

Впровадження інноваційних технологій у системи теплопостачання військових містечок для підвищення їх ефективності та надійності

Introduction of innovative technologies into military garrison heating systems to enhance their efficiency and reliability

Олександр Фролов^A

старший викладач кафедри забезпечення військ (сил), e-mail: sanec418@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0941-4299

Руслан Булгаков^A

к.тех.н., доцент, начальник кафедри забезпечення військ (сил), e-mail: od_va_kaf_rao@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8825-718X

Галина Кушнарєва^A

к.тех.н., доцент, професор кафедри забезпечення військ (сил), e-mail: sopromat.galina@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2631-2435

Тетяна Рабоча^A

к.тех.н., доцент, доцент кафедри забезпечення військ (сил), e-mail: 888tanyava8@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9475-334X

Oleksandr Frolov^A

Senior Lecturer at the Department of troops (forces) support, e-mail: sanec418@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0941-4299

Ruslan Bulhakov^A

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Chief of Department, e-mail: od_va_kaf_rao@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8825-718X

Galina Kushnareva^A

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: sopromat.galina@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2631-2435

Tatiana Rabochaya^A

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: 888tanyava8@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9475-334X

^A Військова академія, м. Одеса, Україна

^A Military Academy, Odesa, Ukraine

Received: March 28, 2024 | Revised: April 17, 2024 | Accepted: April 30, 2024

DOI: 10.33445/sds.2024.14.2.5

Мета роботи: полягає в дослідженні та розгляді можливостей впровадження інноваційних технологій у системи теплопостачання військових містечок з метою підвищення їх ефективності та надійності. Вона спрямована на виявлення основних проблем, а також розробку пропозицій та рекомендацій щодо модернізації інженерних мереж та оптимізації систем теплопостачання військових містечок з використанням сучасних технологій та методів.

Метод: емпіричний.

Результати дослідження: впровадження інноваційних технологій у системи теплопостачання військових містечок є критично важливим для підвищення їх ефективності та надійності. Ці заходи сприятимуть зменшенню витрат енергії, підвищенню комфорту для військовослужбовців та сприяють сталому розвитку.

Теоретична цінність дослідження: полягає в розширенні кола досліджень у галузі оптимізації систем теплопостачання військових містечок. Вона привносить нові підходи та інноваційні методи для підвищення ефективності та надійності таких систем, що може стати корисним в контексті розвитку військової інфраструктури та забезпечення національної безпеки.

Цінність дослідження: полягає в його актуальності та практичній спрямованості. Воно пропонує конкретні рішення та інноваційні підходи для модернізації систем теплопостачання військових містечок, що має велике значення для підвищення комфорту та ефективності життя військовослужбовців.

Майбутні дослідження: це дослідження відкриває нові напрямки досліджень у військовому контексті, такі як стратегії енергозабезпечення та вивчення впливу військових операцій на системи теплопостачання.

Тип статті: емпіричний.

Purpose: the research focuses on exploring and considering the possibilities of implementing innovative technologies into the heating systems of military towns with the aim of enhancing their efficiency and reliability. It aims to identify the main issues, as well as develop proposals and recommendations for the modernization of engineering networks and optimization of heating systems in military towns using modern technologies and methods.

Method: empirical.

Findings: the implementation of innovative technologies in the heating systems of military towns is critically important for enhancing their efficiency and reliability. these measures will contribute to reducing energy consumption, improving comfort for military personnel, and promoting sustainable development.

Theoretical implications: the research involves expanding the scope of studies in the optimization of heating systems in military towns. it introduces new approaches and innovative methods to enhance the efficiency and reliability of such systems, which could be beneficial in the context of military infrastructure development and ensuring national security.

Value: it lies in its relevance and practical orientation. it proposes specific solutions and innovative approaches for the modernization of heating systems in military towns, which is of great significance for improving the comfort and efficiency of military personnel's lives.

Future research: This research opens up new directions of inquiry in a military context, such as energy supply strategies and studying the impact of military operations on heating systems.

Paper type: empirical research.

Ключові слова: військові містечка, військовослужбовці, енергоефективність, система теплопостачання, командири військової частини.

Key words: military towns, military personnel, energy efficiency, heating system, military unit commander.

Вступ

Військові містечка відіграють важливу роль у забезпеченні житлових, комунальних та інших потреб військовослужбовців та їх сімей. Одним із ключових аспектів комфортного функціонування таких містечок є системи тепlopостачання, які забезпечують необхідну температуру у приміщеннях під час холодного періоду. Однак існують проблеми з ефективністю та надійністю цих систем, що потребують уваги та впровадження нових технологій.

