

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ

(назва факультету)

КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ І ФІЗИКИ

(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи магістра

другого (магістерського) рівня освіти

(рівень вищої освіти)

на тему «Розробка системи енергозабезпечення на основі теплового насоса  
для приватного будинку у м. Херсон»

Виконав: студент 2 курсу групи БЕЛ  
спеціальності 141. Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка  
(код і назва спеціальності)

освітньо- Нетрадиційні та відновлювані  
професійної джерела енергії  
програми (назва ОПП)

Петренко А.Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник Андропова О.В.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Мешков Ю.Є.  
(прізвище та ініціали)

Хмельницький – 2025 р.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему «Розробка системи енергозабезпечення на основі теплового насоса для приватного будинку у м. Херсон» включає в собі пояснювальну записку та графічну частину. Пояснювальна записка містить 91 сторінку формату А4, 33 рисунки, 21 таблицю, 58 використаних джерел, 15 слайдів електронної презентації, 5 додатків.

Ключові слова: система енергозабезпечення, тепловий насос, теплоізоляція, енергоефективність, фотоелектричний модуль, інвертор, фотоелектрична система.

Робота присвячена розробці системи енергозабезпечення приватного будинку у м. Херсон, побудованої на основі теплового насоса та фотоелектричної системи. Проведено визначення енергетичних ресурсів відновлюваних джерел енергії для місцезрештування об'єкта. Визначено електроспоживання та теплове навантаження на опалення та гаряче водопостачання приватного будинку, розраховано клас енергоефективності будинку. Запропоновано енергоефективну бівалентну систему теплозабезпечення об'єкта на основі ґрунтового теплового насоса та газового котла. Для покриття електричного навантаження розроблено мережеву фотоелектричну систему, яка дозволить зменшити обсяги закупівлі електроенергії в 3 рази, а надлишки у розмірі 8,5 МВт·год реалізовувати за «зеленим» тарифом.

Розраховано капітальні й експлуатаційні витрати та вигоди від реалізації запропонованої системи енергозабезпечення. Визначений термін окупності проєкту близько 19 років свідчить про доцільність впровадження.

У розділі «Охорона праці» розглянуто особливості робочого місця, де виконувалась кваліфікаційна робота. Наведено можливі шкідливі та небезпечні фактори робочого приміщення, їх джерела утворення та заходи щодо їх усунення. Проведено розрахунок штучного освітлення робочого приміщення.

## ABSTRACT

The qualification work on the topic “Development of an energy supply system based on a heat pump for a private house in Kherson” includes an explanatory note and a graphic section. The explanatory note contains 91 pages in A4 format, 33 illustrations, 21 tables, 58 references, 15 slides of an electronic presentation, and 5 appendices.

**Keywords:** energy supply system, heat pump, thermal insulation, energy efficiency, photovoltaic module, inverter, photovoltaic system.

The work is devoted to the development of an energy supply system for a private house in Kherson, built on the basis of a heat pump and a photovoltaic system. The energy resources of renewable energy sources for the location of the facility were determined. The electricity consumption and heat load for heating and hot water supply of a private house were determined, and the energy efficiency class of the house was calculated. An energy-efficient bivalent heating system for the facility based on a ground source heat pump and a gas boiler was proposed. To cover the electrical load, a network photovoltaic system has been developed, which will reduce electricity purchases by 3 times and allow the sale of 8.5 MWh of surplus electricity at a “green” tariff.

The capital and operating costs and benefits of implementing the proposed energy supply system have been calculated. The estimated payback period of approximately 19 years indicates the feasibility of implementation.

The section “Occupational Safety” examines the characteristics of the workplace where the qualification work was performed. Possible harmful and hazardous factors in the workplace, their sources, and measures to eliminate them are presented. The artificial lighting of the workplace has been calculated.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА .....	
1.1 Парокомпресійний тепловий насос.....	
1.2 Системи енергозабезпечення на основі теплових насосів .....	
1.3 Низькопотенційні джерела енергії для теплового насосу .....	
1.4 Види фотоелектричних систем .....	
1.5 Висновки.....	
2 МЕТОДИЧНА ЧАСТИНА.....	
2.1 Методика визначення надходження сонячної радіації .....	
2.2 Методика визначення енергоспоживання об'єкту .....	
2.3 Методика розробки системи енергозабезпечення.....	
2.4 Методика визначення вироблення енергії системою енергозабезпечення.....	
2.5 Висновки.....	
3 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	
3.1 Вхідні дані .....	
3.2 Визначення надходження сонячної радіації .....	
3.3 Визначення енергоспоживання приватного будинку .....	
3.4 Розробка системи енергозабезпечення .....	
3.5 Визначення вироблення енергії системою енергозабезпечення .....	
3.6 Висновки.....	
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	
4.1 Методика розрахунку економічної ефективності системи .....	
4.2 Розрахунок економічної ефективності системи .....	
4.3 Висновки.....	
5 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	
5.1 Характеристики робочого місця .....	
5.2 Методика розрахунку штучного освітлення .....	

