

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**ЦИМБАЛІСТИЙ АНДРІЙ ІГОРОВИЧ**

УДК 624.03

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ  
КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ РОЗРОБКИ  
ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ**

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття 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**

кандидат технічних наук  
**Белякова Ірина Володимирівна**,  
доцент кафедри електричної інженерії  
Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя

**Рецензент**

кандидат фізико-математичних наук, доцент  
**Шелестовський Борис Григорович**,  
завідувач кафедри вищої математики  
Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя

**Захист відбудеться** 29 грудня 2019 р. о 10:00 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 41 з атестації здобувачів ступеня вищої освіти магістр спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитись 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.** Підвищення стандартів життя в ХХ сторіччі було невід'ємно пов'язано зі зростанням питомих витрат енергії та енергоносіїв на кожного мешканця. Велика частка цих витрат пов'язана із забезпеченням фізичних умов комфорту в штучному середовищі. Дотримання комфортних умов є важливим для збереження та відновлення працездатності, охорони людського здоров'я та життя. Оптимальні для людського здоров'я та працездатності параметри середовища забезпечуються не лише шляхом застосування інженерних систем опалення та кондиціонування, але й раціональними архітектурними та конструктивними рішеннями будівель. Такі рішення часто знаходяться завдяки вивченню досвіду традиційної народної архітектури. Проте розвиток сучасної архітектури, розширення типології житлових та громадських будівель ставлять перед архітекторами задачі, які неможливо вирішити виходячи з традиційного досвіду.

Обмеженість природних ресурсів примушує людство вдаватися до політики економії ресурсів, зокрема енергозбереження в архітектурі. Розрахунок та регулювання впливу інсоляції на мікроклімат та енергетичний баланс приміщень є однією з пріоритетних задач енергоефективної архітектури. Спеціалісти багатьох країн працюють над архітектурними та інженерними засобами покращення інсоляційного режиму приміщень. При цьому архітектурні засоби, такі як оптимізація форми будівлі, світлопрозорих конструкцій та сонцезахисних пристроїв, пов'язані з розрахунком їх характеристик з застосуванням апарату прикладної геометрії та будівельної фізики.

До переліку питань, що розглядаються будівельною фізикою, належать природне освітлення, теплова ізоляція, розрахунок теплових надходжень, а апарат прикладної геометрії дозволяє розраховувати тривалість інсоляції, площу потоку сонячних променів та інші параметри, які є важливими для розрахунку попередніх величин.

Зазвичай в розрахунках використовується модель добового конуса сонячних променів, що запропонована проф. О.Л. Підгорним. Існуючі методи дозволяють виконувати як графічний так і аналітичний розрахунок властивостей світлопрозорих конструкцій в традиційній архітектурі, проте проєктувальникам бракує засобів для оцінки рішень, що характерні для сучасної архітектури, в тому числі світлопрозорих конструкцій та сонцезахисних пристроїв загального положення.

Необхідність застосування нових методів у енергозбереженні базується на ряді законодавчих документів, постанов та програм: Закону України «Про енергозбереження», Комплексній Державній програмі енергозбереження України, Галузевої державної програмі енергозбереження та енергоефективності у житлово-комунальному господарстві та ін.

**Мета роботи** – розробка методів проєктування раціонального інсоляційного режиму приміщень на основі моделювання й аналізу фізико-технічних процесів, що відбуваються в інсольованих приміщеннях та світлопрозорих конструкціях.

Для досягнення мети в роботі поставлені наступні **основні задачі**:

1. Проаналізувати існуючі методи розрахунку та нормування інсоляції приміщень з точки зору врахування вимог енергозбереження.

2. Удосконалити методи розрахунку інсоляції приміщень при світлопрорізах довільної форми та положення.

3. Розробити методи розрахунку геометричних параметрів енергоефективних сонцезахисних пристроїв.

**Методи дослідження.** У роботі використані методи прикладної та аналітичної геометрії, площинної та просторової тригонометрії, комп'ютерного моделювання, архітектурно-будівельної кліматології.

**Об'єкт дослідження** – процес інсоляції приміщень.

**Предмет дослідження** – геометричні методи оцінки та розрахунку інсоляції приміщень.

**Наукова новизна** полягає в наступному:

1. Запропоновано комплексну сонячну карту, призначену для аналізу й покращення інсоляційного режиму приміщень та проектування енергоефективних сонцезахисних пристроїв.

2. Запропоновано методику розрахунку ефективності нетрадиційних сонцезахисних пристроїв.

3. Удосконалено методику розрахунку дії інсоляції в приміщеннях з урахуванням архітектурно-просторового рішення та фізичних властивостей скління.

**Практичне значення роботи** полягає в:

1. Удосконаленні нормативної методики розрахунку інсоляції приміщень на основі застосування комплексних сонячних карт.

2. Розробці графічних та аналітичних методів оцінювання ефективності різних, в тому числі нетрадиційних типів сонцезахисних пристроїв.

3. Розробці методики оцінювання дії інсоляції в приміщеннях з урахуванням геометричних особливостей світлопрозорих конструкцій та фізичних властивостей скління.

