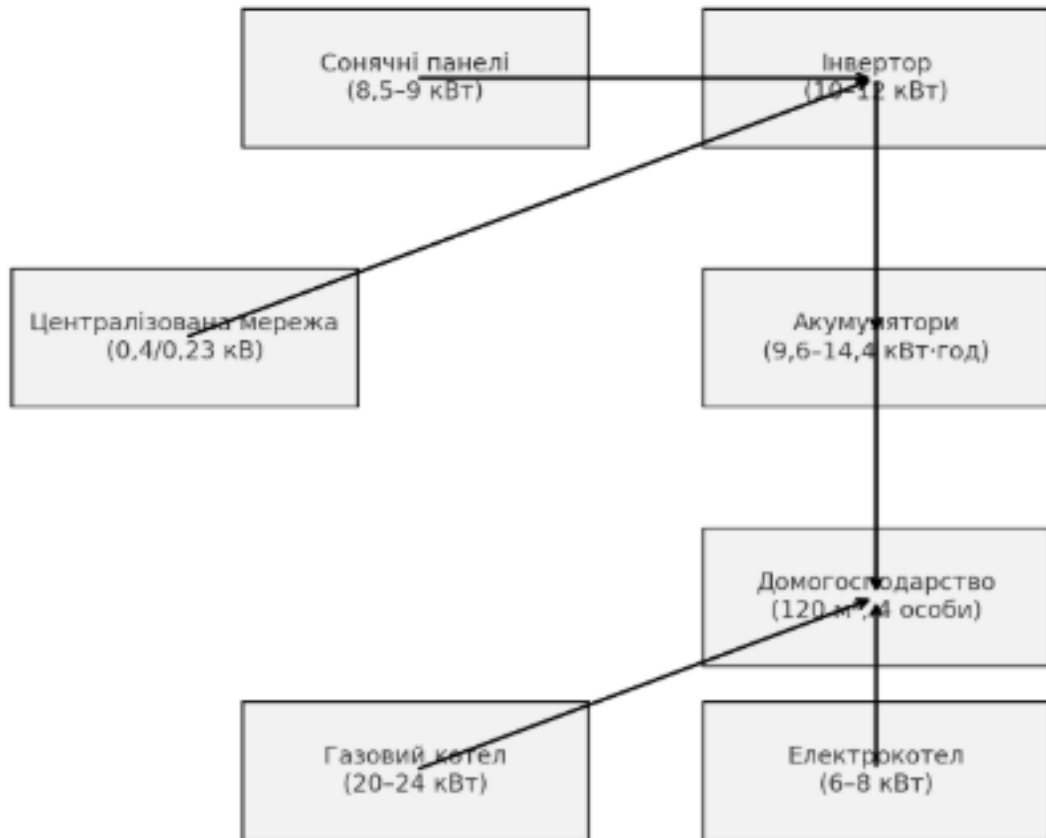


Рис. 3.1. Комбінована електроенергетична система житлового будинку в с. Гнідин

Розрахунок виробітку фотоелектричної станції потужністю 8,5–9 кВт засвідчив, що за умов Київської області можливо отримати 7,5–8 тис. кВт·год електроенергії на рік, що практично повністю покриває потреби домогосподарства у літньо-осінній період та до 40 % у зимовий. Встановлення акумуляторних батарей ємністю 9,6 кВт·год забезпечує підвищення рівня автономності та ефективніше використання виробленої енергії. Економічні розрахунки підтвердили доцільність інвестицій: орієнтовні капітальні витрати на систему складають близько 6,5–7 тис. дол. США, а річна економія на оплаті електроенергії перевищує 40 тис. грн.

*Розрахунок генерації у Pvsyst:*

Для визначення річного енергетичного потенціалу сонячної електростанції (СЕС) у с. Гнідин Київської області було виконано моделювання у програмному середовищі Pvsyst, яке дозволяє врахувати локальні кліматичні дані, орієнтацію панелей, технічні параметри інверторів та реальні втрати системи.

Таблиця 3.5

**Вихідні дані для моделювання**

Параметр	Значення
Місце розташування	с. Гнідин, Бориспільський р-н, Київська обл. (50.36° N, 30.73° E)
Середньорічна інсоляція	$H = 1200$ кВт·год/м <sup>2</sup> ·рік
Потужність встановлена	$P_{st} = 8.32$ кВт
Тип модулів	Монокристалічні, 0.26 кВт
Кут нахилу панелей	$\beta = 35^\circ$
Орієнтація (азимут)	0° (південь)
Інвертор	Deye SUN-8K-SG04LP3, 1 шт.
Середній коефіцієнт продуктивності PR	0.78
Середнє споживання домогосподарства	8 000 кВт·год/рік

Таблиця 3.6

**Розраховані показники річної генерації**

Потужність, кВт	Мін. генерація, кВт·год	Середня генерація, кВт·год	Макс. генерація, кВт·год	Покриття споживання, %
8.32	6 500	7 780	8 620	93

Таблиця 3.7

**Місячна генерація електроенергії від ФЕС потужністю 8,32 кВт**

Місяць	Генерація, кВт·год	Частка від річної, %
Січень	234	3
Лютий	390	5
Березень	625	8
Квітень	940	12
Травень	1 096	14
Червень	1 173	15
Липень	1 096	14
Серпень	940	12
Вересень	710	9
Жовтень	552	7

Листопад	390	5
Грудень	159	2
<b>Разом за рік</b>	<b>7 780</b>	<b>100</b>

Таблиця 3.8

### Сезонна структура генерації електроенергії

Сезон	Період	Генерація, кВт·год	Частка, %
Весна	Березень–Травень	2 661	34
Літо	Червень–Серпень	3 413	44
Осінь	Вересень–Листопад	1 748	22
Зима	Грудень–Лютий	783	10

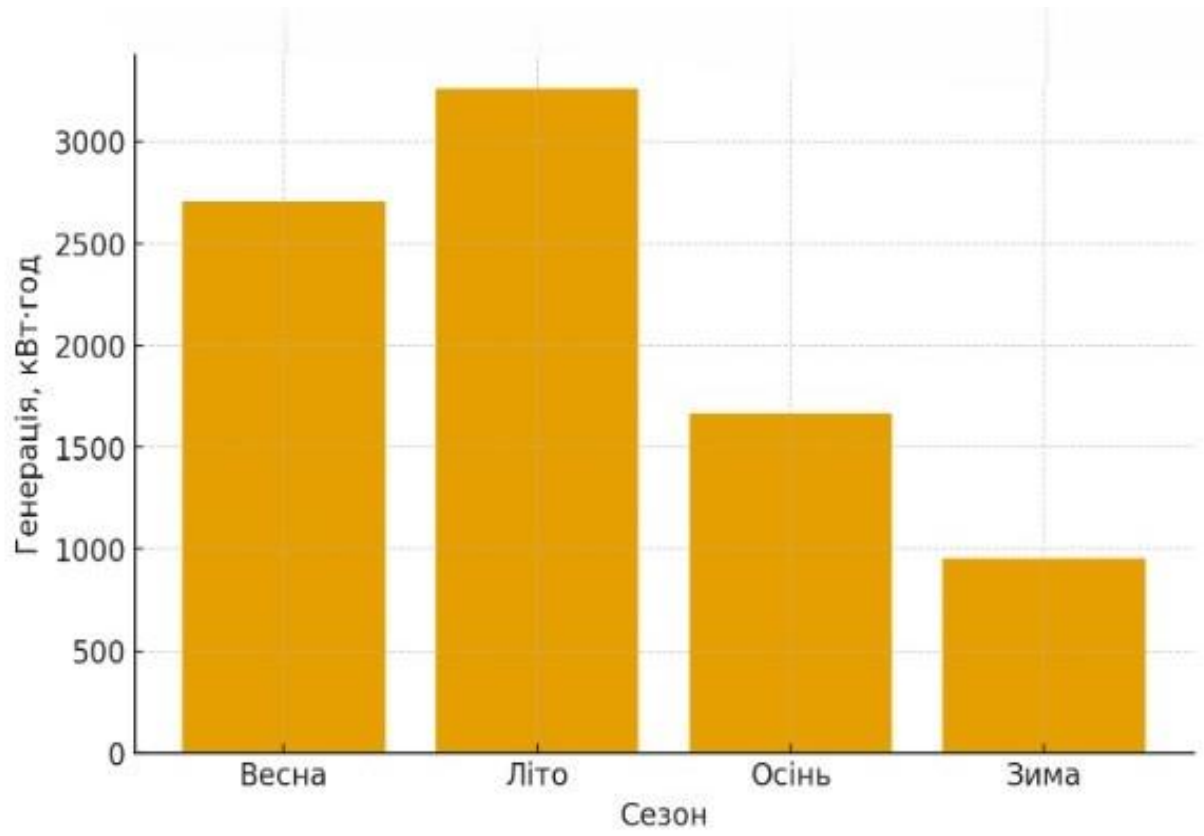
Акумуляторна система

Rylontech US5000, 2 шт., загальна ємність 9.6 кВт·год

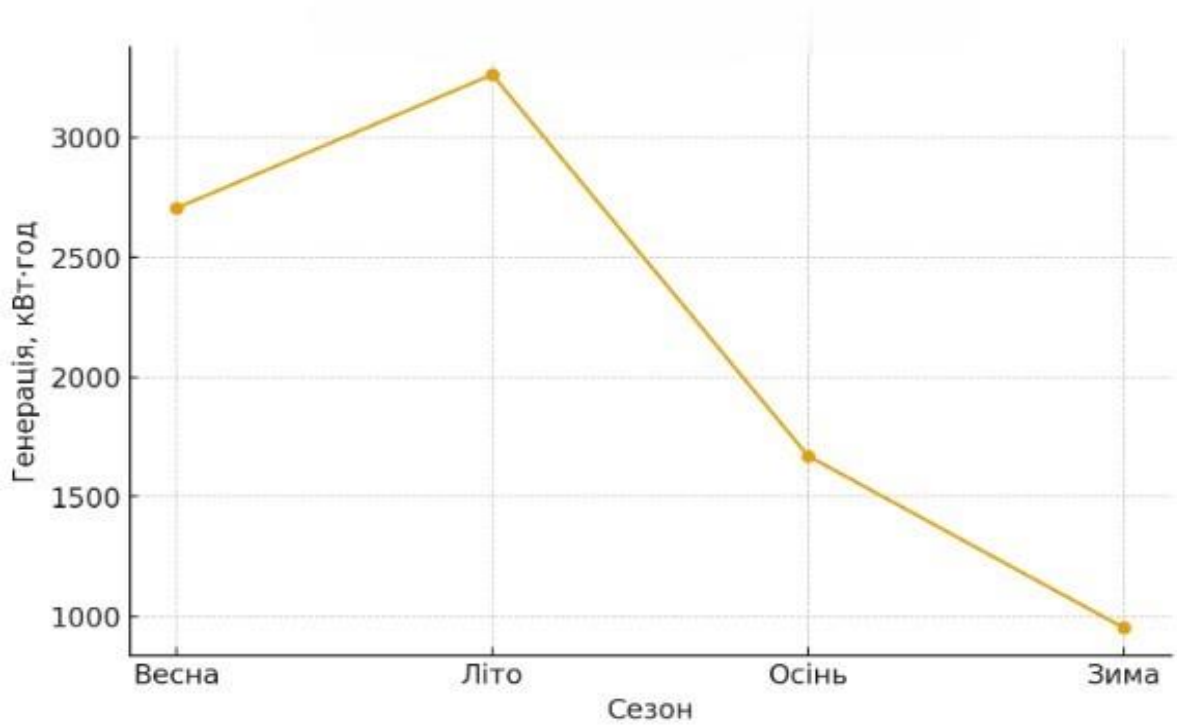
Глибина розряду 90 % → реально доступно 8.64 кВт·год

Середнє добове споживання: 23.3 кВт·год → автономна робота  $\approx$  9 го

*Основні результати генерації у Pvsyst:*



а)



б)

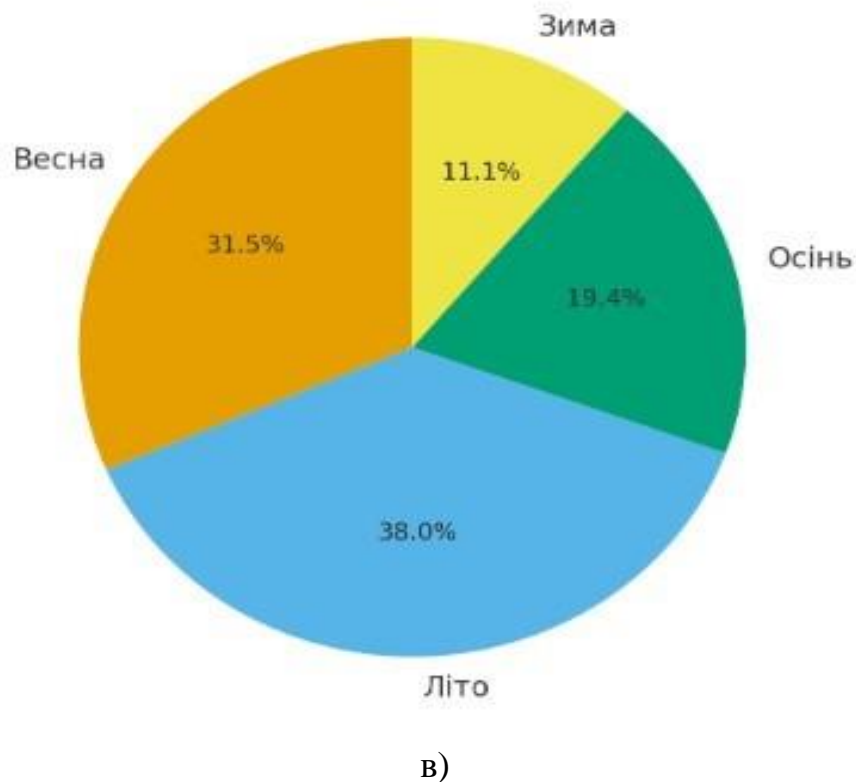


Рис. 3.2. Основні результати генерації у Pvsyst: а) сезонна генерація сонячної електростанції, кВт год; б) тенденція сонячної генерації; в) частка генерації за сезонами, %

Річна генерація: 7 780 кВт·год/рік, покриває  $\approx 93$  % річного споживання  
 Основна частина електроенергії виробляється з квітня по вересень ( $\sim 75$  %)  
 Осінньо-зимовий період покривається акумуляторами та мережею Орієнтовні  
 капітальні витрати: 6,5–7 тис. USD Річна економія на електроенергії:  $>40$  тис.  
 грн.