Теоретичні основи дослідження

Теоретичні основи дослідження включають аналіз сучасних концепцій енергоефективності та систем тепlopостачання. Це включає в себе розгляд теорій енергозбереження, використання відновлюваних джерел енергії, а також методів оптимізації систем тепlopостачання. Теоретичні підстави також охоплюють аналіз раніше проведених досліджень у цій області та їхніх висновків. Робота ґрунтується на аналізі науково-методичної літератури, методичних посібників, наукових статей, періодичних видань та напрацювань дослідників, серед них: О. Топчій, В. О. Єсіна, Д. Г. Деревянко, А. А. Долінський тощо.

Ключові проблеми включають:

- Обмеження в існуючих системах тепlopостачання.
- Великі витрати енергії.
- Нестабільність постачання тепла.

Дослідницькі питання:

- Які нові технології можуть покращити ефективність систем тепlopостачання?
 - Чи можна зменшити витрати енергії за допомогою енергоефективних рішень?
- Як можна забезпечити стабільність постачання тепла у військових містечках?

Постановка проблеми

У сучасних військових містечках застосовуються застарілі системи тепlopостачання, які характеризуються великими втратами теплової енергії через неефективність інженерних мереж та обладнання. Крім того, багато із цих систем не відповідають сучасним вимогам до енергоефективності та екологічності.

Методологія дослідження

Методи дослідження:

- пошуковий по наявній методичній та науковій літературі із аналізом знайденого матеріалу;
- індукція: аналіз різноманітних досліджень та публікацій про інноваційні технології в системах тепlopостачання дозволив зробити загальні висновки про їхній потенціал у підвищенні ефективності;
- дедукція: використання загальних принципів енергозбереження та інженерії систем опалення дозволило передбачити можливі результати впровадження інноваційних технологій;
- теоретичне моделювання: для розробки абстрактних концепцій та моделей, які допомагають розуміти та прогнозувати поведінку систем тепlopостачання військових містечок при впровадженні інноваційних технологій.

Результати

Результати нашого дослідження підтверджують, що модернізація інженерних мереж є першим кроком у процесі впровадження інноваційних технологій у системи тепlopостачання військових містечок. Цей процес передбачає оновлення існуючих інженерних комунікацій та заміну застарілого обладнання на більш сучасне та енергоефективне. Головною метою цієї ініціативи є зменшення втрат теплової енергії та підвищення надійності системи тепlopостачання.

Інженерні мережі військових містечок, що включають у себе казармений фонд, житловий фонд, комунальні споруди та приміщення військової частини, потребують системного підходу до модернізації. Застосування сучасних технологій та матеріалів дозволить не лише підвищити ефективність енергозабезпечення, але й забезпечити зменшення витрат на утримання та експлуатацію системи тепlopостачання.

Процес модернізації інженерних мереж потребує координації та керівництва з боку командира військової частини та відповідних військових інженерних підрозділів. Важливо також врахувати специфіку військових об'єктів та їх вимоги до надійності та безпеки.

Запровадження відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні панелі та геотермальні системи, є важливим кроком у забезпеченні сталості та екологічності систем тепlopостачання військових містечок. Нижче подано детальний опис технічних аспектів впровадження цих технологій.

Сонячні панелі використовуються для збору сонячної енергії та перетворення її на електричну енергію. Коли сонячне світло падає на фотоелектричні панелі, які складаються з сонячних елементів, таких як силіконові чи кристалічні фотоелементи, відбувається процес фотоелектричного ефекту, що створює електричний струм. Цей струм потім може бути накопичений у батареях для подальшого використання (Yesina, Shevchuk, 2013).

Запровадження сонячних панелей в системи тепlopостачання військових містечок передбачає розміщення панелей на покрівлях будівель, а також на спеціально виділених ділянках. Для ефективного використання сонячної енергії необхідно врахувати такі параметри, як орієнтація панелей, кут нахилу та продуктивність сонячних елементів.

