

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ВОРОНЦОВ МИХАЙЛО ГЕННАДІЙОВИЧ

УДК 620.97

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕЛІОПАНЕЛЕЙ ПЕРІОДИЧНОЇ
ДІЇ, СУМІЩЕНИХ ІЗ ПОКРИТТЯМ БУДІВЕЛЬ**

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

АВТОРЕФЕРАТ

дипломної роботи на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2019

Дипломною роботою магістра є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Тарасенко Микола Григорович,
завідувач кафедри «Електричної інженерії»
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент кандидат фізико-математичних наук,
Габрусєв Григорій Валерійович,
доцент кафедри вищої математики
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться «28» грудня 2019 р. о 10 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 41 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка при Тернопільському національному технічному університету імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопроіль, вул. Микулинецька 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитися в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою <http://elartu.tntu.edu.ua/>

Секретар
Екзаменаційної комісії № 41

Коцюрко Р.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи. Інтенсивне використання традиційних джерел енергії у світі призвело до появи ряду екологічних проблем, найбільш гострими з яких є збільшення викидів в атмосферу вуглекислого газу та зменшення товщини озонового шару.

Сьогодні, коли зростає вартість традиційних джерел енергії, а запаси їх вичерпуються, першочергово постає питання використання альтернативних або нетрадиційних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, геотермальна, гідроенергія, біоенергія, тощо.

Найбільш потужним джерелом енергії для людства є Сонце, висока активність якого зберігатиметься ще щонайменше 3-4 мільярди років. Кількість сонячної енергії, що потрапляє на Землю, майже в 15 000 разів перевищує потреби населення нашої планети, проте лише незначна її частина використовується на господарські потреби. Найпростішим та ефективним способом використання енергії Сонця, є перетворення її в теплову енергію, для чого використовують сонячні колектори.

На даний час розроблено та використовується значна кількість сонячних колекторів різних конструкцій, що відрізняє їх за техніко-економічними показниками. Переважна більшість геліоколекторів виготовляється у формі плоских конструкцій, площа поверхні яких є визначальним фактором в оцінці кількості як падаючої на неї сонячної енергії так і ефективності перетворення її в теплову енергію. Істотним недоліком всіх плоских колекторів є нестабільність ефективності їх роботи впродовж світлового дня, висока вартість і трудомісткість виготовлення. Крім цього, великорозмірна плоска поверхня прямокутної форми сонячних колекторів призводить до труднощів архітектурної та технологічної прив'язки необхідної кількості такого класу теплоприймачів безпосередньо на спорудах. При цьому створюється додаткове масове навантаження на конструкції споруд, на яких розміщуються сонячні колектори.

Проте на сьогодні ще недостатньо вивчене питання простої, економічної та раціональної конструкції геліопанелі (ГП) для досягнення її максимальної ефективності залежно від інтенсивності сонячного випромінювання, діаметру трубок, кроку трубок, типу трубок та покриття ГП, а також витрати теплоносія. Відомі ГП не забезпечують ефективного використання сонячної енергії упродовж дня, оскільки не існує енергоефективних та водночас дешевих їх конструкцій.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської роботи є теоретичне обґрунтування й експериментальне підтвердження можливості одержання низькопотенціальної теплоти шляхом удосконалення геліопанелей періодичної дії, суміщених із покриттям будівель.

Для досягнення зазначеної мети у роботі вирішувались такі завдання:

- провести аналіз існуючих теоретичних та експериментальних даних, а також методів розрахунку систем сонячного теплопостачання із ГП;
- обґрунтувати доцільність застосування ГП для покращення мікроклімату в приміщенні;

- виконати теоретичні та експериментальні дослідження ГП різних конструкцій для визначення найефективнішої;
- проаналізувати вплив сучасних покрівельних матеріалів та типів труб на зміну теплоакumuляційної здатності ГП;
- перевірити ефективність роботи системи сонячного теплопостачання із ГП в натурних умовах;
- розробити інженерну методику для розрахунку основних конструктивних параметрів ГП;
- виконати економічне обґрунтування доцільності використання ГП періодичної дії, суміщених із покриттям будівель.