**Особистий внесок автора** – виконано дослідження, які пов'язані з формулюванням вимог до енергоефективності інсоляції, проектування сонцезахисних пристроїв та розробкою методів їх розрахунку.

**Публікації.** 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 роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається зі вступу, 7 розділів, висновків та списку використаних джерел. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 106 аркушів формату А4, графічна частина – 20 слайдів презентації.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, подано мету та основні задачі досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію та впровадження результатів роботи.

У першому розділі проведено літературний огляд за напрямком магістерської роботи, зокрема, подано: аналіз розвитку проектування енергоефективних будівель, дослідження і аналіз сучасних засобів проектування будівель, дослідження методів інформаційного обміну даних з BIM, дослідження та аналіз засобів проектування енергоефективних будівель, аналіз методів проектування та класифікацій енергоефективних будівель.

В основній частині приведено узагальнену модель енергоефективної будівлі, модель балансу фізичних компонент єдиної енергетичної системи будівлі, архітектурно-конструктивну модель енергоефективної будівлі, модель врахування впливу зовнішніх факторів на енергоефективність будівлі, модель теплового балансу будівлі, методи проектування енергоефективних будівель, методи врахування впливу зовнішніх факторів на енергетичний баланс будівлі, метод вибору форми та орієнтації будівлі, метод визначення показника енергоефективності будівлі, принципи функціонування інформаційної технології проектування енергоефективних будівель.

В спеціальній частині розглянуто загальну та компонентну архітектуру інтегрованої ІТП ЕБ та алгоритм роботи програмного забезпечення ІТП ЕБ.

В частині «Обґрунтування економічної ефективності» виконано аналіз техніко-економічних чинників утеплення зовнішніх огорожень.

В частині «Охорона праці» висвітлено проблемні питання охорони праці в Україні та вимоги техніки безпеки при виконанні робіт із улаштування теплоізоляції фасадів будівель.

В частині «Безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто класифікацію надзвичайних ситуацій та забезпечення безпеки життєдіяльності в умовах надзвичайного стану.

В частині «Екологія» описано основні положення національної системи екологічної сертифікації об'єктів будівництва та екологічні будівельні й теплоізоляційні матеріали.

У загальних висновках описано прийняті в роботі технічні рішення та організаційно-технічні заходи, які забезпечують виконання завдання на проектування; оригінальні технічні рішення, прийняті автором в процесі роботи; технічні рішення, що можуть бути впроваджені у виробництво; техніко-економічні показники та їх порівняння з базовими.

В графічній частині приведено креслення, ілюстрації, графіки, діаграми та таблиці, що доповнюють пояснювальну записку дипломної роботи магістра.

## ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз тенденцій сучасного енергоефективного будівництва, який показав важливість засобів сонцезахисту для регулювання мікроклімату та енергетичного балансу будівель. Зроблено класифікацію засобів сонцезахисту. Відзначено важливість геометричних методів розрахунку для їх проектування.

2. Запропоновано методикку побудови комплексних сонячних карт як відкритої системи взаємопов'язаних координатних систем різних фізичних і геометричних параметрів, яка перетворює сонячні карти у ефективний засіб для раціоналізації

інсоляційного режиму приміщень і проектування енергоефективних сонцезахисних пристроїв.

3. Запропоновано спосіб побудови тінювих масок світлопрозорих конструкцій та СЗП довільного положення на основі методу заміни площини проекції з використанням різних методів проєціювання, що дає можливість раціоналізації інсоляційного режиму приміщень і проектування енергоефективних сонцезахисних пристроїв наочними графічними засобами.

4. Запропоновано методику розрахунку ефективності сонцезахисних пристроїв із використанням геометричної моделі нескінченних СЗП, в тому числі мало поширених типів: дискретних ламелярних щитів, двошарових дискретних щитів «зебра» та призматичних СЗП. Це дає можливість виконувати розрахунок впливу інсоляції на енергетичний режим приміщень із означеними типами світлопрозорих конструкцій і СЗП.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

Цимбалістий А.І. Аналіз розвитку проектування енергоефективних будівель [Текст] // Тези доповіді 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). – Тернопіль, ТНТУ, том 3, 2019. – С. 66.

## АНОТАЦІЯ

У магістерській роботі виконано дослідження, які пов'язані з формулюванням вимог до енергоефективності інсоляції, проектуванням сонцезахисних пристроїв а також розроблено методику оцінювання дії інсоляції в приміщеннях з урахуванням геометричних особливостей світлопрозорих конструкцій та фізичних властивостей скління.

**Ключові слова:** ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, БУДІВНИЦТВО, ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ

## ANNOTATION

In the master's thesis the researches are connected, which are connected with formulation of requirements for energy efficiency of insolation, design of sun-protection devices, and also the method of estimation of effect of insolation in rooms is taken into account taking into account geometrical features of translucent structures and physical properties of glazing.

**Key words:** ENERGY SAVING, ENERGY EFFICIENCY, CONSTRUCTION, FENCING, INFORMATION TECHNOLOGY DESIGN