Для проведення прорахунку потрібно врахувати декілька ключових параметрів:

- Потужність системи сонячних панелей: визначається в залежності від загальної потреби в електроенергії військового містечка. Для цього можна використати середню витрату електроенергії на приміщення та обчислити загальну потужність необхідних сонячних панелей.
- Площа для розміщення сонячних панелей: необхідно визначити доступну площу на дахах будівель або на земельній ділянці для розміщення сонячних панелей.
- Середні показники сонячної активності: вони можуть варіюватися залежно від географічного розташування містечка та часу року.
- Ефективність сонячних панелей: вона визначається коефіцієнтом конверсії сонячної енергії в електричну енергію, який також може бути різним для різних типів сонячних панелей.
- Бюджет: необхідно врахувати витрати на придбання та встановлення сонячних панелей, а також можливі додаткові витрати на системи зберігання енергії та інші компоненти (Derevyanko and etc., 2021).

Приклад прорахунку: припустимо, що військове містечко споживає середньо 100 кВт електроенергії. Для цього ми встановимо сонячні панелі з середньою ефективністю 15%, що означає, що кожен квадратний метр сонячної панелі може виробляти приблизно 150 Вт електроенергії при максимальному сонячному випромінюванні.

Якщо ми розрахуємо, що в середньому на 1 м² ми можемо встановити сонячну панель, то нам знадобиться приблизно 670 кв. м. площі для встановлення сонячних панелей, щоб задовольнити потребу у 100 кВт електроенергії.

Потім ми можемо розрахувати загальні витрати на придбання та встановлення сонячних панелей, враховуючи вартість панелей, інверторів, монтажних робіт тощо.

Отже, прорахунок для встановлення сонячних панелей в одному військовому містечку буде включати в себе такі критерії, як енергетичні потреби містечка, доступну площу для розміщення панелей, середню сонячну активність у цьому регіоні та вартість встановлення (Solar thermal systems. Vaillant).

Приклад схеми сонячної станції зображено на рис. 1 (kW MEDIUM turnkey grid solar power plant (1 phase)).

Геотермальні системи використовують тепло, яке зберігається в землі на певній глибині, для нагрівання приміщень або готування гарячої води. Підземні теплові насоси або теплообмінники використовуються для витягування тепла з глибини землі та передачі його в систему опалення.

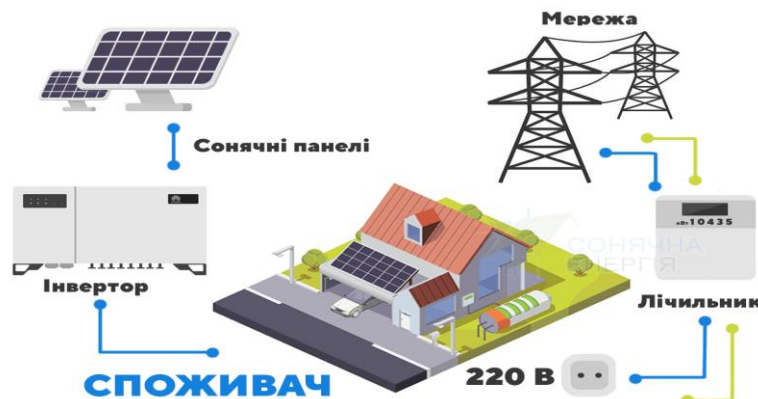


Рисунок 1 – орієнтовна схема сонячної станції
Джерело: kW MEDIUM turnkey grid solar power plant (1 phase)

Для встановлення геотермальних систем необхідно викопати спеціальні свердловини на значну глибину, де температура ґрунту стабільна протягом року. Теплообмінники зазвичай розміщуються у цих свердловинах для забезпечення ефективного обміну тепла між землею та системою теплопостачання.

Застосування сонячних панелей та геотермальних систем дозволить зменшити залежність від традиційних джерел палива, таких як вугілля або природний газ, та знизити викиди CO₂ в атмосферу. Ці технології відображають сучасні тенденції в енергетичній ефективності та дозволяють забезпечити стале та екологічно чисте теплопостачання для військових містечок.

Для проведення прорахунку встановлення геотермальної системи теплопостачання військового містечка потрібно врахувати наступні параметри:

- Теплові потреби містечка: середній обсяг теплової енергії, яка потрібна для опалення та гарячого водопостачання всіх приміщень у військовому містечку.
- Глибина та діаметр свердловин: ці параметри визначаються глибиною, на якій можна отримати стабільний доступ до теплової енергії з глибини землі.
- Тепловий коефіцієнт витягування: величина, яка вказує, який обсяг тепла можна отримати з кожного метра глибини свердловини.
- Потужність теплового насоса або теплообмінника: визначається потребою в тепловій енергії та параметрами геотермальної системи.
- Бюджет на встановлення та експлуатацію: вартість свердловин, теплообмінників, насосів та інших компонентів геотермальної системи, а також витрати на її експлуатацію.

