

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

РЕФЕРАТ

наукової роботи

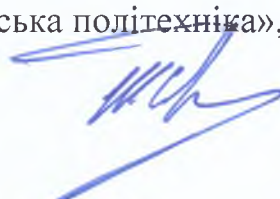
На здобуття премії Президента України для молодих вчених

Інноваційні енергоефективні геліоколектори, інтегровані у зовнішні захищення будівель для відбудови України у воєнний і повоєнний час

(192 – Будівництво та цивільна інженерія)

ШАПОВАЛ Степан Петрович,

д.т.н., професор, професор кафедри теплогазопостачання та вентиляції
Національного університету «Львівська політехніка», 23.04.1984



У даній науковій роботі представлено результати комплексних досліджень інноваційних енергоефективних комбінованих зовнішніх захищень будівель: геліюпокриття, геліостіни та геліовікна, для відбудови України у воєнний і повоєнний час. Зокрема у результаті ряду теоретичних та експериментальних, в лабораторних та натурних умовах, досліджень запропоновано методологію розрахунку систем теплозабезпечення будівель із зовнішніми захищеннями, в яких інтегровано елементи систем сонячного теплопостачання.

Актуальність теми дослідження. Сьогодні, під час війни, Україна стоїть перед безпрецедентними проблемами в паливно-енергетичному комплексі, які впливають з дефіциту енергетичних ресурсів і, як наслідок, – з підвищеної залежності від їхнього імпорту. Сьогодні в світі відбуваються зміни у способах формування енергетичної позиції країн: надається пріоритет підвищенню енергоефективності та використанню відновлюваних та альтернативних джерел енергії. Впровадження цих заходів є однією із прерогатив тотального формування світової енергетики. Це визначає для України принципово нові економічні та технологічні завдання і потребує пошуку та впровадження на практиці новітніх рішень у галузі архітектури та будівництва. Одним із перспективних способів вирішення цих проблем є впровадження енергоефективних будівель. Тому, для України важливо інтенсифікувати процеси з розвитку енергоефективного будівництва та збільшення частки альтернативних джерел енергії, зокрема сонячної, яка на території України має значний потенціал.

Використання сонячної енергії для теплопостачання енергоефективних будівель є перспективним напрямком у галузі архітектури та будівництва. Для таких будівель з урахуванням плями та архітектури забудови також окремо варто звернути увагу на застосування систем сонячного теплопостачання, елементи яких інтегровані в конструкції зовнішніх огорожень. Тому, зважаючи на сказане вище, відповідно до енергетичної стратегії розвитку України, необхідне є запровадження енергоефективних будівель, у яких зовнішні захищення є перетворювачами сонячної енергії в теплову і, які із комбінованою системою теплопостачання, можуть забезпечувати будівлю тепловою енергією. Проте сьогодні ще мало вивчені питання щодо ефективної, економічно доцільної та раціональної конструкції геліоколекторів, інтегрованих у зовнішні захищення будівель, а також відсутні дослідження їхніх теплофізичних характеристик, рекомендації щодо їхньої максимальної теплової та техніко-економічної ефективності в системах теплопостачання енергоефективних будівель, що є актуальною науковою проблемою.

Мета роботи полягає в науковому обґрунтуванні та розробленні систем теплозабезпечення (СТ) на основі інноваційних енергоефективних геліоколекторів, інтегрованих у зовнішні захищення будівель (ІЕГІЗЗБ) та створенні, за результатами досліджень, відповідних методів розрахунку їхніх теплотехнічних характеристик.

Методи досліджень: теоретичний аналіз та експериментальні дослідження в лабораторних та реальних умовах системи теплозабезпечення із ІЕГІЗЗБ різних конструкцій; математичні методи планування багатофакторного експерименту та оброблення його даних із використанням програмного комплексу Statistica; застосування методів математичної статистики та обчислювальної математики; методи математичного моделювання та комп'ютерного дослідження в середовищах MathCAD, Maple, Python та SolidWorks.

Отримані результати не суперечать висновкам відомих наукових положень. Висновки і рекомендації, сформульовані в даній науковій роботі, підтверджені експериментальними дослідженнями шляхом аналізу, узагальнення і систематизації.

Наукова новизна роботи:

– отримано подальший розвиток основи новітніх технологій теплозабезпечення енергоефективних будівель у результаті вдосконалення комбінованих систем теплопостачання із застосуванням ІЕГІЗЗБ, які дали змогу підвищити ефективність роботи комбінованих систем теплопостачання;

– вперше визначено параметри ефективного використання теплової енергії, отриманої ІЕГІЗЗБ в елементах систем сонячного теплопостачання з урахуванням їхніх конструктивних особливостей і режимів роботи під час комплексу експериментальних досліджень;

– вперше експериментально встановлено теплові характеристики ІЕГІЗЗБ та систем сонячного теплопостачання на їхній основі в цілому, за впливу визначальних метеопараметрів, таких, як густина потоку сонячної радіації та швидкість вітрового потоку, що дає змогу розраховувати такі системи;

– набула подальшого розвитку методологія розрахунку теплових процесів у комбінованих системах теплозабезпечення енергоефективних будівель з урахуванням ІЕГІЗЗБ, яка базується на поєднанні експериментальних та аналітичних досліджень із врахуванням кліматичних особливостей районів України.

Практичне значення одержаних результатів. Результати досліджень використовувались під час створення комбінованих систем теплозабезпечення енергоефективних будівель на основі ІЕГІЗЗБ. Було розроблено конструкції ІЕГІЗЗБ – зовнішніх огорожень-перетворювачів сонячної енергії у теплову, зокрема геліостіни, геліопокриття, геліовікна, і створено методики розрахунку їхніх теплових характеристик. Крім того, вдосконалено інженерний метод розрахунку систем теплозабезпечення енергоефективних будівель, який враховує теплотехнічні характеристики запропонованих огорожень, умови експлуатації та вплив зовнішніх факторів і характерних кліматичних особливостей України в умовах відбудови.

