

5. Верхотуров О. М. Використання апарату множинної регресії в задачах аналізу, обліку і планування електроживлення організацій, розосереджених в групі будівель / О. М.Верхотуров, В. І. Дешко, О. М. Шевченко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Вип. 87: праці міжнар. наук.-практ. конф. (8-9.10.2009 р). – Харків: ХНТУСГ, 2009. – С. 162.
6. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ, изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: «Финансы и статистика», 1987. – 352 с.
7. Горкавий В. К., Ярова В. В. Математична статистика: Навчальний посібник. – К.: ВД «Професіонал», 2004. – 384 с.
8. Халафян А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник. – М.: ООО «Бином-пресс», 2007. – 512 с., ил.

Шовкалюк М.М., Войналович Н.А.

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГРЕССИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ УЧЕБНЫХ КОРПУСОВ

Аннотация

Снижение энергетической зависимости Украины является стратегической задачей. Мониторинг и анализ энергопотребления является одним из важных шагов к повышению энергоэффективности учебных заведений. В данной статье объектами исследования являются учебные корпуса НТУУ «КПИ». Главной задачей статьи является построение регрессионных моделей и рекомендации по дальнейшему их применения для объектов образовательной сферы.
Ключевые слова: регрессионный анализ, теплотребление, учебные корпуса, кластерный анализ.

Shovkaliuk M.M., Voinalovych N.O.

National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute»

THE APPLICATION OF REGRESSION DEPENDENCE TO PREDICT HEAT CONSUMPTION OF THE EDUCATIONAL BUILDINGS

Summary

Reducing the energy dependence of Ukraine is a strategic task. Monitoring and analysis of energy consumption is an important step to improve energy efficiency of educational buildings. This paper's object is academic buildings of NTUU «KPI». The main objective of the paper is to construct the regression models and provide guidelines for the use of their application for educational facilities.

Keywords: regression analysis, heat consumption, educational buildings, cluster analysis

УДК 621.3: 658.26

РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ ЧЕРЕЗ ПІДЛОГУ У ВІДПОВІДНОСТІ З НОРМАМИ ЄС

Шовкалюк М.М., Войналович О.О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Дане дослідження було зосереджено на аналізі теплових втрат через підлогу за новими методиками розрахунку згідно з впровадженими в Україні нормами з енергоефективності будівель з урахуванням європейських вимог [1, 2]. Завданням статті був аналіз методичних підходів до розрахунку тепловтрат за методикою ЄС для різних типів підлоги. Розроблено математичні моделі та виконано аналіз впливу різних факторів на питомі тепловтрати.

Ключові слова: теплові втрати, підлога, ґрунт, будівлі.

Постановка проблеми. Питання підвищення енергоефективності об'єктів ЖКГ є надзвичайно актуальним для України. В грудні 2010 року Верховна Рада України ратифікувала Договір Європейського Енергетичного співтовариства (ЄСТ), згідно якого Україна взяла на себе зобов'язання щодо виконання Директив з питань енергетики і енергозбереження. За останні роки в нормативній базі України було впроваджено серію стандартів ЄС щодо енергоефективності будівель [3, 4] з урахуванням вимог ЄС [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У ЄС серед існуючих стандартів розрахунку енергое-

фективності будівель стандарт EN ISO 13790 [2] займає центральне місце і пов'язує більшість стандартів в логічну послідовність етапів розрахунку. Україна не стала розробляти самостійну методику, а прийняла національний стандарт ДСТУ Б EN ISO 13790 [3], що має ступінь відповідності ідентичний (IDT) до міжнародного стандарту [2]. Крім того, було розроблено національну методику розрахунку [6] на базі стандарту [3]. Методики [3, 6] дещо відрізняються від класичного теплотехнічного розрахунку та підходів, які використовувалися фахівцями України [7] при визначенні потреби

будівель в енергії і теплових потоків через окремі огороження. Вивчення особливостей нових підходів до розрахунку теплоспоживання будівель є необхідним і актуальним завданням.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Потенціал енергозбереження за умови впровадження енергозберігаючих заходів згідно сучасних вимог [5] в будівлях є суттєвим. Тому актуальним питанням є аналіз особливостей розрахунків тепловтрат через окремі огорожувальні конструкції згідно з новими методиками.

Мета статті. Головним завданням статті є розробка математичних моделей для аналізу теплових втрат через підлогу різних типів за впровадженими нормативними документами згідно вимог ЄС та оцінка впливу факторів на тепловий потік через огороження, що сполучаються з ґрунтом.

Опис дослідження. Головною відмінністю зазначених вище методик є те, що європейська методика є більш деталізованою, оскільки в ній враховується велика кількість факторів, що впливають на тепловтрати через огорожувальні конструкції. Цей підхід передбачає класифікацію підлог на три типи: підлога на ґрунті, підлога цокольного поверху, підлога над технічним підпіллям.