Об'єктом дослідження є геліопанелі періодичної дії, суміщені із покриттям будівель.

Предметом дослідження є процес та технологія отримання сонячної енергії геліопанелями періодичної дії, суміщеними із покриттям будівель.

Методи досліджень: теоретичний аналіз та експериментальні дослідження; лабораторні та натурні дослідження системи сонячного теплопостачання (СТ) із ГП різних конструкцій; математичні методи оброблення експериментальних даних; застосування методів математичної статистики та положень обчислювальної математики.

Новизна проведеного дослідження.

1. Запропоновано конструкцію теплогеліоприймача (геліопанелі) системи СТ, конструктивно поєднану з панеллю покриття будівлі, яка характеризується високими теплоакumuляційними властивостями;

2. Обґрунтовано можливість застосування ГП періодичної дії, суміщених із покриттям будівель для системи теплопостачання, що дало змогу знизити собівартість системи СТ.

Практичне значення одержаних результатів.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалена методика та розроблений алгоритм розрахунку дає змогу встановити основні параметри системи СТ із ГП, а також визначити раціональні геометричні розміри ГП.

Апробація результатів дослідження.

Основні положення та результати дипломної роботи магістра доповідалися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ імені Івана Пулюя «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 року, м. Тернопіль).

Структура і обсяг роботи.

Дипломна робота магістра складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи 130 сторінок, 7 таблиць і 48 рисунків; список літератури з 53 найменувань на 6 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, показано зв'язок із науковими програмами, темами, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію та впровадження результатів роботи.

Перший розділ «Літературний огляд» виконано аналіз потенціалу сонячної енергетики та існуючих систем сонячного теплопостачання. Проаналізовано переваги та недоліки різних конструкцій сонячних колекторів, методи їх досліджень. Подано аналіз основних напрямків підвищення ефективності сонячних колекторів та систем сонячного теплопостачання в цілому.

Найпоширенішими сонячними колекторами є плоскі геліоколектори, недоліком яких є їх висока вартість і залежність кількості тепла, що виробляється, від періоду доби (їх енергетична ефективність в ранішні та вечірні години знижується на 60%), а також додаткове масове навантаження на конструкції споруд.

На основі аналітичного вивчення літературних джерел сформульовано основні завдання і напрямки досліджень: удосконалення та дослідження сонячних колекторів, суміщених із покрівлею будівлі.

У другому розділі «Основна частина» наведено результати теоретичних досліджень акумуляційних властивостей ГП. Проведено математичне моделювання надходження сонячної енергії на ГП.

Виконано теоретичні дослідження процесу тепловіддачі від геліопокрівлі з прозорим покриттям та без нього при різній швидкості та напрямку повітряного потоку.

Для оцінки ефективності геліопокрівлі було складено енергетичний баланс ССТ із геліопокрівлею та проведено аналітичні дослідження, метою яких є визначення термоакумуляційних властивостей геліосистеми.

Оскільки сонячна енергія поглинається покрівельним матеріалом будівлі, кількість тепла, яку вона може поглинути, першою чергою залежить від інтенсивності сонячного випромінювання, що надходить на поверхню цього матеріалу ($Q_{\text{сон}}$). Від покрівельного матеріалу будівлі теплота втрачається конвекцією та випромінюванням в навколишнє середовище. Решта енергії від покрівлі через теплопоглинач передається теплоносію в трубах контуру циркуляції геліопокрівлі ($Q_{\text{т}}$). Частина поглинутої теплоти втрачається шаром теплоізоляції через нижню частину геліопокрівлі ($Q_{\text{тепл}}$), стінками баку-акумулятора ($Q_{\text{бак}}$) та трубками для теплоносія від геліопокрівлі до баку-акумулятора ($Q_{\text{тр}}$), що загалом зумовлено теплопровідністю використаних матеріалів. Завдяки різниці температур та, відповідно, різниці густин теплоносія в зоні вхідного і вихідного патрубків створюється циркуляція теплоносія. Решта енергії акумулюється як корисна енергія ($Q_{\text{ак}}$) в баку-акумуляторі гарячої води.