Теоретично та експериментально підтверджено ефективність застосування запропонованих технічних рішень, зокрема встановлено, що коефіцієнт корисної дії (ККД) геліовікна становить 0,39–0,47, відповідно геліостіни – 0,51–0,67 та геліопокриття – 0,57–0,71. Розроблена комбінована

система теплопостачання та конструкції ІЕГІЗЗБ захищені патентами України на корисну модель та – на винахід.

Результати даної наукової роботи, впроваджено на низці підприємств: ТОВ «БМ КОМФОРТ» (м. Львів); ТОВ «ОЛФОМЕД» (м. Київ); ПП «АРХ.МЕД.ПРОЕКТ» (м. Дніпро).

У **першому розділі** здійснено аналіз літературних даних, який засвідчив, що для імплементації в Україні світових тенденцій енерго- та ресурсозбереження, зменшення шкідливих викидів і покращення екологічної ситуації найперспективнішим напрямом в галузі архітектури та будівництва є підвищення енергоефективності будівель та використання альтернативних джерел енергії, зокрема сонячної.

Критичний аналіз існуючих систем сонячного теплопостачання енергоефективних будівель та споруд показав, що перспективними є системи з геліоколекторами, які інтегровані в зовнішні огороження, оскільки вони дають змогу ефективно використовувати поверхню будівлі для одержання сонячної енергії навіть за умов щільної забудови.

Більшість досліджень геліоколекторів, інтегрованих у зовнішні огороження будівель, спрямовані на повітряні системи, однак рідинні теж набувають поширення і потребують окремих досліджень та створення особливої методології їхнього розрахунку. Розвитку питань проектування об'єктів енергоефективного будівництва, що використовують активні та пасивні системи сонячного теплопостачання присвячено праці: Д. Арчібальда, У. А. Бекмана, Д. Бріттла, В. Г. Горобця, Д. Даффі, А. Є. Денисової, О. Т. Дворецького, Т.К. Ернст, К. Є. Золотька, С. О. Кудрі, А. Пелегріні, В. О. Плоского, О.В. Приймака, М. Д. Рабіновича, А. О. Редька, О. В. Сергейчука, В.Ю. Сиворахші, І. М. Стаценка, В. Файста, Г. Г. Фаренюка та ін. Проте дослідження цих авторів потребують подальшого продовження для одержання різнофакторних результатів щодо теплотехнічних характеристик ІЕГІЗЗБ та систем теплозабезпечення енергоефективних будівель на їхній основі.

Отже, проблему теплозабезпечення енергоефективних будівель комбінованими системами теплопостачання із геліоколекторами, що поєднані з конструкціями зовнішніх захищень, можна вирішити завдяки розвитку теоретичних та експериментальних досліджень і запровадженню нових систем теплопостачання, елементи яких інтегровані в зовнішні захищення на основі новітніх технічних рішень із рідинним теплоносієм, а саме – виконання зовнішніх огорожень-перетворювачів сонячної енергії в теплову: геліовікна, геліостіни та геліопокриття.

Тому, для вдосконалення теплозабезпечення енергоефективних будівель із комбінованими системами теплопостачання, що ґрунтуються на ІЕГІЗЗБ, необхідно виконати широкопараметричні дослідження їхніх теплотехнічних характеристик.

Другий розділ присвячено визначенню теплової ефективності системи теплопостачання на основі ІЕГІЗЗБ і їхніх теплотехнічних характеристик у лабораторних умовах за впливу на них визначальних факторів та плануванню

експериментів і математичному опрацюванню результатів досліджень, які наведені у графічній, табличній та аналітичній формах.

Було досліджено теплову ефективність геліопокриття із тепловим акумулятором та встановлено його теплотехнічні характеристики у випадку розміщення трубок контуру циркуляції теплоносія під або над теплопоглиначем, а також за наявності та відсутності прозорого покриття. Установка складалася з геліопокриття, теплового акумулятора, джерела теплового випромінювання і приладів для вимірювання. Особливістю геліопокриття є те, що його теплопоглинач виготовлений із рифленого матеріалу для покриття будівлі.

У результаті проведених експериментальних досліджень геліопокриття з трубками контуру циркуляції теплоносія над теплопоглиначем з прозорим покриттям у системі тепlopостачання за природньої циркуляції теплоносія одержано рівняння регресії, на основі аналізу цього рівняння зроблено висновок, що максимальний вплив на коефіцієнт теплової ефективності геліопокриття з прозорим покриттям з трубками циркуляції теплоносія, що містяться над теплопоглиначем, має густина потоку випромінювання, а кут нахилу геліопокриття, та азимутальний кут повороту геліопокриття, – впливають менше. На основі статистичної обробки результатів досліджень було побудовано номограму для визначення коефіцієнта ефективності геліопокриття, на її підставі отримано функціональну залежність, яка дозволяє розрахувати коефіцієнт ефективності геліопокриття залежно від кутів надходження й густини потоку випромінювання, та була використана в методиці інженерного розрахунку складових елементів СТ із ІЕГІЗБ.

Дослідженнями геліопокриття без прозорого покриття із трубками циркуляції теплоносія, що розташовані під теплопоглиначем у системі тепlopостачання за природньої циркуляції теплоносія, встановлено, що його ефективність за зміни кутів надходження α і β від 90° до 30° зменшується на 67%, а за наявності прозорого покриття – на 32 %. Також визначено, що теплова ефективність геліопокриття без прозорого покриття з розміщеними над теплопоглиначем трубками циркуляції теплоносія за варіювання кутів надходження α і β від 90° до 30° знижується на 50 %.