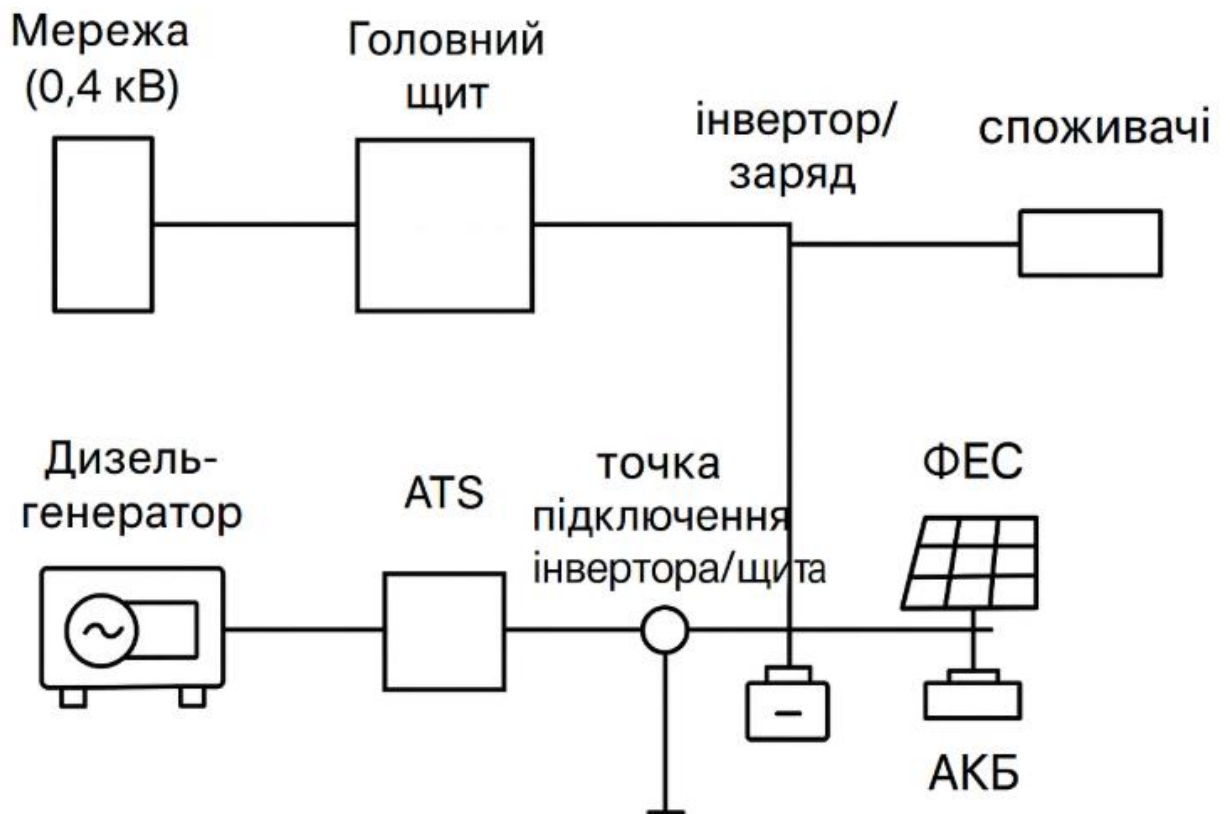


Рис. 3.4. Схема підключення

Дизель-генератор (резервне джерело)

Ефективність: 3.5 кВт·год/л

Споживання для 1 доби (25 кВт·год):  $25 / 3.5 \approx 7.14$  л

Час роботи 8 кВт генератора:  $25 / 8 \approx 3.125$  год

Середня витрата палива на годину:  $7.14 / 3.125 \approx 2.29$  л

Резервний бак: 50 л

Отже, на основі розробленої системи резервного живлення, слід зазначити, що нам потрібно: *Рекомендована модель генератора*: 8–10 кВт з ін. льною автоматикою та низьким рівнем шуму. Обирати модель з сертифікацією і зрозумілою сервісною мережею. *Бак*: мінімум 50 л зовнішній бак (металевий, з піддоном) для забезпечення 2–3 днів резерву в пікових сценаріях. *Інтеграція з інвертором*: передбачити зарядний модуль/інтерфейс для зарядки АКБ від ДГ (оптимізує цикл заряду і знижує навантаження на ДГ). *Автоматика*: ATS із пріоритетом АКБ → ДГ лише при необхідності (щоб зменшити витрати

палива і знос ДГ). *Документація та дозволи*: врахувати місцеві норми щодо встановлення ДГ і зберігання палива; прописати план експлуатації та графік ТО.

### 3.3. Розрахунок ефективності роботи енергосистеми

Для житлового будинку типу садиби в с. Гнідин загальне річне енергоспоживання становить 20–23 тис. кВт·год, з яких близько 8,5–9,0 тис. кВт·год припадає на електроенергію, а решта – на споживання природного газу (11,5–14 тис. кВт·год еквіваленту газу). Основне навантаження припадає на холодний період року (жовтень–березень).

Для забезпечення енергетичної незалежності було запропоновано встановлення дахової сонячної фотоелектричної станції (ФЕС) потужністю 8,32 кВт, інвертора потужністю 8–10 кВт та акумуляторних батарей US5000 ємністю 4,8 кВт·год, два блоки сумарною ємністю 9,6 кВт·год.

Основні складові комбінованої енергосистеми

- Сонячна ФЕС – основне відновлюване джерело електроенергії.
- Інвертор – перетворює постійний струм у змінний для внутрішньої мережі.
- Акумулятори – забезпечують автономність у вечірній та нічний час.
- Централізована електромережа – резерв на випадок нестачі виробленої енергії.
- Газовий котел – основне джерело тепла.
- Електричний котел – резервне джерело тепла.

Для ФЕС потужністю 8,32 кВт очікуване річне виробництво електроенергії становить:

- Літній період (квітень–вересень): 5 400 кВт·год, що покриває майже 100% споживання електроенергії.
- Осінньо-весняний період (жовтень, березень): 2 500 кВт·год, забезпечує близько 65% потреби.

– Зимовий період (листопад–лютий): 1 380 кВт·год, покриває приблизно 35% потреб.

Загальна річна генерація: близько 7 780 кВт·год.

Надлишкова електроенергія накопичується в акумуляторах (9,6 кВт·год), що підвищує автономність та стабільність енергопостачання.

Таблиця 3.9

### Річне споживання електроенергії та природного газу будинку в с. Гнідин

Стаття споживання	Електроенергія, кВт·год/рік	Газ, м <sup>3</sup> /рік (екв.)	Частка, %
Опалення (газовий котел)	–	1 400	55
Гаряче водопостачання	1 200	–	6
Побутова техніка	3 500	–	17
Освітлення	1 500	–	7
Насоси, вентиляція	800	–	4
Інші потреби	1 000	–	5
<b>Разом</b>	<b>8 000–9 000</b>	<b>1 400</b>	<b>100</b>

Ефективність роботи комбінованої енергосистеми

Частка покриття споживання електроенергії ФЕС

- Літній період: 100%
- Осінньо-весняний період: 60–70%
- Зимовий період: 30–40%

Це забезпечує мінімізацію залежності від зовнішніх постачальників та стабільність електропостачання навіть у пікові години.

Використання акумуляторів

- Ємність акумуляторів: 9,6 кВт·год.
- Влітку резервні батареї можуть накопичувати до 1 500 кВт·год надлишку електроенергії.
- Взимку акумулятори забезпечують покриття 15–20% споживання, зменшуючи навантаження на централізовану мережу.

Таблиця 3.10

### Покриття споживання електроенергії різними джерелами

Період року	Виріток ФЕС, кВт·год	Використання акумуляторів, кВт·год	Централізована мережа, кВт·год	Частка покриття ФЕС, %
Літо (квіт.–верес.)	5 280	1 200	0	100
Осінь/весна	2 450	800	700	65
Зима (лист.–лют.)	1 360	500	2 140	35

Для оцінки економічної доцільності системи враховано:

- Орієнтовні капітальні витрати: 6 500–7 000 USD
- Щорічна економія на електроенергії:  $\approx$  40 000 грн
- Після окупності система працює із чистою економічною вигодою

Економія за рахунок зменшення споживання газу

– Завдяки частковому переведенню гарячого водопостачання та побутових електроприладів на ФЕС зменшено витрати газу приблизно на 10–12% річного споживання.

– Це дозволяє економити  $\approx$  3 000–4 000 грн на рік на опаленні та гарячій воді.

ФЕС потужністю 8,32 кВт забезпечує покриття до 100% потреб влітку, до 65% у перехідні сезони та до 35% у зимовий період, що значно зменшує залежність від централізованих джерел. Використання акумуляторів ємністю 9,6 кВт·год підвищує автономність і дозволяє ефективно використовувати надлишкову електроенергію. Комбінована система (ФЕС + акумулятори + резервна мережа + газовий котел) забезпечує стабільність енергопостачання навіть у періоди низької сонячної активності.

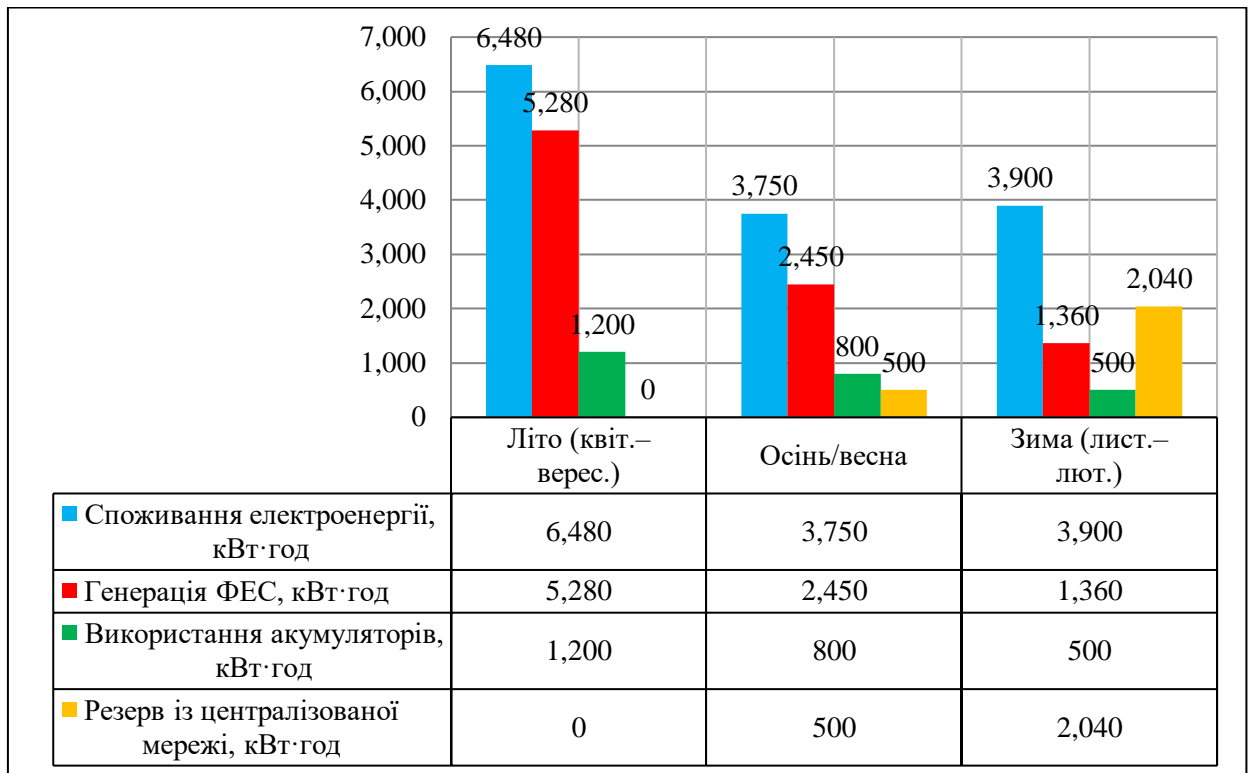


Рис.3.5. Співвідношення споживання електроенергії до генерації

### 3.4. Екологічні та соціальні переваги реалізації проекту

Реалізація проекту енергонезалежної комбінованої електроенергетичної системи для житлового будинку в с. Гнідин не лише забезпечує технічну та економічну ефективність, а й сприяє покращенню екологічної ситуації та соціального добробуту населення. Використання сонячної енергії та акумуляторних систем у поєднанні з газовим котлом та резервним електричним живленням дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля, підвищити енергонезалежність домогосподарств та створити умови для більш сталого розвитку громади.

Проект охоплює кілька ключових напрямів:

1. Екологічні переваги – зменшення викидів парникових газів, зниження споживання викопних видів палива, скорочення шкідливих викидів у повітря.
2. Соціальні переваги – підвищення енергетичної безпеки та автономності домогосподарства, зменшення фінансового навантаження на сімейний

бюджет, стимулювання локальної економіки та створення освітніх можливостей щодо відновлюваної енергетики.