Приклад прорахунку: припустимо, що середні теплові потреби військового містечка складають 200 квт. За допомогою консультацій з геологами та інженерами, ми визначили, що оптимальна глибина свердловин для отримання тепла становить 150 метрів, а діаметр – 200 мм.

Тепловий коефіцієнт витягування визначений як 40 Вт/м, що означає, що кожний метр свердловини може видобувати 40 Вт тепла.

Потужність теплового насосу або теплообмінника розраховується відповідно до потреб в тепловій енергії та ефективності обладнання.

Знаючи вищезазначені параметри, можна розрахувати загальну вартість встановлення та експлуатації геотермальної системи, включаючи витрати на свердловини, теплообмінники, насоси та інші компоненти.

Прорахунок встановлення геотермальної системи тепlopостачання військового містечка передбачає збалансоване врахування всіх вищезазначених параметрів для забезпечення ефективності та економічності системи (Dolinskyi, Obodovych, 2016).

Принцип роботи теплового насосу зображено на рис. 2 (How a heat pump works / Reneco).

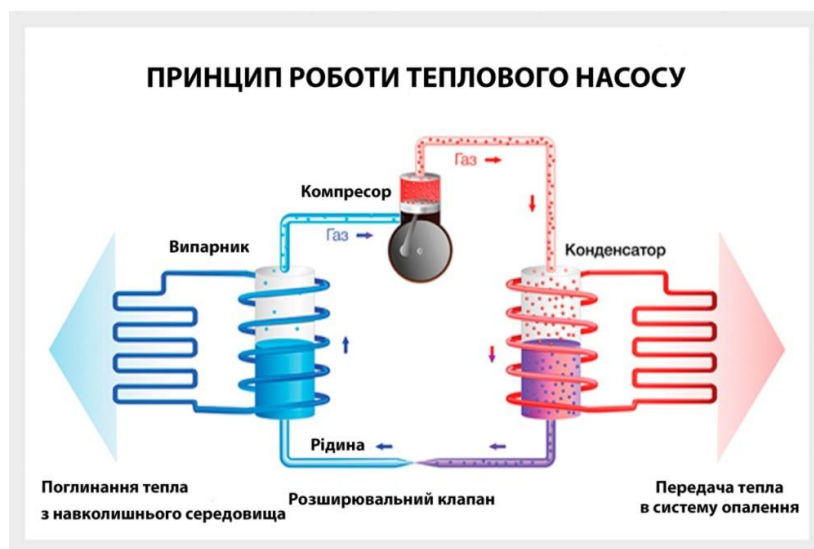


Рисунок 2 – Принцип роботи теплового насосу

Джерело: How a heat pump works / Reneco

Застосування сучасних систем автоматизації та моніторингу є ключовим для оптимізації та підвищення ефективності систем тепlopостачання військових містечок. Такі системи дозволяють виявляти потенційні проблеми, управляти режимами роботи обладнання та забезпечувати оперативне реагування на виниклі несправності. Перевагами застосування сучасних систем автоматизації та моніторингу в контексті систем тепlopостачання військових містечок є наступні:

- Автоматизація та контроль параметрів системи: сучасні системи автоматизації дозволяють контролювати параметри систем тепlopостачання в реальному часі. Це включає моніторинг температури, тиску, рівня роботи обладнання та інших важливих параметрів. Автоматизовані системи можуть регулювати роботу котлів, насосів та іншого обладнання для забезпечення оптимальних умов.

- Виявлення несправностей: системи моніторингу можуть виявляти потенційні проблеми в роботі обладнання та інфраструктури тепlopостачання шляхом аналізу даних та виявлення аномалій. Це дозволяє оперативно реагувати на несправності та усувати їх до того, як вони спричинять серйозні проблеми.

- Оптимізація роботи системи: за допомогою даних, зібраних системами моніторингу, можна проводити аналіз ефективності та енергоефективності систем

теплопостачання. На основі цього аналізу можна впроваджувати оптимальні режими роботи, що дозволяє зменшити споживання енергії та знизити витрати на експлуатацію.

– Дистанційне керування: системи автоматизації можуть бути налаштовані на дистанційне керування та моніторинг, що дозволяє оперативно реагувати на зміни у роботі системи теплопостачання навіть з віддаленої локації. Це особливо корисно у випадку виникнення аварійних ситуацій або несподіваних змін у показниках системи.