В модельованій геліопокрівлі прийнято використання трубок для теплоносія з внутрішнім діаметром 20 мм, який загалом передбачений в промислових колекторах різних типів. Робоча площа геліопокрівлі становила 0,16 м². Об'єм бака-акумулятора прийнято із розрахунку 75 л води на 1 м² площі колектора аналогічно з відомими ССТ. З врахуванням геометричних параметрів гофрованого покрівельного листа розглянуто надходження теплового потоку як на горизонтальні площини, так і суміжні з ними під кутом 30° бокові грані. Початкова температура теплоносія становила 14°C, температура навколишнього середовища – 20°C.

Під час проведення досліджень ГП встановлювалась у необхідне положення, а саме перпендикулярно до падіння теплового потоку. Було встановлено необхідну витрату теплоносія, яка підтримувалась сталою впродовж експерименту. Вимірювались такі величини: інтенсивність потоку енергії, що випромінює джерело; температура теплоносія на вході та виході із ГП; температура теплоносія в бакові-акумуляторі; температура та швидкість оточуючого повітря біля ГП; витрата теплоносія. Досліди проводились у довільній послідовності, щоб уникнути впливу систематичних похибок, викликаних зовнішніми чинниками.

Результати досліджень зображені в графічній формі на рис. 1 і рис. 2 вони показують надходження сонячної енергії на системи геліопанелей впродовж дня. Такі дані отримувались для кожного дня досліджень.

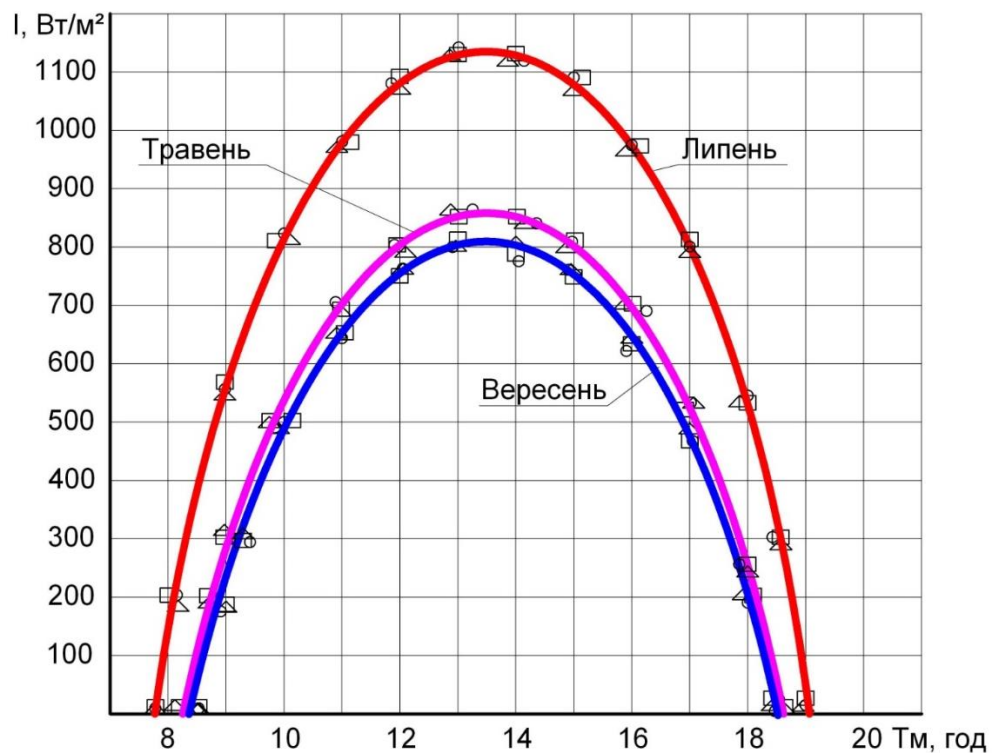


Рис. 1. Зміна інтенсивності потоку сонячної енергії I впродовж дня при її надходженні на систему геліопанелей протягом дослідного періоду