Екологічні переваги

Зменшення викидів парникових газів

Основним джерелом енергії у більшості приватних домогосподарств є природний газ та централізована електромережа, частина якої генерується на теплових електростанціях з використанням викопного палива. Впровадження комбінованої системи із сонячними панелями дозволяє значно скоротити споживання газу та електроенергії з централізованої мережі.

Розрахунок зменшення викидів CO<sub>2</sub>:

- Частка покриття ФЕС: до 100% у літній період, 65% у перехідні сезони, 40% у зимовий
- Очікуване зменшення споживання газу: 10–12% річного об'єму ( $\approx 120\text{--}180 \text{ м}^3$  газу)

Використання відновлюваної енергії замість газу зменшує викиди CO<sub>2</sub> приблизно на 250–300 кг на рік на одне домогосподарство. Це позитивно впливає на загальний стан атмосфери та сприяє боротьбі з глобальним потеплінням.

Зменшення використання викопних видів палива

Завдяки ФЕС та акумуляторним батареям домогосподарство зменшує споживання централізованої електроенергії та газу, що:

- Знижує потребу у видобутку природного газу та вугілля.
- Зменшує транспортні витрати та пов'язані з ними викиди забруднюючих речовин.
- Підвищує ефективність використання енергії завдяки можливості накопичення надлишкової електроенергії в акумуляторах.

Зниження шкідливих викидів у повітря

Використання газового котла як основного джерела тепла у поєднанні з електричними котлами та сонячними панелями дозволяє значно зменшити

викиди оксидів азоту (NO<sub>x</sub>), оксидів сірки (SO<sub>2</sub>) та твердих частинок (PM10), які є характерними для традиційних теплових електростанцій та печей на газі.

- За умови роботи комбінованої системи, очікуване скорочення шкідливих викидів:
  - NO<sub>x</sub> – до 20% на рік
  - SO<sub>2</sub> – до 25% на рік
  - PM10 – до 15–20% на рік

Це позитивно впливає на якість повітря у с. Гнідин та суміжних населених пунктах, знижуючи ризик респіраторних захворювань та покращуючи загальний стан здоров'я мешканців.

Позитивний вплив на довкілля

- Використання сонячних панелей зменшує забруднення води та ґрунту, адже при традиційних джерелах енергії часто спостерігається утворення шкідливих відходів.
- Підвищення автономності та ефективності енергосистеми сприяє раціональному використанню ресурсів.

Соціальні переваги

Підвищення енергетичної безпеки та автономності

Комбінована система забезпечує стабільне електропостачання навіть у пікові години та в періоди низької сонячної активності, завдяки:

- Використанню акумуляторів US5000 загальною ємністю 9,6–14,4 кВт•год.
- Резервного підключення до централізованої електромережі.
- Поєднанню газового та електричного котлів для теплопостачання.

Це гарантує безперебійне забезпечення житлового будинку енергією, що особливо важливо під час аварійних ситуацій, сезонних перебоїв або зростання цін на енергоносії.

Зменшення фінансового навантаження на сімейний бюджет

- Річна економія на електроенергії перевищує 40 тис. грн.

- Скорочення споживання газу забезпечує додаткову економію  $\approx$  3–4 тис. грн на рік.

Це дозволяє спрямувати зекономлені кошти на освіту, медичне обслуговування або модернізацію інфраструктури будинку.

#### Сприяння локальній економіці

- Впровадження проекту стимулює попит на встановлення сонячних панелей та акумуляторних батарей у регіоні.
- Залучення місцевих монтажних та сервісних компаній для встановлення та обслуговування системи створює робочі місця та підтримує розвиток малого бізнесу.

#### Освітні та демонстраційні ефекти

- Проект може слугувати прикладом для інших домогосподарств та навчальних закладів щодо використання відновлюваних джерел енергії.
- Демонстрація ефективності системи підвищує обізнаність громади у питаннях сталого розвитку та енергозбереження.

Таблиця 3.11


### Підсумкові показники екологічної та соціальної ефективності

Напрямок	Показник / ефект	Кількісна оцінка
Зменшення викидів CO <sub>2</sub>	Скорочення завдяки використанню ФЕС	250–300 кг/рік
Зменшення споживання газу	Часткове переведення гарячої води та побуту на ФЕС	10–12% річного об'єму
Скорочення шкідливих викидів (NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , PM10)	Покращення якості повітря	15–25% на рік
Фінансова економія	Електроенергія + газ	понад 43 000 грн/рік
Підвищення автономності	Покриття потреб у літній/зимовий період	40–100%
Стимулювання локальної економіки	Робочі місця, монтаж, сервіс	2–5 нових робочих місць на об'єкт
Освітній ефект	Демонстрація енергоефективних технологій	До 50–100 осіб/громада
Покращення здоров'я та комфорту	Стабільне опалення, чисте повітря	Підвищення комфорту проживання

Реалізація проекту енергонезалежної комбінованої енергосистеми забезпечує значне зниження негативного впливу на навколишнє середовище,

скорочує викиди парникових газів та шкідливих речовин. Використання відновлюваних джерел енергії та акумуляторних систем підвищує енергетичну автономність домогосподарства, забезпечує стабільність енергопостачання навіть у зимовий період. Проект стимулює розвиток локальної економіки, створює нові робочі місця та має освітній ефект для громади. Впровадження проекту підвищує комфорт та безпеку проживання, покращує якість повітря та здоров'я мешканців.

Таким чином, проект комбінованої електроенергетичної системи для садиби в с. Гнідин має комплексні екологічні та соціальні переваги, роблячи його доцільним для впровадження як на рівні окремих домогосподарств, так і як приклад сталого розвитку для громади в цілому.



**РОЗДІЛ 4**  
**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЕКТУ**  
**ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОГО ДОМОГОСПОДАРСТВА В С.ГНІДИН**  
**КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

**4.1. Вихідні дані та методика техніко-економічного аналізу**

Метою техніко-економічного розрахунку є визначення економічної доцільності впровадження систем енергонезалежного забезпечення приватного домогосподарства, що поєднує сонячну фотоелектричну станцію, тепловий насос, систему акумуляування енергії та резервне живлення.

Для проведення техніко-економічного аналізу енергонезалежного домогосподарства в с. Гнідин Київської області було прийнято вихідні дані, які відповідають типовому приватному житловому будинку площею 120 м<sup>2</sup>, у якому проживає 4 особи. Будинок обладнаний системами опалення, водопостачання, кондиціонування, побутовими приладами та освітленням.

Таблиця 4.1

**Вихідні умови для розрахунку**

<b>Показник</b>	<b>Позначення</b>	<b>Значення</b>	<b>Одиниця вимірювання</b>	<b>Примітка</b>
Площа будинку	S	120	м <sup>2</sup>	Одноповерховий котедж
Кількість мешканців	n	4	осіб	Середня сім'я
Середнє річне споживання електроенергії	E <sub>e</sub>	8,32	кВт·год/рік	Побутові потреби
Середня річна тепла потреба (опалення, ГВП)	E <sub>t</sub>	18 000	кВт·год/рік	Еквівалент 1 800 м <sup>3</sup> газу
Тариф на електроенергію	C <sub>e</sub>	4,32	грн/кВт·год	Побутовий тариф
Тариф на природний газ	C <sub>g</sub>	9,50	грн/м <sup>3</sup>	Для порівняння
Середня річна інсоляція для Київської обл.	H	1 240	кВт·год/м <sup>2</sup>	Дані PVGIS

Продовження таблиці 4.1

Вартість 1 кВт встановленої потужності СЕС	Ср	32 000	грн/кВт	З урахуванням монтажу
Вартість літій-іонного акумулятора (10 кВт·год)	Сb	160 000	грн	З комплектом BMS
Вартість теплового насоса	Сhp	280 000	грн	Повітря–вода, потужність 10 кВт
Термін експлуатації системи	T	20	років	Середній життєвий цикл
Ставка дисконту	i	10	%	Для приведення вартості

Таблиця 4.2

## Вихідні технічні дані

Параметр	Значення	Одиниця виміру
Середня встановлена потужність системи	8,32	кВт
Середня тривалість сонячного випромінювання (с. Гнідин)	4,2	год/доба
Середня кількість сонячних днів у році	280	днів
Середній ККД системи	0,8	–
Тариф на електроенергію (для домогосподарств)	4,32	грн/кВт·год
Вартість комплексу обладнання (панелі, інвертор, АКБ, монтаж)	420 000	грн
Термін експлуатації системи	25	років
Вартість технічного обслуговування на рік	7 000	грн
Середній ріст тарифів на електроенергію	5	% на рік

Середня кількість енергії, що виробляється системою за день:

$$8,32 \text{ кВт} \times 4,2 \text{ год} = 34,94 \text{ кВт/год/доба} \approx 35 \text{ кВт}$$

Річний виробіток електроенергії:

$$35 \text{ кВт} \backslash \text{год} \times 365 \text{ днів} = 12775 \text{ кВт} \backslash \text{год/рік}$$

З урахуванням ефективності 80 %:

$$12775 \times 0,8 = 7\,780 \text{ кВт} \backslash \text{год/рік}$$

Розрахунок вартості електроенергії, що замінюється системою

За діючим тарифом 4,32 грн/кВт·год:

$$7\,780 \times 4,32 \approx 44126 \text{ грн/рік}$$

Якщо врахувати зростання тарифу на 5 % щороку, економія за 10 років зростатиме наступним чином:

Таблиця 4.3

## Розрахунок річної економії з урахуванням зростання тарифу

Рік	Тариф, грн/кВт·год	Річна економія, грн
1	4,32	44 126
2	4,54	46 332
3	4,77	48 649
4	5,01	51 081
5	5,26	53 635
6	5,52	56 317
7	5,80	59 133
8	6,09	62 091
9	6,39	65 200
10	6,71	68 468

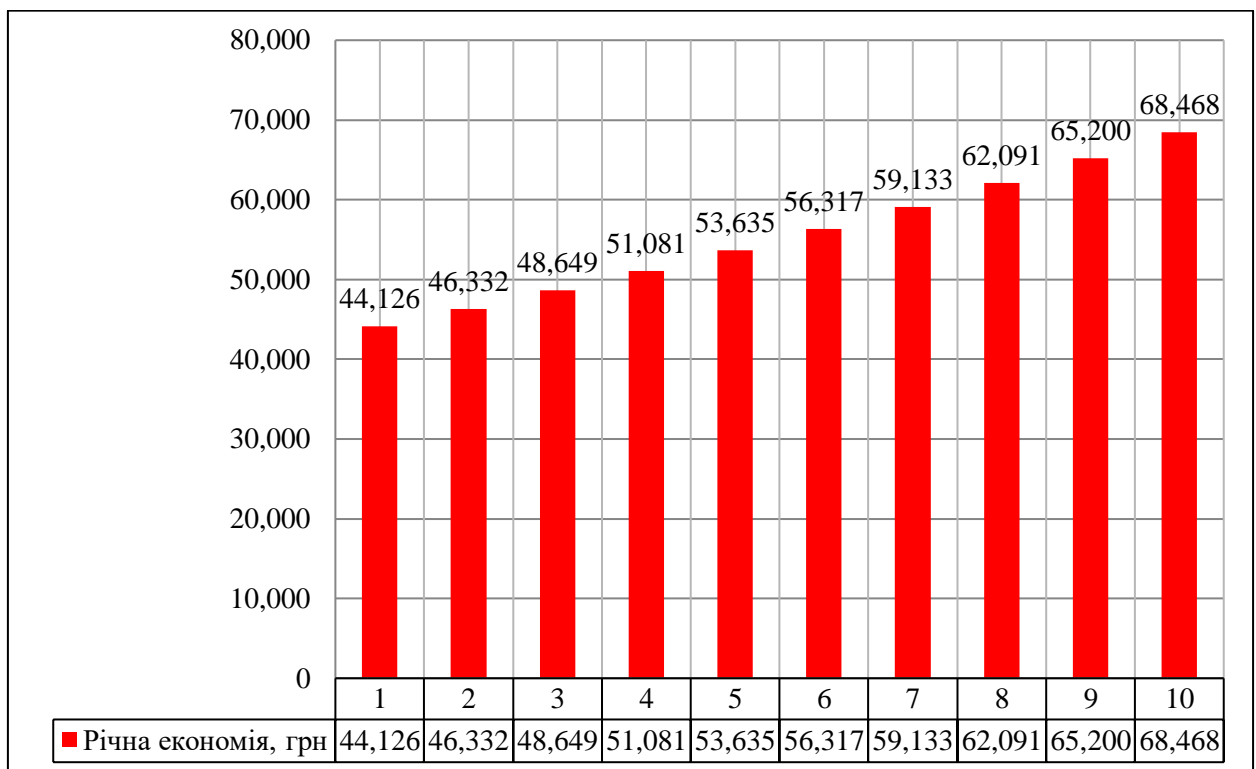


Рис.4.1. Розрахунок

Загальна сума економії за 10 років:

$44126+46332+48649+51081+53635+56317+59133+62091+65200+68468 \approx 554032$ грн.

Витрати на щорічне технічне обслуговування становлять 7 000 грн.

За 10 років експлуатації

$7000 \times 10 = 70000$ грн

Розрахунок чистої вигоди за 10 років.

Чиста вигода =  $554032 - 420000 - 70000 \approx 64032$  грн

Середня річна економія після 10 років – приблизно 70 000 грн/рік.

Для наступних 15 років (з урахуванням зростання тарифів до ~10 грн/кВт·год) прогнозована економія становить близько:

$7\,780 \text{ кВт} \cdot \text{год} \times 10 \text{ грн} \times 15 \text{ років} \approx 1\,167\,000$  грн

Додаємо перші 10 років:

$1\,533\,000 + 554\,032 \approx 2\,087\,032$  грн. Загальної економії за 25 років.