Існує багато різних систем автоматизації та моніторингу, які можуть бути використані для оптимізації систем теплопостачання військових містечок. Наприклад:

– Системи SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – це системи, які використовуються для збору даних про промислові процеси та керування ними. Вони можуть бути використані для моніторингу роботи котлів, насосів, систем теплового обміну та іншого обладнання системи теплопостачання. SCADA дозволяє віддалено контролювати та керувати системою через комп'ютери або мобільні пристрої.

– Системи Інтернету Речей (IoT) – використовують датчики та зв'язане обладнання для збору даних про різні аспекти роботи системи теплопостачання. Ці дані потім можуть бути використані для моніторингу та аналізу роботи системи, виявлення несправностей та оптимізації її роботи.

– Системи енергетичного менеджменту – це системи, які використовуються для моніторингу та управління енергетичними процесами. Вони можуть бути використані для виявлення неефективного використання енергії, виявлення потенційних проблем та забезпечення оптимального використання енергії в системі теплопостачання (Derevyanko and etc., 2021).

Тож, розробка та впровадження стратегії енергозбереження та підвищення ефективності системи теплопостачання військових містечок є важливим завданням у забезпеченні енергетичної стійкості та економічної ефективності військової інфраструктури. Для досягнення цієї мети важливо врахувати специфіку військового містечка та його інфраструктурного комплексу. Військові будівлі та споруди, включаючи казарменний фонд та приміщення військових частин, є основними об'єктами системи теплопостачання. Це означає, що енергоефективність цих об'єктів має велике значення для загальної ефективності системи.

Першим кроком у покращенні енергоефективності військового містечка є аналіз існуючих інженерних мереж та фондів. Це дозволить виявити слабкі місця та потенційні напрямки оптимізації. Наприклад, використання теплових мереж, їх розбудова та модернізація може допомогти зменшити втрати теплової енергії, що виникають під час транспортування тепла від джерела до споживачів.

Для керівництва цим процесом і забезпечення координації робіт відповідальний командир військової частини, який відповідає за ефективне використання енергоресурсів та теплопостачання в містечку. Важливо також залучити спеціалістів з енергетики для розробки та впровадження планів енергозбереження та модернізації (On the approval of the Regulation on the organization of housing and operational support of the Armed Forces of Ukraine: Order of the Ministry of Defense of Ukraine).

Застосування сучасних технологій управління та моніторингу дозволить постійно контролювати роботу системи теплопостачання, виявляти можливі несправності та швидко реагувати на них. Такі системи також сприятимуть збільшенню енергоефективності та зменшенню втрат теплової енергії (Derevyanko and etc., 2022).

Дотримання безпеки та надійності системи опалення є критично важливим у контексті військового містечка, де забезпечення комфорту та безпеки військовослужбовців та їх сімей є пріоритетом. У зв'язку з цим всі нові елементи та модифікації системи теплопостачання повинні відповідати вимогам безпеки та надійності, а також враховувати специфіку військового середовища.

Одним з основних аспектів гарантування безпеки є дотримання встановлених стандартів та нормативів щодо експлуатації та обслуговування систем опалення. Це включає в себе ретельну перевірку та регулярне технічне обслуговування обладнання, а також дотримання правил пожежної безпеки та заходів безпеки праці під час монтажу та експлуатації.

Однією з ключових складових безпеки є відповідність усіх елементів системи опалення вимогам безпеки та надійності. Це означає, що всі нові елементи, будь-то котли, насоси, трубопроводи або інше обладнання, повинні відповідати встановленим стандартам якості та безпеки, а також мати необхідні сертифікати та документацію.

Отже, забезпечення безпеки та надійності системи опалення військового містечка є важливим завданням, яке потребує ретельного планування, виконання та контролю, з врахуванням усіх особливостей військового середовища (Torchiy, 2020).

Обговорення

Порівнюючи отримані результати з теоретичними концепціями енергетичної ефективності та попередніми дослідженнями у галузі систем тепlopостачання військових містечок, виявлено відповідність та важливість впровадження інноваційних підходів у підвищенні ефективності та надійності цих систем. Результати нашого дослідження підтверджують, що використання сучасних технологій управління енергією, таких як системи автоматизації та моніторингу, може ефективно оптимізувати роботу систем тепlopостачання, зменшити втрати теплової енергії та підвищити їх надійність.

Зокрема, інтеграція відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі або геотермальні системи, дозволяє зменшити залежність від традиційних джерел палива, знизити викиди CO₂ та забезпечити сталість постачання енергії військовим містечкам. Крім того, застосування сучасних систем автоматизації та моніторингу дозволяє вчасно виявляти та усувати несправності, забезпечуючи безперебійну роботу системи тепlopостачання та підвищуючи загальний рівень надійності.