Крім того, отримано графоаналітичні залежності коефіцієнта теплової ефективності геліопокриття $K_{\text{еф}}$ без прозорого покриття з розташуванням під або над теплопоглиначем циркуляційних трубок у системі тепlopостачання з прямою подачею теплоносія, а також за вимушеної його циркуляції від азимутального кута повороту α , кута нахилу β та густини потоку випромінювання $I_{\text{в}}$, що теж було покладено в основу створення методики інженерного розрахунку ІЕГІЗБ.

Визначено, що ефективність системи тепlopостачання із геліопокриттям без наявності прозорого покриття із природнім рухом теплоносія за дії на нього потоку повітря знижується до 45 %, а за наявності прозорого покриття – до 35%.

Крім того, варто зазначити, що експериментальні дослідження теплових характеристик системи тепlopостачання із геліопокриттям засвідчили, що його теплова ефективність з прозорим покриттям у режимі прямої подачі

теплоносія за варіювання кутів падіння потоку випромінювання α і β від 90° до 30° зменшується на 39 %, а за зміни швидкості потоку повітря від 2 до 6 м/с та його напрямку від 0° до 90° – знижується на 20 %.

У третьому розділі були проведені комплексні експериментальні дослідження теплової ефективності геліостіни (ГС) із теплопоглиначем, що містить трубки циркуляції теплоносія у вигляді гребінки, а в іншому випадку – змійовика. Дослідним шляхом встановлено теплотехнічні характеристики ГС залежно від її конструктивних особливостей за роботи в СТ, зокрема встановлено залежність коефіцієнта корисної дії геліостіни від витрати теплоносія, діаметру трубок теплопоглинача, його товщини та відстані між ними.

Проведені експерименти свідчать, що найбільший середній ККД геліостіни в режимі вимушеної циркуляції теплоносія становить 59 % за об'єму теплоносія в тепловому акумуляторі з розрахунку 75 л на 1 м^2 геліостіни та густини потоку випромінювання $I_{\text{в}} = 600 \text{ Вт/м}^2$, при цьому миттєва теплова потужність геліостіни в режимі циркуляції теплоносія різко зростала від 170 Вт/м^2 до 550 Вт/м^2 , а її середнє значення становило 452 Вт/м^2 . Визначено, що коефіцієнт тепловтрат геліостіни за досліджень у режимі прямої подачі теплоносія становив у середньому $6\text{--}8 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$.

Побудовано номограму залежності миттєвої теплової потужності геліостіни $Q_{\text{ГС}}$ з теплопоглиначем із гребінкою у режимі прямої подачі теплоносія від густини потоку випромінювання $I_{\text{в}}$ та питомої витрати теплоносія $G_{\text{п}} = G/F_{\text{ГС}}$, $\text{кг}/(\text{хв}\cdot\text{м}^2)$. Ця графічна залежність дає змогу визначити миттєву теплову потужність геліостіни $Q_{\text{ГС}}$ в режимі прямої подачі теплоносія від густини теплового потоку $I_{\text{в}}$ та питомої витрати теплоносія $G_{\text{п}}$.

Також у роботі встановлено вплив зовнішніх чинників на миттєву теплову потужність геліостіни $Q_{\text{ГС}}$, Вт/м^2 , з теплопоглиначем із гребінкою у режимі прямої подачі теплоносія.

Варто зазначити, що аналогічні експериментальні дані були отримані й для режимів вимушеної та природної циркуляції теплоносія в системі теплопостачання із геліостіною, що використано у створенні методики її інженерного розрахунку.

У четвертому розділі завершальним етапом лабораторних досліджень було встановлення теплової ефективності геліовікна в системі теплопостачання залежно від його конструктивних особливостей, а також від режимів роботи та впливу зовнішніх факторів. Дослідження теплової ефективності геліовікна із гребінкою та жалюзі білого кольору на тильній частині засвідчили, що миттєва теплова потужність у середньому становила 170 Вт/м^2 . На основі цих досліджень геліовікна із відкритими та закритими жалюзі було виконано порівняння значення ККД для цих варіантів і встановлено, що ефективність геліовікна із закритими жалюзі, на 10–15 % більша, ніж без них.

Геліовікно зроблене так, що воно містить дві повітряні камери, і завдяки цьому відбувається циркуляція теплового потоку, що омиває теплообмінник, віддаючи тепло теплоносію. Відповідно до цього, проведено дослідження теплової ефективності геліовікна з теплообмінником та отримано значення його ККД. Встановлено, що усереднене значення ККД геліовікна з теплообмінником без жалюзі становить 0,54.

У результаті проведеного комплексу експериментальних досліджень, визначено теплові характеристики ІЕГІЗЗБ та систем сонячного теплопостачання на їхній основі в цілому за впливу визначальних факторів. Зокрема, встановлено, що ККД геліопокриття за режиму вимушеної циркуляції теплоносія становить 0,67, за природної циркуляції – 0,57, за прямої подачі – 0,71, ККД геліостіни – 0,59; 0,51; 0,67 відповідно та ККД геліовікна – 0,41; 0,39; 0,47, відповідно. А загальний коефіцієнт тепловтрат для геліопокриття мав значення 8 Вт/(м² К), геліостіни – 10 Вт/(м² К) та геліовікна – 17 Вт/(м² К).

У п'ятому розділі проведено дослідження теплотехнічних характеристик ІЕГІЗЗБ в реальних умовах та, на основі отриманих результатів, виконано ексергетичний аналіз розроблених конструкцій геліопокриття, геліостіни та геліовікна.