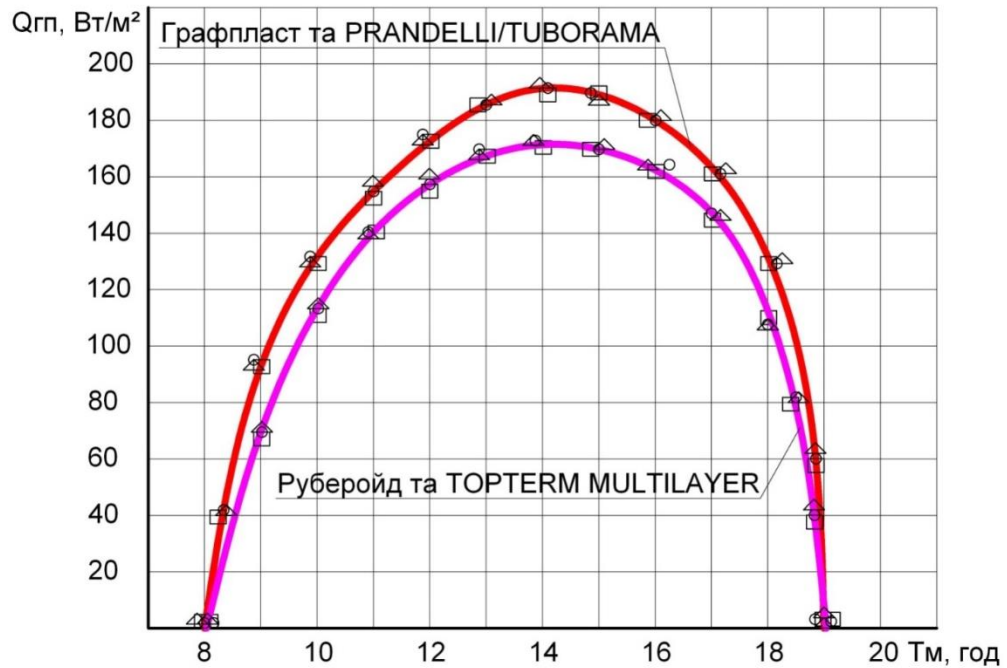


Рис. 2. Зміна питомої миттєвої теплової потужності $Q_{гп}$ геліопанелей різних конструкцій впродовж дня

У схемі, зображеній на рис. 3 холодна вода подається в геліопанель і попередньо підігрівається на горіщі за допомогою теплообмінника 4, згодом, нагрівшись, вона подається споживачу 10. За необхідності вода може бути догріта в проміжному баці 2 від електроенергії або від енергії теплогенеруючої установки.