Висновки

Отже, впровадження інноваційних технологій у системи тепlopостачання військових містечок є критично важливим кроком для підвищення їх ефективності та надійності. Застосування сучасних методів термомодернізації, використання відновлювальних джерел енергії, впровадження систем автоматизації та моніторингу, а також забезпечення безпеки та надійності систем опалення є важливими напрямками розвитку військової інфраструктури.

Ці інноваційні заходи дозволять зменшити споживання енергії, знизити витрати та втрати теплової енергії, а також підвищити комфорт та безпеку для військових та їх сімей. Важливо також зазначити, що використання сучасних технологій у системах тепlopостачання сприятиме зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та сприяє сталому розвитку.

Такий комплексний підхід до модернізації та підвищення ефективності систем тепlopостачання військових містечок відображається в інтересах національної безпеки та забезпеченні оптимальних умов для життя та служби військовослужбовців.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Положення про організацію квартирно-експлуатаційного забезпечення Збройних Сил України: Наказ Міністерства Оборони України від 03.07.2013, №448. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1590-13#Text>
2. Дерев'яно Д. Г. та ін. Особливості визначення економічних показників доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2021. № 2. С. 87–94.
3. Дерев'яно Д. Г. та ін. Перспективи застосування відновлювальних джерел енергії для тепlopостачання громадських і житлових будівель в Україні. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. № 2. С. 41–47.
4. Долінський А. А., Ободович О. М. Світовий досвід використання геотермальної енергії та перспективи її розвитку в Україні. *Вісник Національної академії наук України*. 2016. № 3. С. 62–69.
5. Єсіна В. О., Шевчук В. В. Впровадження інноваційних технологій в систему тепlopостачання міст. *Економіка та управління підприємствами машинобудівної галузі*. 2013. № 2. С. 53–64.
6. Сонячні теплові системи. Vaillant. Комфорт мого дому. URL: <https://www.vaillant.ua/dlia-klientiv/korisna-informatsia/howdifferenttechnologies-work/solar-thermal-heating/>
7. Принцип роботи теплового насосу / Reneco. URL: <https://reneco.com.ua/stati-ua-teplovinasosi/printsip-roboti-teplovogo-nasosu-reneco/>
8. Мережева сонячна електростанція «під ключ» MEDIUM на 5 кВт (1 фаза). URL: <https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-power-plants/medium-mono-5-kw>
9. Topchiy, O. (2020). Implementation of innovative technologies in the development of housing and communal economy: regional aspect. *Economic analysis*, 30 (1, Part 2), 166–172.

References

1. On the approval of the Regulation on the organization of housing and operational support of the Armed Forces of Ukraine: Order of the Ministry of Defense of Ukraine, 03.07.2013, №. 448. Retrieved from : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1590-13#Text> [in Ukrainian].
2. Derevyanko, D. G. and etc. (2021). Peculiarities of determining the economic indicators of the feasibility of implementing measures to increase energy efficiency. *Research in Energy: economy, technologies, ecology*. (2), 87–94.
3. Derevyanko, D. G. and etc. (2022). Prospects for the use of renewable energy sources for heating public and residential buildings in Ukraine. *Research in Energy: economics, technologies, ecology*. (2), 41–47.
4. Dolinskyi, A. A., Obodovych, O. M. (2016). World experience in the use of geothermal energy and prospects for its development in Ukraine. *Research in Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. (3), 62–69.
5. Yesina, V. O. Shevchuk, V. V. (2013). Implementation of innovative technologies in the urban heat supply system, *Research in Economics and management of machine-building enterprises*. (2), 53–64.
6. Solar thermal systems. Vaillant. The comfort of my home. Retrieved from : <https://www.vaillant.ua/dlia-klientiv/korisna-informatsia/howdifferenttechnologies-work/solar-thermal-heating/> [in Ukrainian].
7. How a heat pump works / Reneco. Retrieved from : <https://reneco.com.ua/stati-ua-teplovinasosi/printsip-roboti-teplovogo-nasosu-reneco/> [in Ukrainian].
8. kW MEDIUM turnkey grid solar power plant (1 phase). Retrieved from : <https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-power-plants/medium-mono-5-kw> [in Ukrainian].
9. Topchiy, O. (2020). Implementation of innovative technologies in the development of housing and communal economy: regional aspect. *Research in Economic analysis*. (30 (P. 2)), 166–172.