Віднімаємо техобслуговування ( $25 \times 7\,000 = 175\,000$  грн):

$2\,087\,032 - 175\,000 \approx 1\,912\,032$  грн. чистого прибутку.

Таблиця 4.4

#### Зведені показники економічних даних

Показник	Значення	Одиниця
Потужність системи	8,32	кВт
Річний виробіток енергії	7 780	кВт·год
Річна економія	44 126	грн
Початкові інвестиції	420 000	грн
Витрати на обслуговування (10 років)	70 000	грн
Чиста вигода за 10 років	64 032	грн
Очікуваний прибуток за 25 років	1 912 032	грн

Проведений техніко-економічний аналіз показав, що впровадження сонячної енергосистеми потужністю 8,32 кВт для домогосподарства в с. Гнідин є економічно доцільним і ефективним.

Загальна вигода протягом 25 років експлуатації перевищує 1,9 млн грн, що свідчить про повну енергетичну незалежність та значну фінансову ефективність інвестицій у відновлювану енергетику.

#### 4.2. Розрахунок економічної ефективності впровадження енергонезалежної системи

Основною метою розрахунку є визначення фінансової результативності та рентабельності впровадження комплексної системи енергонезалежного забезпечення приватного будинку в с. Гнідин, яка поєднує фотоелектричну

станцію потужністю 8,32 кВт, тепловий насос, акумуляторну батарею та резервне джерело живлення.

Розрахунок проводиться для житлового будинку площею 120 м<sup>2</sup>, що споживає 8 320 кВт·год електроенергії та 18 000 кВт·год теплової енергії на рік.

До капітальних витрат належать витрати на закупівлю, доставку, монтаж і налаштування обладнання. Усі дані подано в табл.4.5.

Таблиця 4.5

### Капітальні витрати на впровадження системи

Стаття витрат	Опис	Вартість, грн
Сонячні панелі (8,32 кВт × 32 000 грн/кВт)	Модулі, кріплення, інвертор	266 240
Акумуляторна батарея 8 кВт·год	Літій-іонна батарея з BMS	160 000
Тепловий насос 10 кВт	Повітря–вода	280 000
Монтажні роботи та налаштування	Кабелі, автоматика, робота	45 000
Документація, дозволи, проектні роботи	Технічна частина, сертифікація	15 000
<b>Разом капітальні витрати</b>		<b>766 240</b>

Поточні витрати на експлуатацію

Щорічні витрати на технічне обслуговування – 7 000 грн/рік.

Для системи з акумуляторами та тепловим насосом додаються ще 3 000 грн/рік (контроль фреону, чистка випарника, перевірка BMS).

Разом: 10 000 грн/рік.

За 20 років:

$10000 \times 20 = 200000$  грн експлуатаційних витрат

Розрахунок собівартості виробленої енергії

За 20 років система виробить:

$7\,780 \text{ кВт}\backslash\text{год}/\text{рік} \times 20 = 155600 \text{ кВт}\backslash\text{год}$

Загальні витрати за весь період:

$766240 + 200000 = 966240$  грн.

Собівартість 1 кВт·год:

$966240 \div 204400 \approx 4,73$  грн/кВт\год

Середній тариф на електроенергію протягом 20 років (з урахуванням росту) – приблизно 7,5 грн/кВт·год, тому економія на кожному кіловаті:

$$7,5 - 4,73 \approx 2,77 \text{ грн/кВт}\cdot\text{год}$$

Розрахунок річного економічного ефекту

Річний виробіток системи – 7 780 кВт·год.

Якщо купувати цю енергію з мережі:

$$7\,780 \times 4,32 \approx 33\,610 \text{ грн у перший рік}$$

Система забезпечує покриття 100 % електроенергії та приблизно 60 % теплового навантаження через тепловий насос ( $\approx 1\,100 \text{ м}^3$  газу).

Економія на газі:

$$1\,100 \times 9,5 = 10\,450 \text{ грн/рік}$$

Сумарна річна економія:

$$44\,126 + 10\,450 \approx 54\,576 \text{ грн/рік у перший рік}$$

З урахуванням підвищення тарифів на 5 % на рік економія зростатиме наступним чином:

Таблиця 4.6

### Динаміка економії за 20 років

Рік	Економія на електроенергії, грн	Економія на газі, грн	Загальна економія, грн
1	33610	10 450	54 576
2	46 332	10 972	57 304
3	48 649	11 520	60 169
4	51 081	12 096	63 177
5	53 635	12 701	66 336
6	56 317	13 336	69 653
7	59 133	14 003	73 136
8	62 091	14 703	76 794
9	65 200	15 438	80 638
10	68 468	16 210	84 678
11	71 891	17 021	88 912
12	75 486	17 872	93 358
13	79 260	18 766	98 026
14	83 223	19 704	102 927
15	87 384	20 689	108 073
16	91 753	21 724	113 477
17	96 341	22 810	119 151
18	101 158	23 951	125 109
19	106 216	25 148	131 364
20	111 527	26 405	137 932

Загальна економія за 20 років – 2 232 343 грн

Графічне представлення основних показників економії за 20 років представлено на рис.4.2.

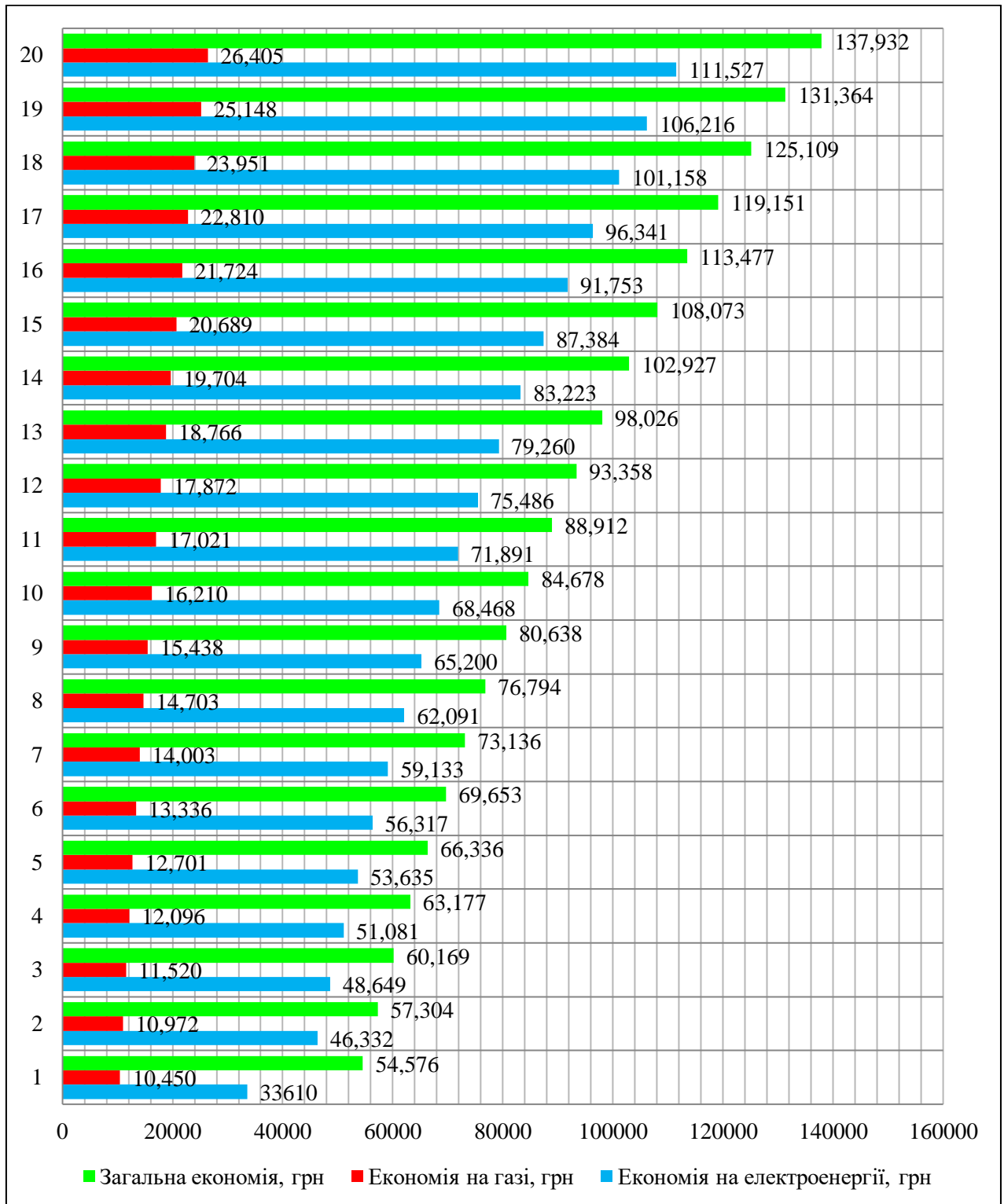


Рис.4.2. Динаміка економії за 20 років

Розрахунок чистого прибутку та рентабельності

Загальна економія – 2 232 343 грн

Мінус капітальні витрати – 766 240 грн  
 Мінус обслуговування – 200 000 грн  
 $2232343 - 966240 \approx 1266103$  грн чистого прибутку  
 Рентабельність інвестицій (ROI):  
 $1266103 \div 766240 \times 100 \approx 165$

Таблиця 4.7

**Собівартість виробленої енергії у порівнянні з централізованим  
постачанням**

Показник	Енергонезалежна система	Централізоване постачання
Вартість 1 кВт·год	4,73 грн	7,50 грн
Річне споживання	7 780 кВт·год	7 780 кВт·год
Витрати за рік	48 333 грн	76 650 грн
Витрати за 20 років	966 240 грн	1 533 000 грн
Різниця (економія)	–	+566 760 грн

Таблиця 4.8

**Узагальнені показники економічної ефективності**

Показник	Значення	Одиниця
Потужність системи	8,32	кВт
Капітальні інвестиції	766 240	грн
Річна економія	54 576	грн
Загальна економія за 20 років	2 232 343	грн
Витрати на обслуговування	200 000	грн
Чистий прибуток	1 266 103	грн
Собівартість 1 кВт·год	4,73	грн
Рентабельність інвестицій	165	%

Економічна оцінка дизель-генератора (ДГ)

Дизель-генератор розглядається як резервне джерело.

Вартість виробленої електроенергії ДГ:

$56,99 \div 3,5 \approx 16,28$  грн/кВт·год

Річні витрати на резервне живлення (720 кВт·год/рік):

$205,7 \times 56,99 \approx 11728$  грн/рік

За 20 років:

$11728 \times 20 + 40000 \approx 274560$  грн

Отже, дизель-генератор економічно не вигідний для основного живлення, але забезпечує автономію 1–3 доби та стабільність системи.

Розрахунок показав, що впровадження енергонезалежної системи 8,32 кВт у домогосподарстві в с. Гнідин є економічно виправданим. Попри значні початкові інвестиції, система забезпечує автономність електро- та теплопостачання, скорочує витрати удвічі порівняно з традиційними джерелами, а собівартість виробленої енергії нижча за тариф у мережі на 37 %. Розрахунки економічної ефективності впровадження енергонезалежної системи потужністю 8,32 кВт для приватного будинку в с. Гнідин підтвердили її фінансову доцільність та високий рівень рентабельності. Аналіз показав, що капітальні інвестиції у розмірі 766 240 грн при щорічних витратах на обслуговування 10 000 грн забезпечують значну економію на електро- та теплопостачанні.

Система дозволяє повністю покривати потреби в електроенергії ( $\approx 7\,780$  кВт•год/рік) та частково теплові потреби будинку ( $\approx 60$  %), що забезпечує додаткову економію на газі близько 10 450 грн/рік. Загальна економія за 20 років експлуатації становить 2 232 343 грн, чистий прибуток – 1 266 103 грн, а рентабельність інвестицій досягає 165 %.

Собівартість виробленої енергії 4,73 грн/кВт•год суттєво нижча за середній тариф у мережі (7,5 грн/кВт•год), що підтверджує економічну перевагу використання власної енергонезалежної системи. Використання дизель-генератора як резервного джерела економічно не вигідне для основного живлення, але забезпечує критично важливу автономію 1–3 доби та стабільність роботи системи під час аварійних відключень.

Таблиця 4.9.

**Підсумкові показники економічної ефективності енергонезалежної системи**

Показник	Значення	Одиниця
Потужність системи	8,32	кВт
Капітальні інвестиції	766 240	грн
Поточні витрати на обслуговування	10 000/рік	грн

## Продовження таблиці 4.9

Виробіток електроенергії	7 780	кВт•год/рік
Частка покриття теплового навантаження	60	%
Економія на електроенергії (перший рік)	44 126	грн
Економія на газі (перший рік)	10 450	грн
Загальна річна економія (перший рік)	54 576	грн
Загальна економія за 20 років	2 232 343	грн
Витрати на обслуговування за 20 років	200 000	грн
Загальні витрати за 20 років	966 240	грн
Чистий прибуток за 20 років	1 266 103	грн
Собівартість 1 кВт•год	4,73	грн/кВт•год
Рентабельність інвестицій (ROI)	165	%
Економічна оцінка дизель-генератора	274 560	грн
Вартість 1 кВт•год ДГ	16,28	грн/кВт•год

Розрахунок терміну окупності всієї системи енергонезалежного домогосподарства:

Вихідні дані для розрахунку окупності

1. Капітальні витрати на систему:

СЕС + інвертор + акумулятори + монтаж = 420 000 грн

2. Щорічна економія на електроенергії:

Початкова річна економія: 44 126 грн/рік

Зростання тарифу: +5 % щороку

3. Щорічні витрати на техобслуговування: 7 000 грн

4. Розрахунок чистої річної економії:

Річна економія (зростання тарифу) – 7 000 грн на обслуговування

Таблиця 4.10.