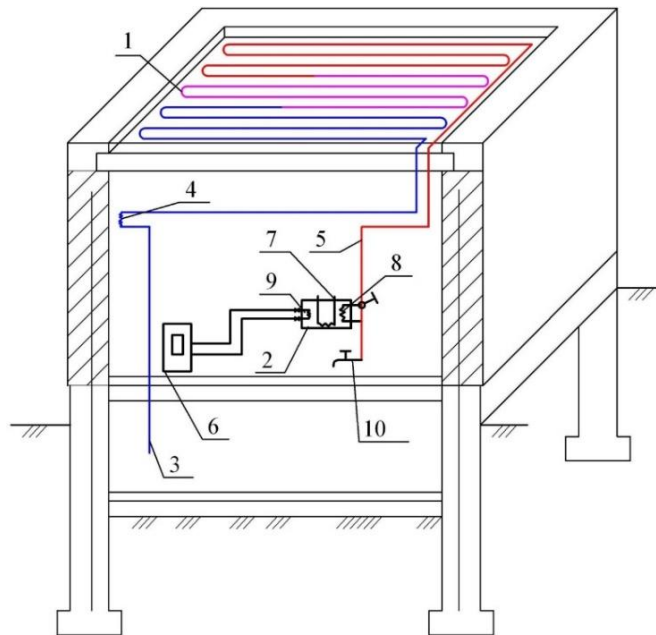


Рис. 3. Схема використання комбінованого геліонагрівника в ССТ

1 – геліопанель; 2 – бак-акумулятор; 3 – подача холодної води; 4,8,9 – теплообмінники; 5 – подача гарячої води; 6 – додаткове джерело тепла (ТГУ); 7 – ТЕН; 10 – СГВ

Можливе поєднання системи сонячного теплопостачання із геліопанелями і термоаккумуляцією із пасивними системами сонячного теплопостачання. Дана схема може також використовуватись в системі теплопостачання із пасивною системою сонячного теплопостачання і тепловим насосом рис.4.

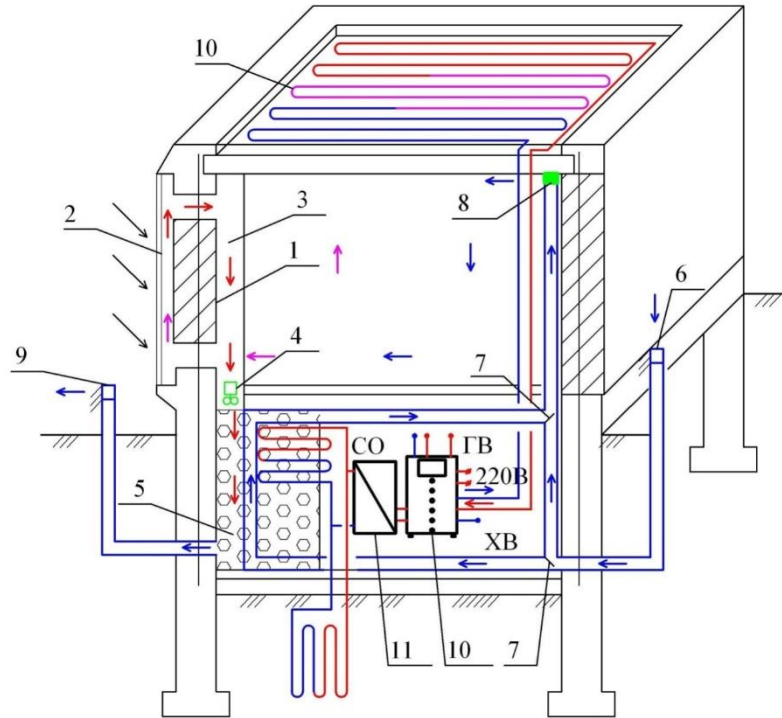


Рис. 4. Схема комплексної системи сонячного теплопостачання із тепловим насосом та геліопанелями

1 – прозоре покриття; 2 – теплопоглинач; 3 – вентилятор циркуляції повітря пасивної системи СТ; 4 – сонячне випромінювання; 5 – акумулятор пасивної системи СТ; 6 – приплив повітря; 7 – видалення повітря; 8 – тепловий насос; 9 – бак-акумулятор активної системи СТ; 10 – геліопанель; 11 – подача холодної води

В холодний період року, коли енергії Сонця не вистачає для повного нагрівання води на систему теплопостачання доцільним є встановлення додаткового джерела тепла, наприклад газового котла чи теплового насосу, які догрівають воду до заданої температури. Використання таких комбінованих систем є конкурентним порівняно з традиційними системами теплопостачання.

У третьому розділі «Спеціальна частина» наведена методика розрахунку та подано лістинг програми розрахунку параметрів системи сонячного теплопостачання з геліопокрівлею

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» проведено техніко-економічний аналіз ефективності застосування геліопокрівлі здійснено економічне порівняння звичайного сонячного колектора та геліопокрівлі.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано основні вимоги безпеки при будівництві та експлуатації систем опалення. Запропоновані заходи з зменшення факторів ризику при експлуатації систем сонячного теплопостачання та заходи з пожежної безпеки.