Варто зазначити, що схеми установок для досліджень СТ із ІЕГІЗЗБ у реальних умовах відповідали поданим у розділі 3. Під час досліджень кожного із ІЕГІЗЗБ впродовж дня фіксувались температури теплоносія у вхідному і вихідному трубопроводі, у тепловому акумуляторі, а також температуру оточуючого повітря та густину потоку сонячної енергії.

Досліджено, що за південної орієнтації геліопокриття середньоденна тепла потужність системи сонячного теплопостачання на 42 % більша, ніж за північної, а східний та західний напрямки відрізняються від північного не більше, ніж на 10 % .

Варто зазначити, що тепла ефективність СТ із геліостіною за північної та північно-східної орієнтацій зменшується на 40 % відносно півдня, тоді, як за східного напрямку на – 20 %, а за інших орієнтацій зниження ефективності не спостерігалось.

Наступними експериментальними дослідженнями було визначення теплових характеристик геліовікна в СТ, при цьому змінювалась його орієнтація за сторонами горизонту у вертикальній площині. Крім того, встановлено, що середній коефіцієнт корисної дії СТ із геліовікном за південної, південно-східної, південно-західної, північно-західної, західної орієнтації становив 0,4, а за північної, північно-східної та східної орієнтацій – 0,29.

У шостому розділі на основі одержаних даних теплових характеристик у реальних умовах систем теплопостачання із розробленими ІЕГІЗЗБ проведено

їхній ексергетичний аналіз. Таким чином, встановлено, що ексергія, отримана упродовж дня під час проходження сонячного випромінювання крізь прозоре покриття ІЕГІЗЗБ у середньому змінювалась від 25 Вт о 9:30 до 80 Вт о 14:00 і зменшувалась до 20 Вт о 18:00.

Встановлено, що ексергія на вході у ІЕГІЗЗБ впродовж експерименту досягала свого максимуму (250 – 290 Вт) о 15:00, а також визначено коефіцієнт ексергетичної ефективності.

На основі аналізу результатів досліджень, ексергетичний ККД ІЕГІЗЗБ становив в середньому 0,02, що відповідає середньому значенню помірноєфективних геліоколекторів.

Середній ККД ІЕГІЗЗБ за роботи в реальних умовах упродовж дня становив до 5 % менше, ніж в лабораторних, що пов'язано із впливом зовнішніх чинників, які не враховувались в лабораторних умовах.

На основі проведеного дослідження отримано аналітичні залежності ККД ІЕГІЗЗБ, що необхідні для визначення теплових характеристик системи сонячного теплопостачання та використані в методиці їхнього інженерного розрахунку, а також числовому методі розрахунку системи сонячного теплопостачання із ІЕГІЗЗБ.

У сьомому розділі наведено техніко-економічний аналіз ефективності систем теплопостачання на основі розроблених зовнішніх огорожень-перетворювачів сонячної енергії в тепло.

Виконано порівняння техніко-економічних характеристик запропонованих у роботі конструкцій геліопокриття, геліостіни, геліовікна та наявних на ринку геліоколекторів, зокрема терміну їхньої окупності, який становить до 6,5 років для ІЕГІЗЗБ, у той час, як для інших геліоколекторів – 10–15 років.

Крім того, зроблено порівняння поточної вартості майбутніх чистих грошових потоків від реалізації проекту системи теплозабезпечення із ІЕГІЗЗБ з інвестиційними затратами, що необхідні для його впровадження за універсальним критерієм оцінки економічної ефективності проектів – чистою теперішньою вартістю (Net Present Value, *NPV*), що ґрунтується на дисконтуванні грошового потоку.

Проаналізовано зміну чистої теперішньої вартості проекту за врахування інвестицій та амортизаційних відрахувань для систем із ІЕГІЗЗБ.

Крім того, під час техніко-економічних розрахунків було проведено дослідження раціональності витрат та доходу за різної теплової потужності СГВП, $Q_{СГВП}$, кВт (таблиця 1) та затрат на амортизацію A , тис. грн.

Таблиця 1 – Оцінка проекту системи теплопостачання з геліовікном

$Q_{СГВП}$, кВт	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33
Дохід/рік, тис. грн.	99,2	112,4	125,6	138,8	152,1	165,3	178,5	191,7	204,9	218,2
$NPV_{гв}$, тис. грн.	116	131	147	162	178	193	209	224	240	255
A , тис. грн.	32	36	40	44	48	53	57	61	65	69

Дохід від такого проекту із геліовікном збільшується під час зростання навантаження на гаряче водопостачання, а економічна ефективність у цьому випадку все ще залишається позитивною, що спостерігалось і за оцінки проектів із геліостіною та геліопокрыттям.

За результатами аналізу даних Державної служби статистики України встановлено, що в середньому за рік приймається в експлуатацію 10 млн. м² площі багатоквартирних будинків, що відповідає в середньому 1700 типовим будинкам. Площі зовнішніх огорожень цих будинків, орієнтовані на південь, становлять: 1400000 м² стін, 531600 м² вікон, а також 709375 м² покриття. На основі цих даних розраховано технічно можливий потенціал теплової енергії, отриманої від ІЕГІЗЗБ, за умови реалізації їх у новому будівництві в Україні.

Варто зазначити, що в середньому за реалізації ІЕГІЗЗБ у новому будівництві в Україні можна одержувати за рік 700 ГВт·год теплової енергії, зокрема 370 ГВт·год – від геліостін, 230 ГВт·год – від геліопокрыттів та 100 ГВт·год від геліовікон, що дозволить щорічно зменшити на 250 тис. тонн викидів СО₂.