### Економія за перші роки з урахуванням обслуговування

Рік	Економія, грн	Техобслуговування, грн	Чиста економія, грн
1	44 126	7 000	37 126
2	46 332	7 000	39 332
3	48 649	7 000	41 649
4	51 081	7 000	44 081
5	53 635	7 000	46 635

Накопичена чиста економія

– Після 1 року: 37 126 грн

– Після 2 років: 37 126 + 39 332 = 76 458 грн

- Після 3 років:  $76\,458 + 41\,649 = 118\,107$  грн
- Після 4 років:  $118\,107 + 44\,081 = 162\,188$  грн
- Після 5 років:  $162\,188 + 46\,635 = 208\,823$  грн

Капітальні витрати: 420 000 грн

- Після 5 років накопичено 208 823 грн → ще не окупилося
- Після 6 року: Чиста економія  $\approx 56\,317 - 7\,000 = 49\,317$  грн
- Накопичено:  $208\,823 + 49\,317 \approx 258\,140$  грн
- 7 рік:  $59\,133 - 7\,000 = 52\,133$  → накопичено  $\approx 310\,273$  грн
- 8 рік:  $62\,091 - 7\,000 = 55\,091$  → накопичено  $\approx 365\,364$  грн
- 9 рік:  $65\,200 - 7\,000 = 58\,200$  → накопичено  $\approx 423\,564$  грн

Отже, система повністю окупиться між 8-м та 9-м роком.

Для точного розрахунку:

$420000 - 365364 = 54636$  грн залишок для окупності після 8 років

У 9 році чиста економія 58 200 грн → достатньо для повної окупності.

Точний термін окупності  $\approx 9$  років.

Отже, впровадження комплексної системи енергонезалежного забезпечення для приватного будинку є доцільним, дозволяє значно скоротити витрати на енергію, підвищує енергетичну автономність та стабільність постачання, а також забезпечує високу економічну ефективність інвестицій протягом тривалого періоду експлуатації.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

#### 5.1. Вимоги до монтажу та експлуатації енергоустановок

Монтаж та експлуатація енергоустановок, включаючи сонячні фотоелектричні станції (ФЕС), інвертори, акумуляторні батареї та резервні електричні джерела, потребують суворого дотримання правил охорони праці та техніки безпеки. Правильне проектування, установка та експлуатація систем забезпечують не лише їх ефективність, а й безпечне використання для персоналу та мешканців будинку [2, с. 8].

##### Загальні вимоги

##### 1. Проектування та монтаж

– Установки повинні проектуватися відповідно до нормативів ДСТУ, ДБН та стандартів електробезпеки (наприклад, ДСТУ EN 62446 для ФЕС, ДСТУ ІЕС 60364 для внутрішніх електромереж).

– Монтаж слід виконувати лише кваліфікованим персоналом із сертифікатом з електробезпеки не нижче II групи.

– Перед монтажем необхідно провести оцінку технічного стану будівельних конструкцій даху та інженерних систем для забезпечення надійності кріплення панелей та кабельних трас.

– Всі компоненти системи повинні бути сертифіковані та відповідати стандартам якості і безпеки.

##### 2. Використання індивідуальних та колективних засобів захисту

– Монтажники повинні використовувати:

- ізолюючі рукавички та спецвзуття,
- захисні каски та окуляри,
- ремені безпеки при роботі на висоті.

– Роботи на електрообладнанні повинні виконуватися при наявності заземлення та блокування живлення.

### 3. Організація робочого простору

- Робочі зони повинні бути чітко відокремлені та оснащені попереджувальними знаками.
- Забороняється розміщення горючих матеріалів поруч із інверторами, акумуляторами та електричними котлами.
- Під час монтажу на даху слід дотримуватися правил роботи на висоті та використовувати стаціонарні або тимчасові огорожі [2, с. 9].

#### Вимоги до експлуатації ФЕС та інверторного обладнання

##### 1. Регулярне технічне обслуговування

- Очищення панелей від пилу, листя та снігу мінімум двічі на рік.
- Перевірка електричних з'єднань та кабельних трас на відсутність пошкоджень та перегріву.
- Контроль стану кріплень і герметичності монтажних елементів.

##### 2. Електробезпека

- Забороняється самостійне втручання у роботу інвертора або акумуляторних батарей без відповідного навчання.
- Усі роботи повинні проводитися після відключення обладнання від мережі та застосування пристроїв блокування (Lock-out/Tag-out).
- Інвертори повинні бути обладнані системами захисту від перенавантаження та короткого замикання.

##### 3. Умови експлуатації акумуляторів

- Акумулятори LiFePO<sub>4</sub> необхідно розміщувати у добре провітрюваних приміщеннях, захищених від прямих сонячних променів та вологи.
- Забороняється контактувати з батареями металевими предметами, що можуть спричинити коротке замикання.
- Температурний режим: +5...+40°C, відхилення від якого може знизити ефективність або спричинити вихід з ладу.
- Регулярно перевіряти рівень заряду та стан контролера батарей для запобігання перезаряду або глибокого розряду.

Дотримання вимог до монтажу та експлуатації енергоустановок у садибі в с. Гнідин є ключовим фактором забезпечення безпеки життя та здоров'я мешканців і обслуговуючого персоналу, ефективної роботи сонячної ФЕС, акумуляторів, інверторів та резервних джерел живлення. Виконання всіх норм та інструкцій гарантує довговічність обладнання, стабільне енергопостачання та мінімізацію ризиків аварійних ситуацій [2, с. 10-11].

## **5.2. Аналіз потенційних небезпек при використанні альтернативної енергетики**

У сучасних умовах впровадження альтернативної енергетики, зокрема сонячних фотоелектричних станцій (ФЕС), акумуляторних систем та електричних котлів, створює значні переваги для енергонезалежних домогосподарств. Проте, окрім економічної та екологічної ефективності, необхідно ретельно аналізувати потенційні ризики для здоров'я та безпеки мешканців, а також для технічного стану обладнання [45, с. 74].

### Електробезпека

#### 1. Потенційні ризики

– Ураження електричним струмом при контакті з оголеними проводами або корпусами обладнання.

– Неправильне підключення інвертора або акумуляторних батарей може призвести до короткого замикання та загоряння.

– Перенапруження в мережі або відсутність системи захисту (УЗО, автомати) збільшує ризик пошкодження побутових приладів та виникнення пожежі.

#### 2. Особливості ризику при ФЕС

– Сонячні панелі генерують постійний струм, який залишається активним навіть після відключення мережі, що створює додаткову небезпеку для обслуговуючого персоналу.

- Некоректне розташування панелей або пошкодження кабелів можуть призвести до виникнення дугових розрядів і займання.

### 3. Заходи попередження

- Використання ізолюючих матеріалів для кабелів і розподільчих коробок.

- Наявність автоматів захисту та систем блокування (Lock-out/Tag-out).

- Регулярний контроль стану електричних з'єднань та ізоляції.

### Пожежна безпека

#### 1. Причини пожеж при альтернативних системах

- Перегрів інверторів та акумуляторних батарей.

- Неправильне підключення або використання несертифікованого обладнання.

- Накопичення пилю, листя та інших горючих матеріалів поруч із електрообладнанням [45, с. 75].

#### 2. Особливості акумуляторних батарей

- Літій-іонні та LiFePO<sub>4</sub> батареї при короткому замиканні або перезаряді можуть розігріватися, виділяти токсичні гази або займатися.

- Пошкодження корпусу акумулятора збільшує ризик хімічних опіків та виділення небезпечних речовин.

#### 3. Заходи протипожежної безпеки

- Встановлення акумуляторних блоків у добре вентильованих приміщеннях.

- Відстань не менше 1 м від горючих матеріалів та обов'язкова установка вогнегасників поруч.

- Використання систем моніторингу температури та стану батарей.

- Регулярне обслуговування інверторів та електричних котлів.

### Механічні ризики

#### 1. Ризики під час монтажу

- Робота на висоті при установці дахових панелей створює небезпеку падіння.

- Ненадійне кріплення панелей може призвести до їх зміщення або падіння під час сильного вітру.

### 2. Ризики під час експлуатації

- Пошкодження конструкцій дахів або кріплень унаслідок неправильного обслуговування.

- Механічне пошкодження кабелів і обладнання сторонніми об'єктами (гілки, гради).

### 3. Заходи запобігання

- Використання сертифікованих систем кріплення та монтажних комплектів.

- Під час монтажу обов'язкове використання страхувальних систем і страховочних тросів.

- Регулярна перевірка цілісності кріплень і механічного стану обладнання [45, с. 76-77].

### Теплові та хімічні ризики

#### 1. Акумулятори

- Викид електроліту у випадку пошкодження корпусу (для батарей LiFePO<sub>4</sub> – менш токсичний, але все ж небезпечний).

- Ризик опіків та інтоксикації при контакті з рідиною всередині батарей.

#### 2. Електричні котли та інвертори

- Перегрів або неправильна експлуатація нагрівальних елементів можуть призвести до опіків та займання.

#### 3. Заходи запобігання

- Розміщення акумуляторних батарей у спеціальних корпусах з вентиляцією.

- Використання температурного контролю та автоматичного відключення при перегріві.

- Дотримання правил зберігання та експлуатації хімічно активних компонентів.

### Екологічні та соціальні ризики

### 1. Екологічні аспекти

– Некоректна утилізація відпрацьованих панелей або батарей може спричинити забруднення ґрунту та води.

– Викид токсичних речовин під час аварійної ситуації (пожежа, коротке замикання).

### 2. Соціальні аспекти

– Невиконання правил безпеки може створити ризик для мешканців будинку та оточуючих.

– Порухення експлуатаційних норм може спричинити конфлікти з сусідами (шум, викиди, аварійні ситуації) [45, с. 78].

### 3. Заходи зменшення ризиків

– Проведення регулярного інструктажу мешканців та обслуговуючого персоналу.

– Дотримання нормативів утилізації елементів системи.

– Встановлення систем моніторингу та сигналізації аварійних станів.

### Аварійні ситуації та реагування

#### 1. Можливі аварії

– Коротке замикання в мережі ФЕС або акумуляторах.

– Перегрів інвертора або електричного котла.

– Пожежа або вибух акумуляторних батарей при порушенні режиму експлуатації.

#### 2. План реагування

– Негайне відключення аварійного обладнання від мережі.

– Використання вогнегасників та систем пожежогасіння.

– Евакуація мешканців та обслуговуючого персоналу.

– Виклик аварійної служби та документування інциденту.

Аналіз потенційних небезпек при використанні альтернативної енергетики показав, що основними ризиками є електробезпека, пожежна небезпека, механічні, теплові та хімічні фактори, а також екологічні та соціальні аспекти. Дотримання норм безпеки, регулярне обслуговування та

навчання персоналу значно знижує ймовірність аварій та забезпечує надійну, ефективну та безпечну роботу енергонезалежного домогосподарства в с. Гнідин.

### **5.3. Засоби індивідуального та колективного захисту**

Впровадження альтернативних джерел енергії у енергонезалежних домогосподарствах, зокрема у с. Гнідин, потребує підвищеної уваги до безпеки обслуговування та експлуатації обладнання. Основними небезпеками є ураження електричним струмом, механічні травми, хімічні та теплові опіки, а також ризик пожежі. Для зниження цих ризиків застосовуються як засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), так і колективні засоби захисту [2, с. 15].

#### **Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)**

Індивідуальні засоби захисту призначені для безпосереднього захисту обслуговуючого персоналу або мешканців від ураження електричним струмом, хімічних опіків, механічних травм та теплових впливів.

#### **Електробезпека**

##### **1. Ізоляційні рукавички та килимки**

- Використовуються при монтажі та обслуговуванні сонячних панелей, інверторів, акумуляторів та електричних котлів.
- Розряди постійного струму до 1000 В вимагають рукавичок класу 00–II та ізоляційних килимків відповідно до ГОСТ 12.4.020–75.

##### **2. Ізоляційні інструменти**

- Використання викруток, плоскогубців та ключів із ізольованими ручками.
- Забезпечує безпеку при роботі з підключенням інверторів і акумуляторів.

##### **3. Захисні окуляри та щитки**

- Захищають очі від іскор, пилу та можливих хімічних бризок від акумуляторів.

- Рекомендується використовувати окуляри із сертифікацією EN166.

### Механічна безпека

#### 1. Захисні каски та шоломи

- Необхідні при монтажі дахових сонячних панелей та обладнання на висоті.
- Захищають від падіння дрібних предметів та травмування голови.

#### 2. Робочий одяг та взуття

- Вогнестійкі комбінезони, стійкі до порізів і проколів, захищають від механічних і теплових травм.
- Взуття із ізоляцією від електричного струму та протиковзкою підошвою.

#### 3. Страхувальні пояси та троси

- Використовуються при монтажі панелей на дахах із ухилом понад 15°.
- Забезпечують безпечну фіксацію персоналу та зменшують ризик падіння.

### Хімічна та теплова безпека

#### 1. Рукавички для роботи з акумуляторами

- Використання хімічно стійких рукавичок при обслуговуванні LiFePO<sub>4</sub> батарей.
- Захист від опіків електролітом та контакту з токсичними речовинами.

#### 2. Засоби захисту дихальних шляхів

- При можливому викиді газів або перегріві батарей використовуються респіратори класу FFP2–FFP3.

#### 3. Вогнегасні засоби

- Персонал має знати розташування портативних вогнегасників для оперативного реагування.

- Рекомендовано використовувати порошкові (ABC) або CO<sub>2</sub> вогнегасники для електрообладнання.

#### Коллективні засоби захисту

Коллективні засоби спрямовані на забезпечення безпеки всіх мешканців і персоналу під час експлуатації енергооб'єкта та мінімізації наслідків аварійних ситуацій.