На рисунку 1 приведено 3 типи підлог, які розглядаються у методиках.

Розглянемо вихідні дані для розрахунку за європейською методикою:

- підлога на ґрунті: A – площа підлоги, m^2 ; P – зовнішній периметр підлоги, m ; w – загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, m ; R_f – термічний опір підлоги, включаючи всі шари, $m^2K/Вт$; ψ_g – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкції підлоги по ґрунту із зовнішньою стіною, $Вт/(m \cdot K)$;

- підлога цокольного поверху: A , P , w , R_f – ті ж самі параметри, що і для підлоги на ґрунті; z – висота стін, що контактують з ґрунтом, m ; R_w – термічний опір стін, що контактують з ґрунтом, включаючи всі шари, $m^2 \cdot K/Вт$; ψ_g – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкції, що контактують з ґрунтом, $Вт/(m \cdot K)$;

- підлога над технічним підпіллям: A , P , w , R_f – ті ж самі параметри, що і для підлоги на ґрунті; h – висота від відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям, m ; U_w – коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін технічного підпілля вище рівня поверхні ґрунту, $Вт/(m^2 \cdot K)$; ε – площа вентиляційних отворів по периметру під-

пільного простору, m^2/m ; v – середня швидкість вітру, $m/с$, визначають згідно з [3], як середня швидкість вітру за переважним напрямом в січні.

Крім того, для усіх випадків необхідно враховувати умови місцевості для будівлі, зокрема середньомісячні зовнішні температури, тип ґрунту та ін.

Методика [2] має свої відмінності для кожного з трьох типів підлог. Наприклад, для підлоги цокольного поверху стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту враховує не лише коефіцієнт теплопередачі підлоги підвалу, але й коефіцієнт теплопередачі стін. Для визначення цих коефіцієнтів вагомим параметром є висота стін, що контактують з ґрунтом. Також змінюється і лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкцій: цей параметр має різні значення, зважаючи на архітектурні особливості будівлі.

Для підлоги, що знаходиться над технічним підпіллям, відмінність розрахунку полягає в коефіцієнті теплопередачі. Він враховує три параметра: коефіцієнт теплопередачі перекриття над технічним підпіллям (між внутрішнім середовищем та простором технічного підпілля); еквівалентний коефіцієнт теплопередачі між простором технічного підпілля та зовнішнім середовищем, обумовлений тепловим потоком через зовнішні стіни та вентиляцію технічного підпілля; а також коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту. Відмінними від попередніх типів підлог є ще і такі параметри, як висота від відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям, площа вентиляційних отворів по периметру підпільного простору, середня швидкість вітру, ступінь вітрозахисту, які обов'язково необхідно враховувати при розрахунку.

Згідно методики [2] авторами було побудовано моделі для трьох типів підлог в програмному забезпеченні MathCad. Аналіз достовірності моделей виконувався шляхом порівняння результатів розрахунків у розробленій моделі з розрахунками, наведеними у додатках до [2]. Виконано серію розрахунків та проведено аналіз впливу різних факторів на величину тепловтрат. Нижче у якості прикладу представлено блок-схему алгоритму розрахунку теплових втрат через підлогу на ґрунті за моделлю. Аналогічні моделі розроблено і для інших типів підлог: над тех. підпіллям та для цокольного поверху.

Нижче розглянемо результати розрахунків за розробленими моделями для різних типів огорожувальних конструкцій, що сполучаються з ґрунтом, для будівлі з наступними характеристиками: $A=5000 m^2$, $P=300 m$; склад підлоги: залізобетон товщиною $\delta_1=0,2 m$ ($\lambda_1=2,04 Вт/м \cdot K$), цементно-піщана стяжка товщиною $\delta_2=0,04 m$ ($\lambda_2=0,81 Вт/м \cdot K$), паркет (дуб) товщиною $\delta_3=0,01 m$ ($\lambda_3=0,41 Вт/м \cdot K$); для підлоги над технічним підпіллям $U_w=0,3 Вт/м \cdot K$, $h=1,25 m$, $\varepsilon=0,002 m^2$, $v=2,8 m/с$; для цокольного поверху $R_w=0,5 m^2 \cdot K/Вт$, $z=0,8 m$.

Розрахунки виконувалися для підлоги без утеплення і підлоги, що відповідає сучасним вимогам згідно [4]. Результати наведено на рис. 3.

Далі розглянемо питомі усереднені значення теплового потоку для різних типів підлоги (утепленої та неутепленої), результати наведено на рис. 4.

На рис. 5. наведено аналіз впливу архітектурних особливостей будівлі на величину питомих теплових втрат.