Проведений аналіз підтверджує економічну та екологічну ефективність застосування розроблених в роботі ІЕГІЗЗБ у системах теплозабезпечення енергоефективних будівель та споруд, що є надзвичайно актуальним сьогодні для відбудови України у воєнний та післявоєнний періоди, а також для покращення енергетичної, економічної та екологічної ситуації в країні та світі загалом.

Кількість публікацій за роботою: 4 колективні монографії; 1 посібник; 17 статей в журналах, включених до категорії "А" (у т.ч. 10 у зарубіжних виданнях) та 51 стаття у журналах, включених до категорії "Б", 6 одноосібних тез доповідей. Загальна кількість посилань на публікації автора/h-індекс за роботою згідно з базами даних складає відповідно: Web of Science 17/3, Scopus 137/10, Google Scholar 66/5. Отримано 4 патенти на винахід України та 12 патентів на корисну модель.

Дана робота подається на конкурс вперше, а Степан ШАПОВАЛ не отримувал раніше державних нагород та премій за наукову роботу, що представляється.

Перелік наукових публікацій, висунутих на присудження Премії

№з/п	Назва публікації*	Вихідні дані/ реквізити публікації	Авторський доробок (кількісний показник)
I. Монографії/ підручники/ посібники/ методики/			
Монографії			
1	Нетрадиційні джерела енергії: теорія і практика	Львів: НВФ “Українські технології”, 2013. – 358 с.	2,1
2	Сонячна енергетика: теорія та практика	Видавництво Львівської політехніки, 2014. 340 с.	5
3	Енергоефективні вентиляційні системи	Львів: ГАЛИЧ-ПРЕС, 2020. – 200 с.	2,5
4	Полімерні геліоколектори в системах гарячого водопостачання	Львів: Растр-7-2023. – 166 с.	2
Посібник			
1	Теплогазопостачання та вентиляція	Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 276 с.	1,5
II. Статті в журналах, включених до категорії "А" Переліку наукових фахових видань України та у закордонних виданнях, проіндексованих у базах Web of Science Core Collection та/або Scopus			
1	Comparison of the results of researching the gelioroof in field and laboratory conditions	Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2015, 2(5), pp. 41–46	-
2	Analysis of the processes of heat exchange on infrared heater surface	Diagnostyka, 2016, №17. – pp. 81–85.	V. Zhelykh, M. Ulewicz, N. Spodyniuk та інші всього 5 осіб
3	Ecological and energy aspects of using the combined solar collectors for low-energy houses	Chemistry and Chemical Technology, 2017, 11(4), pp. 503–508	Shapoval, P., Zhelykh, V., ...Savchenko, O., Myroniuk, K.
4	Study of the thermal mode of a barn for piglets and a sow, created by combined heating system	Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017, 5(8-89), pp. 45–50	Zhelykh, V., Dzeryn, O., Furdas, Y., Piznak, B.
5	Evaluation of energy efficiency of solar roofing using mathematical and experimental research	Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017, 3 (8-87), pp. 26–32	Mysak, Y., Pona, O., Kuznetsova, M., Kovalenko, T.
6	The effectiveness to use the distribution manifold in the construction of the solar wall for the conditions of circulation	Pollack Periodica, 2019, 14(2), pp. 143–154	Zhelykh, V., Spodyniuk, N., Dzeryn, O., Gulai, B.

1	2	3	4
7	Theoretical and experimental analysis of solar enclosure as part of energy-efficient house	Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2019, 2(8-98), pp. 38–45	Zhelykh, V., Venhryn, I., Kozak, K., Krygul, R.
8	Results of experimental researches into process of oak veneer drying in the solar dryer	Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2019, 2(8-98), pp. 13–22	Babych, M., Krygul, R., ...Korobka, S., Tolstushko, M.
9	Simulation of Thermal Processes in the Solar Collector Which Is Combined with External Fence of an Energy Efficient House	Lecture Notes in Civil Engineering, 2020, 47, pp. 510–517	Zhelykh, V., Venhryn, I., Kozak K.
10	Solar collectors integrated into transparent facades	Production Engineering Archives, 2020, 26(3), pp. 84–87	Zhelykh, V., Venhryn, I., Kozak, K.
11	Modelling of optical characteristics of the Thermal Photovoltaic Hybrid Solar Collector	International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2021, 1, pp. 255–258	Venhryn, I., Voznyak, O., Datsko, O., Gulai, B.
12	Clarification of Thermal Characteristics of the Solar Collector Integrated into Transparent Facade	Lecture Notes in Civil Engineering, 2021, 100 LNCE, pp. 402–408	Venhryn, I., Kozak, K., Klymenko, H.
13	Influence of Orientation of Buildings Facades on the Level of Solar Energy Supply to Them	Lecture Notes in Civil Engineering, 2021, 100 LNCE, pp. 499–504	Zhelykh, V., Shapoval, P., Kasynets, M.
14	Application of rooftop solar panels with coolant natural circulation	Pollack Periodica, 2021, 16(1), pp. 132–137	Spodyniuk, N., Zhelykh, V., Shepitchak, V., Shapoval, P.
15	Research of efficiency of solar coating in the heat supply system	Pollack Periodica, 2022, 17(1), pp. 128–132	Spodyniuk, N., Datsko, O., Shapoval, P.
16	Experimental Studies of Energy Efficiency of a Thermal Photovoltaic Hybrid Solar Collector Under the Influence of Wind Flow	Lecture Notes in Civil Engineering, 2023, 290 LNCE, pp. 424–431	Venhryn, I., Zhelykh, V., Gulai, B.
17	Characteristics of a Solar Collector Combined with a Building Glass Facade Under Different Operating Modes of the Heat Carrier in the Solar Heat Supply System	Lecture Notes in Civil Engineering, 2023, 290 LNCE, pp. 378–387	Venhryn, I., Shapoval, P., Paraniak, N.