#### Системи захисту електрообладнання

##### 1. Автоматичні вимикачі та УЗО

- Захищають від перевантаження та короткого замикання.
- Автоматично відключають систему при загрозі ураження струмом.

##### 2. Системи моніторингу та сигналізації

- Контролюють стан панелей, акумуляторів, інвертора та електричного котла.
- Виявляють перегрів, перевантаження та інші аварійні ситуації в режимі реального часу.

##### 3. Земляні контури та заземлення

- Захищають від ураження струмом при замиканні на корпус обладнання.
- Особливо важливо для дахових панелей і металевих конструкцій.

#### Пожежна безпека

##### 1. Системи вогнезахисту приміщень

- Приміщення з акумуляторами та інверторами оснащуються вогнезахисними дверима та стінами.

##### 2. Системи автоматичного пожежогасіння

- Використовуються у приміщеннях з акумуляторами та інверторами.
- Переважно водяні спринклери (для електрообладнання – спеціальні газові або порошкові системи).

##### 3. Маркування аварійних виходів і шляхів евакуації

- Дозволяє швидко евакуювати персонал у разі пожежі або іншої аварії.

#### Організаційні заходи

##### 1. Інструктаж персоналу та мешканців

- Регулярні тренування з правил безпеки при обслуговуванні ФЕС, акумуляторів та електричних котлів.
- Проведення симуляцій аварійних ситуацій для відпрацювання дій.

##### 2. План аварійного реагування

- Документовані алгоритми дій при короткому замиканні, перегріві, пожежі або витoku хімічних речовин.
- Розподіл обов'язків серед персоналу та мешканців.

##### 3. Контроль доступу до технічних приміщень

- Обмеження доступу до акумуляторів, інверторів та електричних котлів тільки для кваліфікованого персоналу.

Таблиця 5.1

#### Використання засобів захисту у с. Гнідин

Об'єкт	ЗІЗ	Колективний захист	Примітка
Сонячні панелі на даху	Каска, страховий пояс, рукавички	Заземлення, автоматичний вимикач	Монтаж та обслуговування під контролем
Акумуляторна система	Рукавички, респіратор, окуляри	Вентиляція приміщення, сигналізація перегріву, вогнегасник	Забезпечує захист від хімічних та теплових ризиків
Інвертор	Рукавички, окуляри	Автомати, УЗО, моніторинг стану	Захист від перенавантаження та короткого замикання
Електричний котел	Вогнестійкий одяг, рукавички	Контроль температури, сигналізація перегріву	Безпечна експлуатація в зимовий період

Комплексне використання засобів індивідуального та колективного захисту забезпечує високий рівень безпеки при експлуатації альтернативних джерел енергії у житловому будинку в с. Гнідин. Систематичне дотримання правил монтажу, регулярний технічний контроль, навчання персоналу та використання сертифікованих засобів захисту дозволяє мінімізувати ризики електробезпеки, пожежі, механічних, теплових і хімічних ушкоджень,

забезпечуючи надійну та ефективну роботу енергонезалежного домогосподарства [2, с. 15-16].

#### **5.4. Заходи пожежної та електробезпеки**

Забезпечення пожежної та електробезпеки в енергонезалежному домогосподарстві регламентується низкою нормативно-правових актів України:

- Кодекс цивільного захисту України (від 02.10.2012 № 5403-VI) – основний документ, що визначає організаційно-правові засади цивільного захисту, включаючи пожежну безпеку

- Правила пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014) – затверджені наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 № 1417, встановлюють вимоги до організації та забезпечення пожежної безпеки на об'єктах різного призначення.

- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) – затверджені наказом Міненергочування від 21.07.2017 № 476, регламентують проектування, монтаж та експлуатацію електричних установок.

- Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів – затверджені наказом Мінпаливенерго від 25.07.2006 № 258, визначають вимоги до експлуатації електроустановок споживачів електричної енергії.

- НАПБ А.01.001-2004 – попередня редакція Правил пожежної безпеки в Україні, яка застосовувалася до 2014 року.

Заходи пожежної безпеки [27, с. 262].

Забезпечення пожежної безпеки в енергонезалежному домогосподарстві включає [27, с. 263]:

- Проектування та монтаж систем протипожежного захисту: встановлення автоматичних систем виявлення та гасіння пожеж, систем оповіщення про пожежу.

- Організація протипожежного режиму: розробка та впровадження інструкцій з пожежної безпеки, проведення інструктажів та навчань з питань пожежної безпеки для мешканців та обслуговуючого персоналу.
- Забезпечення первинними засобами пожежогасіння: наявність вогнегасників, вогнегасних ковпаків, засобів для гасіння електричних пожеж.
- Планування евакуації: розробка планів евакуації на випадок пожежі, розміщення евакуаційних виходів, знаків евакуації.
- Технічне обслуговування та перевірка стану систем протипожежного захисту: регулярне обслуговування та перевірка працездатності систем виявлення та гасіння пожеж, вогнегасників, електричних установок.

Таблиця 5.2

### Основні документи з питань пожежної безпеки

№	Назва документа	Номер та дата затвердження	Галузь застосування
1	Кодекс цивільного захисту України	№ 5403-VI від 02.10.2012	Загальні вимоги до цивільного захисту
2	Правила пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014)	Наказ МВС № 1417 від 30.12.2014	Пожежна безпека на об'єктах різного призначення
3	Правила улаштування електроустановок (ПУЕ)	Наказ Міненерговугілля № 476 від 21.07.2017	Електробезпека при проектуванні та монтажі електроустановок
4	Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів	Наказ Мінпаливенерго № 258 від 25.07.2006	Експлуатація електроустановок споживачів

Забезпечення електробезпеки включає:

- Проектування та монтаж електричних установок: дотримання вимог ПУЕ при проектуванні та монтажі електричних мереж та обладнання.
- Заземлення та захист від короткого замикання: забезпечення належного заземлення електричних установок, встановлення автоматичних вимикачів та запобіжників.
- Експлуатація електроустановок: регулярне обслуговування та перевірка стану електричних мереж, кабелів, розеток, вимикачів.

- Навчання та інструктажі: проведення навчань та інструктажів з питань електробезпеки для мешканців та обслуговуючого персоналу.

- Забезпечення засобами індивідуального захисту: наявність та використання засобів індивідуального захисту при роботах з електричними установками [27, с. 264].

Таблиця 5.3

### Основні документи з питань електробезпеки

№	Назва документа	Номер та дата затвердження	Галузь застосування
1	Правила улаштування електроустановок (ПУЕ)	Наказ Міненерговугілля № 476 від 21.07.2017	Електробезпека при проектуванні та монтажі електроустановок
2	Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів	Наказ Мінпаливенерго № 258 від 25.07.2006	Експлуатація електроустановок споживачів
3	НАПБ А.01.001-2004 – попередня редакція Правил пожежної безпеки в Україні	До 2014 року	Пожежна безпека на об'єктах різного призначення

У процесі дослідження було встановлено, що ключовими небезпеками є:

- ризики ураження електричним струмом при монтажі та обслуговуванні електроустановок;

- можливість коротких замикань та перегріву обладнання;

- пожежні ризики, пов'язані з використанням акумуляторних батарей, електричних котлів та сонячних інверторів;

- небезпеки, пов'язані з неправильним зберіганням та експлуатацією джерел енергії.

Для мінімізації цих ризиків були визначені комплексні заходи, які включають:

1. Вимоги до монтажу та експлуатації енергоустановок, що відповідають чинним нормативним документам, зокрема Правилам улаштування електроустановок (ПУЕ), Правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів, Кодексу цивільного захисту України та НАПБ А.01.001-2014. Дотримання цих правил забезпечує правильне проектування, встановлення,

підключення та експлуатацію всіх енергетичних систем будинку, гарантує їхню надійність та безпечність.

2. Аналіз потенційних небезпек, який дозволяє систематизувати всі види ризиків та створити систему превентивних заходів. Було розглянуто ризики ураження електричним струмом, пожежі, аварійні ситуації при експлуатації альтернативних джерел енергії, та запропоновано заходи їх мінімізації, включно з контролем стану обладнання, організацією безпечного доступу для обслуговування та навчанням персоналу [27, с. 265].

3. Засоби індивідуального та колективного захисту, які забезпечують безпечну роботу з енергетичним обладнанням. Використання засобів індивідуального захисту (рукавички, ізолюючі килимки, захисні окуляри, каски) та колективного захисту (заземлення, автоматичні вимикачі, розподільні щити) дозволяє значно зменшити ризики травматизму та аварійних ситуацій.

4. Заходи пожежної та електробезпеки, що базуються на актуальних нормативних документах. Було визначено комплекс організаційних та технічних заходів, включно з встановленням систем раннього виявлення пожеж, первинних засобів гасіння, планів евакуації, інструктажів персоналу та регулярного обслуговування електроустановок. Важливим є також планове обслуговування акумуляторів та інверторного обладнання, що забезпечує безпечне та ефективне використання енергії.

Впровадження зазначених заходів дозволяє досягти наступних результатів:

- суттєве підвищення безпеки мешканців та обслуговуючого персоналу;
- зменшення ймовірності виникнення аварійних ситуацій та пожеж;
- забезпечення безперебійної та стабільної роботи комбінованої енергосистеми;
- дотримання вимог чинного законодавства України щодо охорони праці, пожежної та електробезпеки;

– створення безпечних умов для довготривалої експлуатації альтернативних джерел енергії та інтелектуальних систем управління [27, с. 266].

Таким чином, комплексний підхід до охорони праці та безпеки життєдіяльності є невід’ємною складовою ефективної реалізації проекту енергонезалежного домогосподарства. Впровадження всіх розроблених заходів дозволяє забезпечити максимальний рівень безпеки, знизити економічні втрати від аварій та підвищити загальну надійність енергетичної системи будинку в с. Гнідин. Ефективна організація охорони праці та пожежної безпеки є не лише технічною потребою, а й соціальною відповідальністю власників та експлуатантів енергосистеми.

## ВИСНОВКИ

Проведене дослідження та реалізація проекту енергонезалежного домогосподарства в с. Гнідин дозволяє зробити низку важливих висновків як у технічній, так і в соціально-економічній та екологічній площині.

По-перше, аналіз сучасного стану та перспектив енергетичної автономії показав, що забезпечення енергонезалежності житлових будинків є актуальним завданням у сучасних умовах підвищення тарифів на енергоносії, нестабільності централізованих мереж та посилення екологічних вимог. Вивчення поняття енергонезалежного домогосподарства, критеріїв його ефективності та переваг свідчить, що застосування альтернативних джерел енергії дозволяє зменшити залежність від зовнішніх постачальників, скоротити витрати на електроенергію та газ, підвищити автономність та безпеку енергозабезпечення.

По-друге, вивчення світового та вітчизняного досвіду показало, що ефективні проекти енергетичної автономії ґрунтуються на комбінованому використанні відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, акумулятори) і традиційних джерел (газові котли, централізована електромережа), що дозволяє забезпечити стабільність енергопостачання протягом року. Нормативно-правова база України створює відповідні умови для впровадження енергонезалежних систем, а сучасні стандарти ПУЕ, НАПБ та ДСТУ забезпечують технічну безпеку та якість встановлення енергосистем.

У результаті проведеного проектування та техніко-економічного аналізу системи енергонезалежного домогосподарства в с. Гнідин встановлено, що впровадження комбінованої електроенергетичної системи на базі дахової сонячної фотоелектричної станції (ФЕС) потужністю 8,32 кВт є доцільним та ефективним.

Система забезпечує комплексне покриття енергоспоживання приватного будинку площею 120 м<sup>2</sup> для сім'ї з чотирьох осіб, з урахуванням

основних потреб: опалення, гаряче водопостачання, освітлення та побутова техніка. Основні результати аналізу демонструють:

Енергетична ефективність: впровадження ФЕС дозволяє значно зменшити залежність від централізованих джерел енергії та природного газу (зменшення споживання газу на 10–12% річного обсягу, економія  $\approx$  3 000–4 000 грн/рік);

Технічна надійність: комбінована система включає сонячні панелі, інвертор, акумулятори, резервну електромережу та газовий котел, що забезпечує стабільне енергопостачання навіть у періоди низької сонячної активності.

Отже, впровадження енергонезалежної системи для садиби в с. Гнідин не лише дозволяє досягти значної економії коштів, а й забезпечує високу автономність та стабільність енергопостачання, підвищує енергоефективність домогосподарства та сприяє зменшенню впливу на навколишнє середовище завдяки використанню відновлюваних джерел енергії. Реалізація проекту підтверджує ефективність комбінованих систем із ФЕС та акумуляторними батареями для приватних домогосподарств у умовах Київської області.

Додатково, впровадження комбінованої енергосистеми, що включає фотоелектричну станцію, інверторно-акумуляторний модуль, дизель-генератор та автоматичне введення резерву (ATS), значно підвищує енергетичну стійкість підприємства. Чітко вибудована структура: мережа – головний щит – інвертор – споживачі, доповнена можливістю резервного живлення через ДГ та гнучким перерозподілом енергії між ФЕС і АКБ, забезпечує надійність роботи обладнання навіть за умов нестабільного зовнішнього електропостачання. Така інтеграція дозволяє оптимізувати OPEX, зменшити залежність від вартості дизеля та підвищити загальну енергоефективність підприємства.

Важливим результатом роботи стало оцінювання екологічних та соціальних переваг проекту. Зменшення використання викопного палива та централізованої електроенергії зменшує викиди CO<sub>2</sub> та інших шкідливих

речовин, сприяє покращенню екологічної ситуації у регіоні, підвищує енергоефективність будинку та стимулює використання інноваційних технологій серед населення. Соціально-психологічним ефектом є підвищення рівня енергетичної безпеки, автономності та комфорту для мешканців, а також формування культури відповідального споживання енергії.