5.3 Розрахунок штучного освітлення робочого місця .....	
5.4 Висновки.....	
ВИСНОВКИ .....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	
ДОДАТОК А. Відомості щодо апробації кваліфікаційної роботи .....	
ДОДАТОК Б. Характеристики об'єкту дослідження.....	
ДОДАТОК В. Надходження сонячної радіації.....	
ДОДАТОК Г. Технічні дані обладнання.....	
ДОДАТОК Д. Вироблення і споживання енергії .....	

## ВСТУП

Підвищення енергоефективності будівель є однією з ключових проблем сьогодення. Через наявність великої кількості старих будівель, які не відповідають сучасним нормам, підвищене енергоспоживання стає значною проблемою для держави.

Застосування термомодернізації будівель дозволяє вирішити цю проблему, оскільки основними споживачами енергії в житлових будинках є опалення та гаряче водопостачання. Для покриття теплових потреб будинків використовують котли, які дають високе навантаження як на електричну так і газову мережі в опалювальний сезон.

Найбільш економічним джерелом тепла є теплові насоси. Вони дозволяють отримати з 1 кВт електроенергії в 3-5 разів більше теплової енергії, яку можна використовувати для опалення і гарячого водопостачання, демонструючи високу ефективність, екологічність та безпечність. В теплі пори року таку систему можна використовувати для охолодження будівель, що значно зменшує навантаження влітку на електричну мережу.

Такі властивості є дуже привабливими для домогосподарств та житлових будинків задля економії коштів та у довгостроковій перспективі підвищує енергонезалежність об'єкта.

Метою даної роботи є розробка системи енергозабезпечення на основі ґрунтового теплового насоса та фотоелектричних модулів для приватного будинку, розташованого у м. Херсон, та аналіз економічної ефективності системи.

Об'єктом дослідження є приватний будинок, розташований у м. Херсон.

Предметом дослідження є система енергозабезпечення будинку на основі теплового насоса та фотоелектричних модулів.

Задачі дослідження:

- розрахувати надходження сонячної радіації для місця розташування приватного будинку;

- визначити електро- та теплоспоживання приватного будинку;
- розробити систему енергозабезпечення об'єкту на основі теплового насоса та фотоелектричної системи;
- визначити вироблення енергії системою енергозабезпечення;
- провести аналіз економічної ефективності проекту з впровадження системи енергозабезпечення;
- розглянути питання охорони праці.

Методи дослідження: під час виконання роботи використовувався розрахунковий метод в поєднанні з аналізом отриманих результатів.

В кваліфікаційній роботі проведено розробку системи енергозабезпечення на основі бівалентної теплонасосної установки та мережевої фотоелектричної системи. Запропонована система теплозабезпечення покриває повністю навантаження опалення та гарячого водопостачання. Фотоелектрична система покриває електричне навантаження на 66,5 %, а надлишки генерації пропонується реалізувати в мережу за «зеленим» тарифом. Визначено економічні показники системи. Також проведено розгляд питань з охорони праці та визначено небезпечні та шкідливі фактори на робочому місці.

Тези доповіді «Моделювання фотоелектричного теплового колектора» авторів Андронові О., Курака В., Вареника К., Петренка А. опубліковано в Збірці наукових праць II Міжнародної наукової конференції студентів і молодих вчених «Проблеми та інновації у розвитку інженерії, технологій та транспорту», яка проводилась 24-26 квітня 2025 р. у м. Хмельницький (Додаток А). Тези доповіді «Моделювання системи сонячного гарячого водопостачання в програмному середовищі Matlab/Simulink» авторів Андронові О.В., Петренко А.Є. опубліковано в Матеріалах XII Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої Дню ракетно-космічної галузі України (10-12 квітня 2025 р.) (див. Додаток А).