III. Статті у наукових виданнях, включених до категорії "Б" Переліку наукових фахових видань України

1	2	3	4
1	Ефективність геліоустановки за різних кутів падіння теплового потоку на сонячний колектор	Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України : зб. наук.-техн. праць. Львів : РВВ НЛТУ України, 2009. – Вип. 19.6. – С.117-120.	-
2	Ефективність системи тепlopостачання на основі сонячного колектора при зміні кута надходження теплового потоку.	Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2009. – № 655 : Теорія і практика будівництва. – С. 299–302	Возняк О.Т., Дацько О.С.
3	Ефективність плоского сонячного колектора при різних інтенсивностях та кутах падіння теплового потоку.	Науково-технічний журнал Нова тема / гол. ред. М. В. Степанов. – № 3, 2010. – С. 32–34.	Возняк О.Т.
4	Підвищення ефективності "дельта-системи" плоских сонячних колекторів	Вісник Національного університету "Львівська політехніка" ["Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація"]. – Л. : В-во НУ «ЛП», 2010. – № 677. – С.50-53.	-
5	Математичне моделювання надходження сонячної енергії на потрійно-орієнтовану систему сонячних колекторів	Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України : зб. наук.-техн. праць / гол. ред. Д. Л. Дудюк. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2010. – Вип.20.10. – С. 313-316.	Возняк О. Т.
6	Ефективність роботи цілорічних геліосистем при дискретній орієнтації сонячних колекторів	Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання : наук. - техн. збірник / гол. ред. Е. С. Малкін. – К. : КНУБА, 2008. – Вип. 12. – С.98-105.	Возняк О. Т., Дацько О. С.
7	Математичне моделювання надходження сонячної радіації на поверхню сонячного колектора змінної орієнтації	Вісник Національного університету "Львівська політехніка" ["Електроенергетичні та електромеханічні системи"]. – Л. : В-во НУ «ЛП», 2010. – № 666. – С. 25-29.	Дацько О. С., Возняк О. Т., Романів А.
8	Rise of use effectiveness of solar energy in annual solar systems	Budownictwo i inżynieria środowiska. – Rzeszow, 2009. – S. 91-98.	Vožnyak, O. Dacko O.

1	2	3	4
9	Zvýšenie efektívnosti využívania plošných slnečných kolektorov	Plynár-vodár-kúrenár. – Košice, 2010. – № 1. – S.8-9.	O. Vožnyak, V. Zelich,
10	Ефективність використання теплових сонячних панелей в Україні	Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. 2011. № 712. – С. 166–169.	Возняк О. Т., Касинець М. Є.
11	Розрахунок сонячної енергії, що надходить на геліопанель	Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. 2012. № 742. – С. 225–228.	Касинець М. Є., Дейнека О. В.
12	Ефективність низькотемпературних систем сонячного теплопостачання	Енергозбереження в будівництві та архітектурі. 2012. Вип. 3. – С. 145–154.	Касинець М. Є.
13	Вплив кутів падіння випромінювання на ефективність пластинчастого сонячного колектора	Науковий вісник НЛТУ України. 2012. Вип. 22.14. С. 161–165.	Марищук А. Й.
14	Zvýšenie efektívnosti systémov zásobovania teplom s využitím slnečnej energie s plochými slnečnými kolektormi a solárnymi panelmi	Plynár. Vodár. Kúrenár + Klimatizácia. 2012. № 3. S. 32–34. ISSN:1335-9614 Slovakia.	Voznyak O., Kasynets M., та інші всього 4 особи
15	Метод розрахунку параметрів системи сонячного теплопостачання із геліопанелями	Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. 2013. № 755. - С. 41-43.	Возняк О. Т., Омельчук О. В., та інші всього 4 особи
16	Дослідження ефективності комбінованого сонячного колектора	Науковий вісник НЛТУ України. 2013. Вип.23.13. С. 171–174.	Возняк О. Т., Пона О. М.
17	Вплив вітру на роботу сонячного колектора з гофрованим теплопоглиначем	Вісник національного технічного університету «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. 2014. № 18 (1061). С. 32–38.	Возняк О. Т., Пона О. М.,
18	Аналітичні та експериментальні дослідження ефективності відкритого теплопоглинача	Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. Серія: Енергетика, екологія, компютерні технології в будівництві. 2014. Вип 76. С. 298–302.	-

1	2	3	4
19	Ефективність геліопокрівлі в механічній системі теплопостачання за впливу на неї повітряного потоку	Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.10. С. 145–149.	-
20	Аспекти використання традиційних та нетрадиційних джерел енергії на території України	Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2014. № 2. С. 155–160.	Венгрин І. І.
21	Combined solar collector	Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. 2014. № 781. С. 212–215.	Voznyak O., Pona O., та інші всього 4 особи
22	Vplyv prúdenia vzduchu na energetickú účinnosť solárneho kolektora	Plynár. Vodár. Kúrenár + Klimatizácia. 2014. № 3. S. 14–15. ISSN:1335-9614 Slovakia.	Voznyak O., Pona O., та інші всього 4 особи
23	Efficiency of solar roof with transparent cover for heating supply of buildings	Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym. 2014. № 2 (14). S. 117–124	Voznyak O., Pona O. та інші всього 4 особи
24	Effectiveness of low-temperature solar collector exposed to wind him	Teoretická a experimentálna analýza sústav techniky prostredia v súvislosti s ich mikrobiologickým znečistením pri efektívnom využití obnoviteľných zdrojov : nekonferenčný zb. vedeckých prac – VEGA 1/0748/11 / Techn. univ. v Košiciach, Stavebná fak. Košice, 2014. S. 331–338. ISBN: 978-80-553-1873-8.	
25	Перспективи використання сонячної енергії на території України	Молодий вчений. 2014. № 7 (10). С. 21–24.	Венгрин І. І.
26	Енергетичний потенціал сонячної радіації на території України.	Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва. 2015. – Вип. 823. – С.117–121	Венгрин І.І.
27	Математичне моделювання впливу напрямку та швидкості повітряного потоку на конвективні тепловтрати геліопокрівлі	Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки. 2015. Вип. 1 (69). С. 288–294.	-
28	Енергоефективна будівля з комбінованою геліосистемою за умов північної орієнтації	Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2015. Вип. 3. С. 207–213.	-