Особлива увага приділена охороні праці та безпеці життєдіяльності, що включає: вимоги до монтажу та експлуатації енергоустановок, аналіз потенційних небезпек, засоби індивідуального та колективного захисту, заходи пожежної та електробезпеки. Розроблені рекомендації забезпечують зниження ризиків травматизму та аварійних ситуацій, відповідають чинним нормативним документам України та підвищують надійність експлуатації енергетичної системи.

Таким чином, проведене дослідження підтвердило доцільність та ефективність впровадження комбінованої енергосистеми для житлової садиби в с. Гнідин. Реалізація проекту дозволяє:

- забезпечити стабільне та автономне енергопостачання;
- зменшити витрати на енергоносії та скоротити термін окупності інвестицій;
- підвищити екологічну безпеку та соціальний комфорт мешканців;
- створити умови для безпечної експлуатації альтернативних джерел енергії відповідно до чинного законодавства.

Загалом, розроблений проект є комплексним, технічно обґрунтованим та економічно вигідним рішенням, що відповідає сучасним вимогам енергетичної незалежності, сталого розвитку та безпеки життєдіяльності. Він може служити прикладом ефективного впровадження енергонезалежних технологій для приватних домогосподарств в умовах Київської області та інших регіонів України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боков В.Д. Забезпечення енергетичної безпеки в умовах війни в Україні. *Науково-освітній інноваційний центр суспільних трансформацій*. 2023. С. 99-101.
2. Будівництво малоповерхових швидкоспорудних енергозберігаючих житлових будинків із СПП-панелей / [Ципріянович І., Старченко О., Гулін Д., Клименко С.]. Чернівці «Букрек», 2021 260 с.
3. Гончарук І. В. Енергетична незалежність АПК на засадах сталого розвитку. *Інвестиції: практика та досвід*. 2020. № 17-18. С. 29–36.
4. Горбатенко В. П., Кукуруз О. В. Енергетична безпека: зміна підходів до розуміння. *Політикус*. 2023. Вип. 4. С. 37–42.
5. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: чинний з 1 січня 2010 року. Київ: Держкоммістобудування України, 2009. 39 с.
6. ДБН В.2.2-24:2009. Проектування висотних житлових і громадських будинків. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 105 с.
7. ДБН В.2.5-23-2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.
8. ДБН В.2.5-28:2018 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 137 с.
9. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 137 с.
10. ДБН В.2.5-56:2010. Державні будівельні норми. Системи протипожежного захисту. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 34 с.
11. Державні будівельні норми України. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель ДБН В 2.6-31–2021. К.: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 133 с.

12. Державні будівельні норми України. Штучне та природне освітлення: ДБН В 2.5-28–2018. К.: Мінрегіо України, 2018.133 с.
13. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1999. 26 с.
14. ДСТУ 7239:2011. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2011. 6 с.
15. ДСТУ EN 50160:2014 «Характеристики напруги електропостачання в електромережах загального призначення».
16. ДСТУ EN 50575:2018 Кабелі силові, контрольні та зв'язку. Кабелі для загального використання в будівельних спорудах згідно з вимогами щодо реакції на вогонь (EN 50575:2014; A1:2016, IDT).
17. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом
18. Електричні мережі та системи: Конспект лекцій : навч. посіб. для студ. спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. П. Шевчук, О. В. Мейта. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.167 с.
19. Закон України «Про державну регуляторну політику у сфері господарської діяльності». *Відомості Верховної ради України* 2004, № 9, ст.79., зі змінами та доповненнями [№ 3498-IX від 22.11.2023](#).
20. Закон України «Про енергетичну ефективність». *Відомості Верховної ради України* 2022, № 2, ст.8., зі змінами та доповненнями [№ 4059-IX від 19.11.2024](#).
21. Закон України «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг» *Відомості Верховної ради України* 2016, № 51, ст.833., зі змінами та доповненнями [№ 4213-IX від 14.01.2025](#)).
22. Закон України «Про ринок електричної енергії». *Відомості Верховної ради України* 2017, № 27-28, ст.312., зі змінами та доповненнями [№ 4213-IX від 14.01.2025](#)

23. Закони України «Про альтернативні джерела енергії». *Відомості Верховної ради України* 2003, № 24, ст.155., зі змінами та доповненнями [№ 4213-IX від 14.01.2025.](#)
24. Калюжний Д. М. Конспект лекцій з курсу «Електропостачання та електрозбереження» (для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології та слухачів другої вищої освіти зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Електротехнічні системи електроспоживання) / Д. М. Калюжний, А. О. Карюк, І. Є. Щербак; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 124 с.
25. Карманов В. В. Розробка системи електропостачання житлового будинку з магазином промислових товарів : "141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / В. В. Карманов. Тернопіль : ТНТУ, 2021. 65 с.
26. Кобаль М. В. Розробка системи внутрішнього електропостачання десятиповерхового житлового комплексу у м. Виноградів "141- електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / М. В. Кобаль. Тернопіль: ТНТУ, 2023. 56 с.
27. Коваленко Ю., Лазаренко Д., Марченко О. Енергетична безпека країни під час війни: Бар'єри та перспективи подолання. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2024 № 1. С. 262-266.
28. Коваль В.П. Енергофактивність освітлення адміністративних приміщень / О. Гергега // Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування. 2018. С. 201.
29. Коваль В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів другого рівня вищої освіти за ОПШ Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. 51 с.
30. Кононова О.Є., Шпатакова О.Л., Іваненко Р.О. Енергетична стратегія України в умовах війни. *Економічна наука*. 2022. № 11. С. 5-11.

31. Кубатко О., Ковальов Б., Яременко А., Півень В. Економічна та енергетична безпека України в умовах війни. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. 2023. Випуск 4 (96). С 39-47.
32. Ковальов, Б., Яременко, А., Півень, В. енергетична безпека України в умовах війни. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. 2023. 186 с.
33. Лук'яненко Ю. В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні : Навч. посіб. / Ю. В. Лук'яненко, Ж. І. Остапчук, В. В. Кулик; Вінниц. держ. техн. ун-т. - Вінниця, 2002. 111 с.
34. Ляшенко О. М. Світлотехнічні установки та системи: конспект лекцій (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / О. М. Ляшенко, Ю. О. Васильєва ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 90 с.
35. Маліновська О. Я., Височанська М. Я. Енергетична безпека України як головний критерій ефективності функціонування національної економіки. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 1. С. 16-28.
36. Михалюк І.М Природничі та гуманітарні науки / *Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції* / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 28-29 квітня 2022 р.), 2022. С. 58-59.
37. НАПБ А.01001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 45 с.
38. НПАОП 63.21-1.22-07. Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт. Вид. офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 2007. 35 с.
39. Осадца Я.М. Дослідження світлодіодних джерел світла у випадку імпульсного живлення / М.С. Наконечний, В.А. Андрійчук, Я.О. Філюк // *Журнал: Технічна Електродинаміка*. 2021. С. 68.

40. Охріменко В. М. Споживачі електричної енергії : підручник / В. М. Охріменко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 286 с.
41. Півняк Г. Г. та ін. Розрахунки електричних мереж систем електропостачання: навч. посіб. для вузів / за ред. Г. Г. Півняка; Нац. гірничоакад. України. Київ: ІЗМН, 2018. 136 с.
42. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено наказом Міністерства палива та енергетики України від 25.10.2006.
43. Правила улаштування електроустановок. / Міненерго вугілля України,. К., 2017.
44. Праховник А.В. Комплексне і системне вирішення проблеми компенсації реактивних навантажень в електричних мережах споживачів та енергопостачальних компаній / А.В.Праховник, В.М.Божко, Б.С.Рогальський, О.М. Нанака // Промислова електротехніка та електроенергетика. 2004. №2. С. 2-9.
45. Решетник В.Я. Електричні системи і мережі: Навчальний посібник Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2010. 191 с.
46. Сисак І.Інтелектуальний пристрій автоматичного регулювання параметрів електромережі. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп’ютерних технологій “присвячена 80-ти річчю з дня народження професора ЯІ Проця, 2019. С. 268-270.
47. Стратегія розвитку Київської області на 2021-2027 роки (нова редакція). URL : <https://koda.gov.ua/wp-content/uploads/2025/03/strategiya-ko-2021-2027-nova-redakcziya-1.pdf> (дата звернення: 30.09.2025).
48. Тимченко М. П., Фіалко Н. М. Енергетична безпека України в контексті її національної безпеки. *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука"*. 2019. № 11(1). С. 31-33.

49. Токарчук Д.М., Пронько Л.М. Особливості утворення відходів на сільських територіях і методика розробки програми поводження з ними. Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2023. № 3 (65). С. 21-41.
50. Філюк Я.О. Експериментальні вимірювання енергетичного потенціалу сонячного випромінювання / В.А. Андрійчук // *XX Наукова Конференція Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя* – 2017. С. 176-177.
51. Шевченко О. А. Енергетична безпека як невід’ємний елемент забезпечення економічної безпеки держави в стратегіях національної безпеки України. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. Серія : Право. 2021. Вип. 67. С. 163-168. 5.
52. Щуров І. В. Енергетична безпека як вектор розвитку держави в умовах конструктивної дестабілізації: ідеологічні *Економічний вісник аспекти. Дніпровської політехніки*. 2022. № 3. С. 40-47.
53. Якименко О. В. Я45 Технічна експлуатація будівель та споруд : навч. посібник / О. В. Якименко, К. О. Кіктьова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 247 с.
54. Яцун, С.М. Розробка системи електропостачання комплексу кол-центрів : 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / С.М. Яцун; наук. керівник В.В. Волохін. Суми: СумДУ, 2020. 55 с.
55. Baljuta, V. Shesterenko, O. Mashchenko. Control sources of reactive power as an effective method of increased efficiency in power supply systems for food production/ *Journal of FOOD and PACKAGING Science, Technique and Technologies*, Year 4, №7, 2015, Plovdiv, BULGARIA, P. 30-35.
56. Cervan D., Rodriguez C. V., Inga C. E. Energy Security: Multidimensional Analysis for South American Countries. *International Journal of Renewable Energy Research*. 2022. Vol. 12. Is. 2. P. 1131–1139.
57. De Mattos Fagundes P., Padula, A. D., Padilha A. C. M. Interdependent International Relations and the Expansion of Ethanol Production and Consumption:

The Brazilian Perspective. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 133. Is. 1. P. 616–630.

58. Elbassoussy A. European energy security dilemma: Major challenges and confrontation strategies. *Review of Economics and Political Science*. 2019. Vol. 4. Is. 4. P. 321–343.

59. Farghali, M., Osman, A.I., Chen, Z., Abdelhaleem, A., Ihara, I., Mohamed, I.M., Yap, P.-S., Rooney, D.W. Social, environmental, and economic consequences of integrating renewable energies in the electricity sector: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 2023. 21(3), P. 1381-1418.

60. Figueiredo R., Soliman M., Al-Alawi A. N., Sousa M. J. The Impacts of Geopolitical Risks on the Energy Sector: Micro-Level Operative Analysis in the European Union. *Economies*. 2022. Vol. 10, Is.12, article 299.

61. Ibrahim, R.L., Adebayo, T.S., Awosusi, A.A., Ajide, K.B., Adewuyi, A.O., Bolarinwa, F.O. Investigating the asymmetric effects of renewable energy-carbon neutrality nexus: Can technological innovation, trade openness, and transport services deliver the target for Germany? *Energy & Environment*, 2024. 35(1), P. 185-206.

62. Shesterenko, O.Mashchenko. Problem of increasing the power factor in industrial enterprises/ *Ukrainian food journal*, Volume 4, Issue 1, 2015, P.134-144.

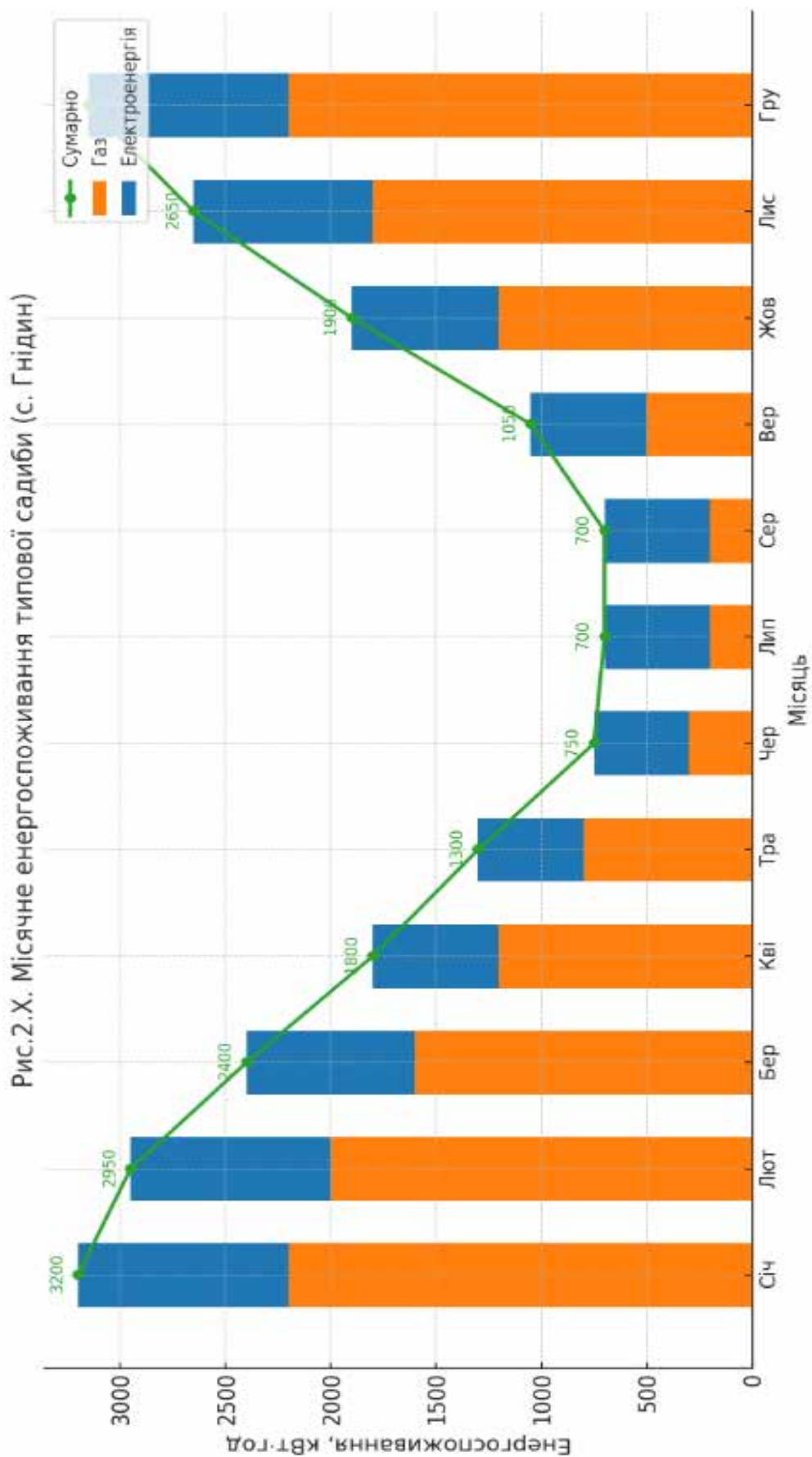
63. Tasic, D. S. Modified Fuzzy Clustering Method for Energy Loss Calculations in Low Voltage Distribution Networks / D. S. Tasic, M. S. Stojanovic // *Electronics and electrical engineering*. 2006. №2. P.50–54.