У шостому розділі «Екологія» розглянуто вплив систем сонячного теплопостачання на навколишнє середовище запропоновано заходи, щодо Забезпечення екологічної безпеки систем сонячного теплопостачання

ВИСНОВКИ

1. Проведений літературний огляд показав, що сьогодні існують багато конструкції сонячних колекторів, які також мають різні техніко-економічні показники, але найбільш ефективною є геліопанель, захисне покриття якої виконує функції гідроізоляційного шару та абсорбційного покриття, це максимально використовувати матеріали, які зазвичай найбільш вживані для покрівельних та гідроізоляційних покриттів дахів. Оскільки ці системи є елементами споруд, то їх встановлення можна передбачати як в новому будівництві, так і при реконструкції будівлі, що дозволить підвищити ефективність системи в цілому та знизити термін окупності.

2. Встановлено, що система сонячного теплопостачання дає змогу знизити вартість отримуваної теплової енергії, порівняно з традиційними джерелами теплопостачання (від тепломережі), на 40%.

3. На основі теоретичних даних із застосуванням відомих методів розрахунку систем сонячного теплопостачання створено методику та алгоритм розрахунку ССТ із геліопанелями, а також побудовано залежність, що дозволяє знайти кількість отриманої теплової енергії при різних варіантах застосування сучасних матеріалів у запропонованій конструкції теплогеліопанелі.

4. Запропоновано типоряд геліопанелей та схему системи сонячного теплопостачання із використанням геліопанелей, що дасть можливість підвищити ефективність традиційної системи теплопостачання.

5. Визначено, що вартість запропонованої ССТ з допомогою геліопанелей в 20 разів нижча від існуючої активної ССТ, що зараз пропонується на ринку.

6. Економічний ефект від впровадження комбінованої системи теплопостачання із геліопанелями становить 12,34 тис. грн. на рік, що є на 33% меншими, ніж витрати на систему гарячого водопостачання з використанням сучасних сонячних колекторів, а термін окупності становить 6 років. Ці дані свідчать про високу ефективність геліопокрівлі та можливість її широкого застосування у ССТ.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

Воронцов М.Г. Ефективність застосування геліопанелей періодичної дії, суміщених із покриттям будівель. // М.Г. Тарасенко, М.Г. Воронцов // Збірник тез доповідей. Матеріали VIII міжнародної науково - технічної конференції

«Актуальні задачі сучасних технологій» (м. Тернопіль, 27 - 28 листопада 2019р.) / М-во освіти і науки України, Тернопільський нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя – Т.: ТНТУ, 2019. – Т.3. С. 25.

АНОТАЦІЯ

Воронцов М.Г. Ефективність застосування геліопанелей періодичної дії, суміщених із покриттям будівель. – **Рукопис.**

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університету імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Дипломна робота присвячена ефективності застосування системи теплопостачання із геліопанелями для приватного будинку що дало можливість знизити вартість отримуваної енергії для системи сонячного теплопостачання.

В роботі вперше запропоновано конструкцію геліопанелі системи сонячного теплопостачання, конструктивно поєднану з панеллю покриття будівлі, яка характеризується високими теплоаккумуляційними властивостями.

Ключові слова: сонячна енергія, теплопостачання, система теплопостачання, сонячний колектор, геліопокрівля, ефективність геліопокрівлі.

ANNOTATION

Vorontsov Mykhailo. Application efficiency of periodic action helio panels, integrated with coverings of buildings – **Manuscript.**

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2019.

The thesis is devoted to the efficiency of the heat supply system with heliop panels for a private house, which made it possible to reduce the cost of the energy received for the solar heating system.

In the work for the first time the solar panel solar panel construction, constructively connected with the panel covering the building, which is characterized by high heat accumulation properties, was proposed for the first time.

Keywords: solar energy, heat supply, heat supply system, solar collector, solar collector, efficiency of helioproovile.