1	2	3	4
29	Вплив конструкції теплопоглинача на ефективність геліоколектора	Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. 2015. № 823. С. 327–331.	-
30	Ефективність комбінованої системи сонячного теплопостачання за умов західної орієнтації	Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2015. № 2 (19). С. 147–152.	Савченко О. О., Венгрин І. І.
31	Енергетична ефективність комбінованого із зовнішнім захищенням будівлі геліоколектора	Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2015. № 6 (137). С. 34–42.	Мисак Й. С.
32	Математичне моделювання роботи геліопокрівлі	Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2015. Вип. 18. С. 54–60.	-
33	Method of determining the efficiency of heliocollector in system with forced circulation of coolant	Енергоефективність в будівництві та архітектурі 2015. Вип. 7. С. 10–15.	О. Voznyak, О. Pona, А. Eltman, та інші всього 5 осіб
34	Вплив інтенсивності випромінювання на ефективність геліопокрівлі із відкритим теплопоглиначем	Енергоефективність в будівництві та архітектурі. 2015. Вип. 7. С. 329–333.	-
35	Efficiency of solar collector combined with outer wall	International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT). 2015. Vol. 4, iss. 4. P. 60–67. ISSN: 2319-5967	-
36	The energy efficiency of the solar heating system with combined solar collector	Energy Engineering and Control Systems. 2015. Vol. 1, № 1. P. 13–18.	-
37	Теплова ефективність комбінованої геліосистеми в режимі потоку за південно-східного та південно-західного напрямку орієнтації	Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. 2016. № 844. С. 228–231.	-
38	Перспективи використання комбінованих геліосистем для енергоефективних будівель	Енергоефективність в будівництві та архітектурі. 2016. Вип. 8. С. 416–421.	-
39	Підвищення енергоефективності зовнішніх огорожень будівлі за умов встановлення комбінованого сонячного колектора при його орієнтації на схід	Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2016. № 2 (21). С. 105-110.	Желих В. М., Венгрин І. І.

1	2	3	4
40	The efficiency of combined solar collectors for energy efficient buildings	Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym. 2016. № 2 (18). S. 81–86. ISSN:2544-963X, 2299-8535 Poland	-
41	Використання сонячної теплової енергії за рахунок комбінованого геліовікна	<u>Енергоефективність в будівництві та архітектурі.</u> 2017. Вип. № 9. С. 250–253.	-
42	Economic efficiency of application of solar window	Selected Scientific Papers – Journal of Civil Engineering. 2017. Vol. 12, iss. 2. P. 31–38. ISSN 1336-9024	-
43	Застосування геліостіни для теплопостачання енергоефективних будівель	Енергоефективність в будівництві та архітектурі. 2018. Вип. № 10. С. 7–14.	Желих В. М., Гумен О. М., та інші всього 4 особи
44	Системи сонячного теплопостачання інтегровані в світлопрозорі фасади будівель	Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2018. Вип. 26. С. 62–68.	В. М. Желих, І. І. Венгрин, та інші всього 5 осіб
45	Технології теплозабезпечення енергоефективних будинків із використанням геліоогорожень	Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2018. Вип. 27. С. 34–41.	Желих В. М., Улевич М., та інші всього 3 особи
46	Influence of orientation on efficiency of combined solar heating system in gravity mode	Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym. 2018. Vol. 7, № 2. P 15–22. ISSN: 2544-963X, 2299-8535 Poland	<u>Zhelykh V., Venhryn I.</u> та інші всього 4 особи
47	<u>System of heat supply 'ad hoc' with solar wall</u>	<u>Czasopismo Inżynierii Ładowej, Środowiska i Architektury.</u> 2018. T. 35, z. 65, № 4/18. S. 49–56	V. <u>Zhelykh,</u> P. Kapalo, та інші всього 5 осіб
48	<u>Analytical studies of coolant temperature in solar panel</u>	Energy Engineering and Control Systems. 2018. Vol. 4, № 1. P. 37–44.	Kasynets M., Kozak K., Hulai B.
49	Building heat supply system based on hybrid solar collectors	Theory and Building Practice. – 2023. – Vol. 5, № 2. – P. 55–60.	Kasynets M., Gulai B., Prishlyak Y.
50	Analysis of greenhouse gas and pollutant emission reduction in Ukraine and European Union countries.	Energy Engineering and Control Systems, 2023, Vol. 9, No. 1, pp. 1 – 8.	S. Mysak, M. Martynyak-Andrushko.
51	Simulation of hybrid solar collector operation in heat supply system.	Energy Engineering and Control Systems, 2023, Vol. 9, No. 2, pp. 61 – 68.	S. Mysak, H. Matiko.