## ДОДАТКИ

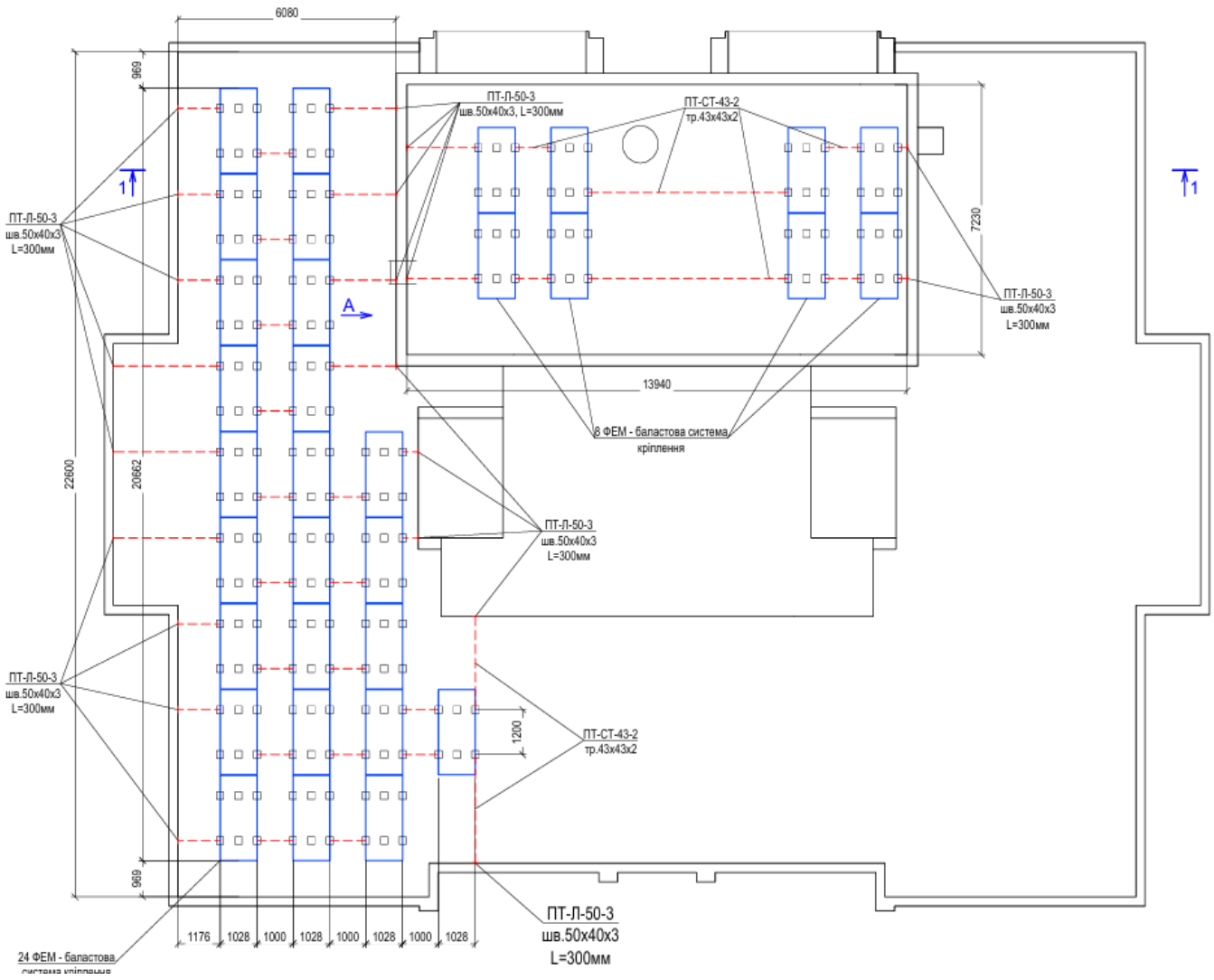
## Основні кліматичні показники с. Гнідин (середні багаторічні значення)

Показник	Одиниця виміру	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Рік (середнє)
Середня температура повітря	°C	-4.6	-3.8	+1.6	+9.1	+15.0	+18.4	+20.1	+19.3	+14.0	+8.0	+2.0	-2.5	+8.3
Максимальна температура (середня)	°C	-0.5	+0.2	+7.2	+15.8	+22.0	+25.6	+27.5	+26.5	+20.5	+13.5	+6.0	+0.5	+13.8
Мінімальна температура (середня)	°C	-9.0	-8.5	-3.5	+2.5	+8.5	+12.5	+14.5	+13.7	+8.5	+3.0	-1.0	-6.5	+2.8
Абсолютний максимум температури	°C	+11.0	+14.5	+22.8	+30.6	+34.8	+36.9	+38.2	+37.5	+33.1	+27.0	+18.2	+13.0	+38.2
Абсолютний мінімум температури	°C	-30.0	-28.7	-22.0	-9.8	-3.5	+2.1	+6.0	+5.2	-2.8	-9.0	-18.5	-26.0	-30.0
Середня кількість опадів	мм	34	28	36	46	61	84	86	67	54	42	38	36	<b>612 мм</b>
Кількість днів з опадами	днів	15	13	12	13	14	13	12	11	11	13	14	15	156 днів
Середня швидкість вітру	м/с	3.7	3.9	4.2	3.6	3.3	2.9	2.8	2.7	2.8	3.2	3.6	3.8	3.4 м/с
Відносна вологість повітря	%	87	84	78	68	65	70	72	74	78	82	88	90	78 %
Тривалість сонячного сяйва	годин/місяць	42	65	114	171	239	267	285	270	210	136	71	35	~1900 годин

Основні показники енергоспоживання типової садиби в с. Гнідин



### План покрівлі



### Вузол I

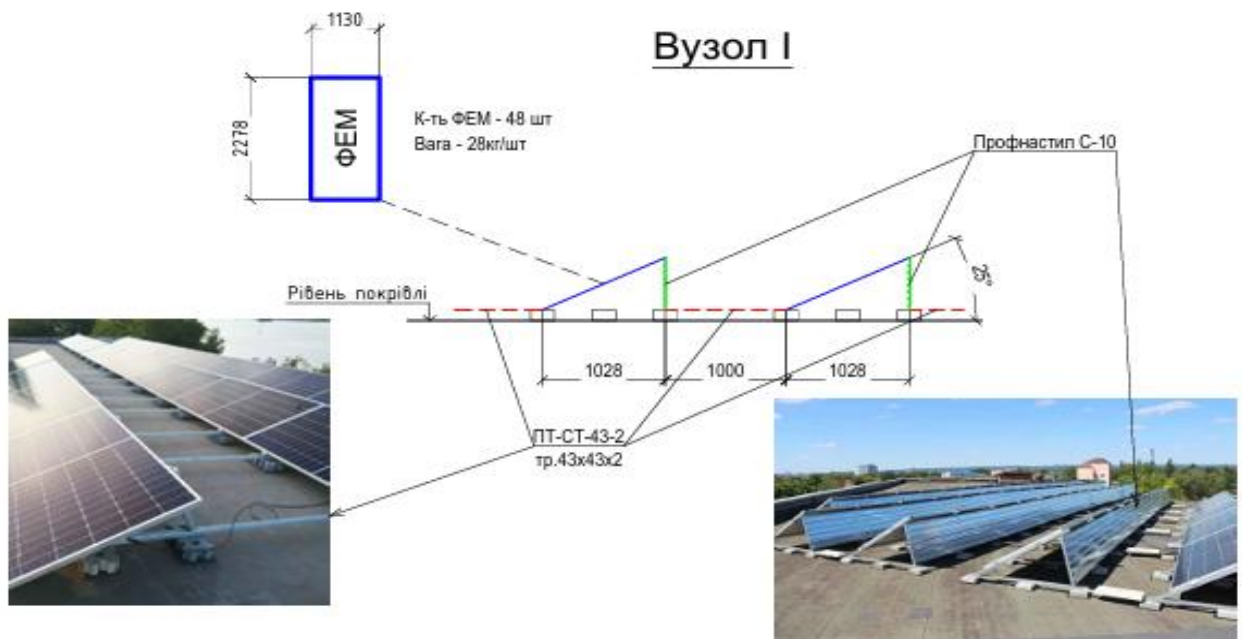
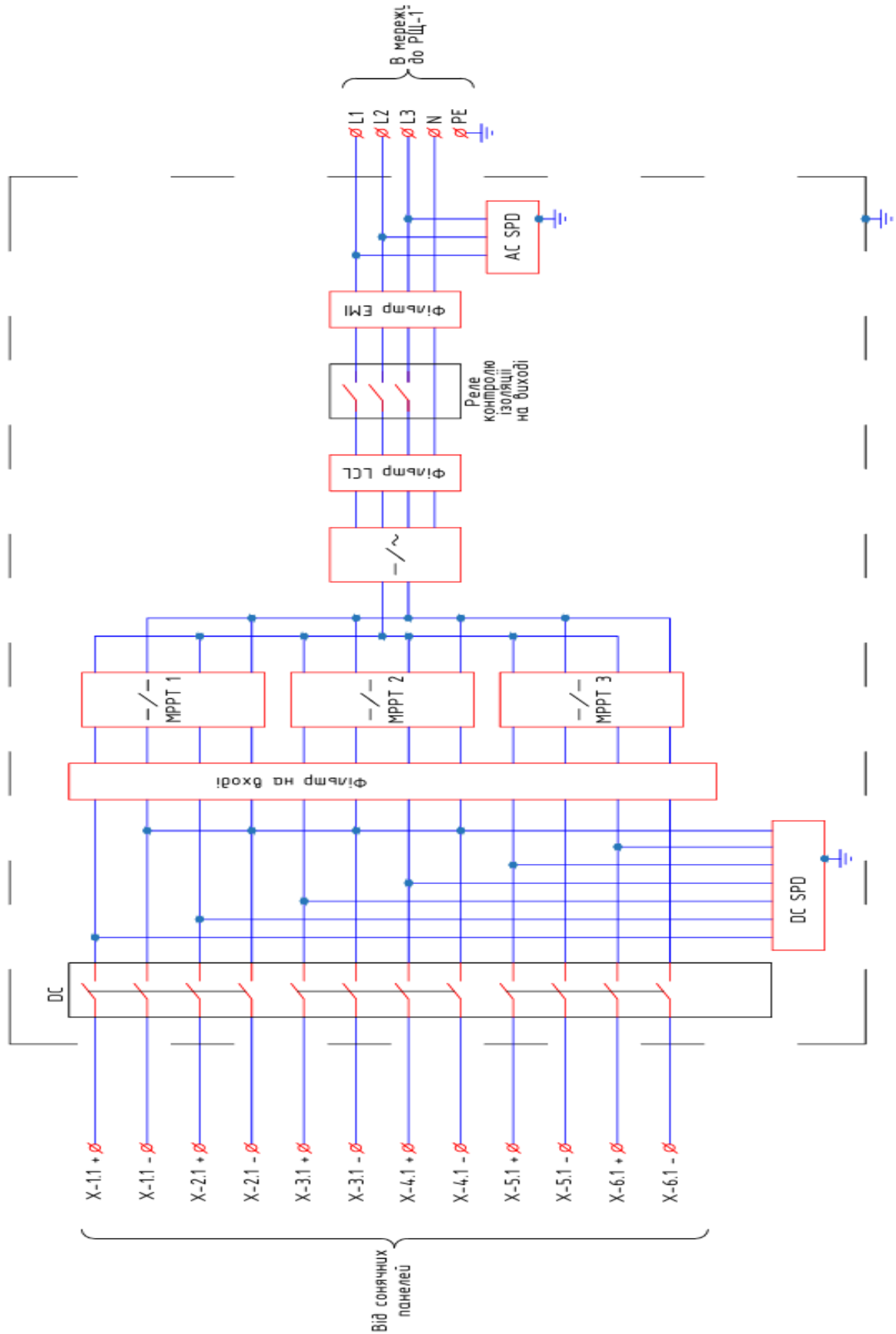


Схема структурна інвертора



Основні показники енергетичної ефективності впровадження системи резервного живлення