V. Тези доповідей (одноосібні)

1	The heat supply of energy efficient buildings through alternative energy sources	Cassotherm 2015 : non-conf. proc. of sci. papers – KEGA 052TUKE-4/2013 / Techn. Univ. of Košice, Civil Engineering Fac. Košice, 2015. P. 21–25.
2	Using the construction of the wall as a solar collector	Current issues of civil and environmental engineering and architecture : XV Intern. sci. conf., Rzeszow - Lviv - Kosice, 9-10 Sept. 2015, Rzeszow, Poland : book of abstr. / Rzeszow Univ. of Technology, Fac. of Civil and Environmental Eng. and Architecture. - Rzeszow, 2015.
3	Аналіз результатів роботи геліопокрівлі без захисного покриття у гравітаційній геліосистемі	Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні : восьма міжнар. наук.-практ. конф. (2-3 квіт. 2015 р.) Львів : зб. наук. пр. — Львів, 2015
4	Ефективність комбінованої системи сонячного теплопостачання за південної орієнтації відносно горизонту	4-й міжнародний конгрес. Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. – 2016. С. 97.
5	Перспективи використання геліостіни для потреб гарячого водопостачання	Збірник наукових праць 15-ої міжнародної науково-практичної конференції «Ресурси природних вод Карпатського регіону». – 2016. С. 234–236.
6	Solar thermal efficiency of the combined solar system in the south-east and south-west orientation by strait mode	ЕкоКомфорт : тези доп. міжнар. наук.-техн. конф., Львів / Нац. ун-т "Львів. політехніка", Ін-т буд-ва та інженерії доквілля, Каф. теплогазопостачання та вентиляції. — Львів, 2016.

VI. Патенти України або інших країн на винахід, щодо яких претенденти є авторами/співавторами або власниками/співвласниками (з чинним за строком дії, відповідно до законодавства України)

1	Система теплопостачання із геліопокрівлею	пат. 111910 Україна. № 201502125; заявл. 10.03.2015; опубл. 24.06.2016, Бюл. № 14	Пона О.М.
2	Геліостіна	пат. 113688 Україна. № а201509294; заявл. 28.09.2015; опубл. 27.02.2017, Бюл. № 4	-
3	Геліовікно	пат. 122123 Україна. № а201612042; заявл. 11.06.2018, бюл. № 11, опубл. 25.09.2020, бюл. № 18	-
4	Комбінована геліостіна	пат. 122054 Україна. № а201610803; заявл. 10.05.2018, бюл. № 9; опубл. 10.09.2020, бюл. № 17	-

ВІІ. Патенти на корисну модель України, промисловий зразок (для соціо-гуманітарних наук свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір) чи інших отриманих охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності, щодо яких претенденти є авторами/співавторами або власниками/співвласниками (з чинним за строком дії)

1	Геліоводонагрівник	Патент України № 38231 UA МПК F24J 2/34 (2008.01). Промислова власність. – 2008. – № 24; заявл. 08.08.2008; опубл. 25.12.2008, Бюл. № 24.	О. Т. Возняк, О. С. Дацько,
2	Геліонагрівник	Патент України № 41789 UA МПК(2009) F24J 2/00. Промислова власність. – 2009. – №11; заявл. 22.12.2008; опубл. 10.06.2009, Бюл. № 11.	О. Т. Возняк, О. С. Дацько
3	Комбінована система сонячного теплопостачання	Патент України № 53370 UA МПК F24J 2/34 (2006.01). Промислова власність. – 2010. – №19; заявл. 01.03.2010; опубл. 1.10.2010, Бюл. № 19	-
4	Система сонячного теплопостачання будівлі	пат. 63084 Україна. № 201102738 ; заявл. 09.03.2011 ; опубл. 26.09.2011, Бюл. № 18	Касинець М.Є., Возняк О.Т.
5	Сонячна панель	пат. 68060 Україна. № 201111010 ; заявл. 14.09.2011 ; опубл. 12.03.2012, Бюл. № 5	Возняк О.Т., Касинець М.Є.,
6	Сонячний колектор	пат. 84945 Україна. № 201304080 ; заявл. 02.04.2013 ; опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21	Возняк О.Т., Пона О.М.
7	Гравітаційна геліосистема	пат. 92010 Україна. № 201401795 ; заявл. 24.02.2014 ; опубл. 25.07.2014, Бюл. № 14	Желих В.М., Гулай Б.І., Пона О.М., та інші всього 5 осіб
8	Енергоефективний будинок	пат. 92009 Україна. № 201401792 ; заявл. 24.02.2014 ; опубл. 25.07.2014, Бюл. № 14	Пона О.М. Возняк О.Т.,
9	Геліосистема	пат. 98778 Україна. № 201411525 ; заявл. 23.10.2014 ; опубл. 12.05.2015, Бюл. № 9	Желих В.М., Венгрин І.І.
10	Геліоколектор	пат. 98370 Україна. № 201412162 ; заявл. 10.11.2014 ; опубл. 27.04.2015, Бюл. № 8	-

11	Гібридний сонячний колектор.	пат. 143415 Україна. № <u>u202001461</u> ; заявл. <u>02.03.2020</u> ; опубл. 14. 27.07.2020, Бюл. № 14/2020	Венгрин І.І., Возняк О.Т., Касинець М.Є., Фурдас Ю.В.
12	Сонячний колектор, комбінований із світлопрозорою конструкцією зовнішнього огороження.	пат. 143997 Україна. 2020.№ <u>u202001460</u> ; заявл. <u>02.03.2020</u> ; Опубл. 25.08.2020, Бюл. № 16/2020	Желих В.М., Юркевич Ю.С., Венгрин І.І., Козак Х.Р.
Кількість вітчизняних наукових проєктів та грантів, за якими працював претендент			як науковий керівник
			1
Кількість закордонних наукових проєктів та грантів, за якими працював претендент			як науковий керівник
			1

Претендент: професор кафедри
теплогазопостачання і вентиляції
Національного університету
«Львівська політехніка», д.т.н., проф.



Степан ШАПОВАЛ

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка», к.т.н., доц.




Роман БРИЛИНСЬКИЙ