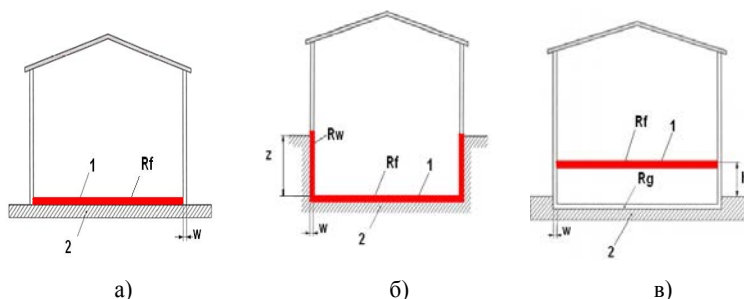


Рис. 1. Типи підлоги: а) підлога по ґрунту;

б) підлога цокольного поверху;

в) підлога над технічним підпіллям;

1 – шар підлоги; 2 – ґрунт; w – товщина зовнішніх стін; R_f – термічний опір підлоги; R_w – термічний опір стін, що контактують з ґрунтом; R_g – термічний опір підлоги по ґрунту; z – висота стін, що контактують з ґрунтом; h – висота від ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям.

Джерело: розроблено авторами

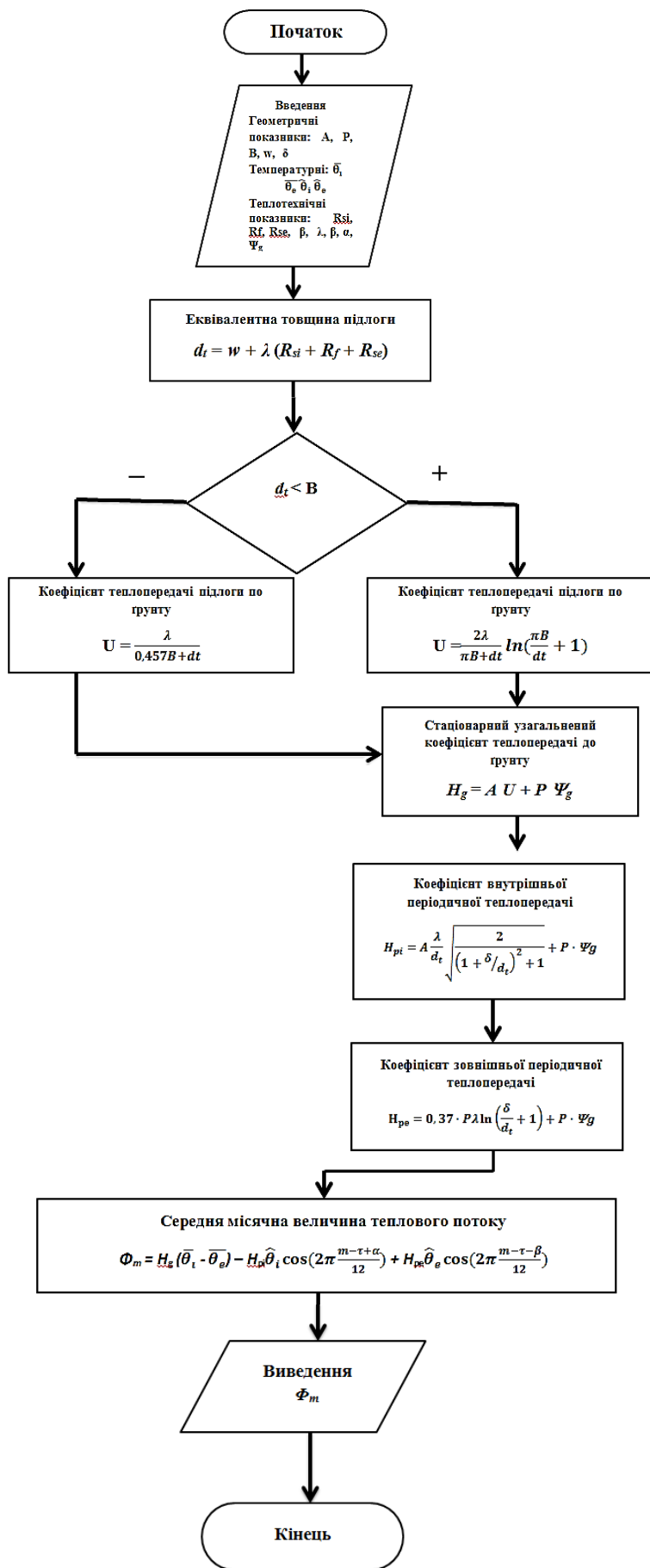


Рис. 2. Блок-схема алгоритму розрахунку тепловтрат через підлогу на ґрунті у розробленій моделі

Джерело: розроблено авторами

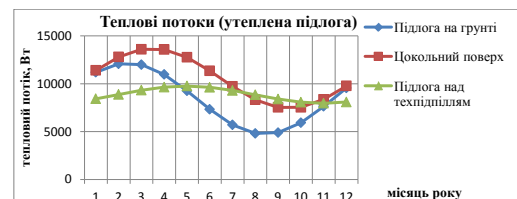
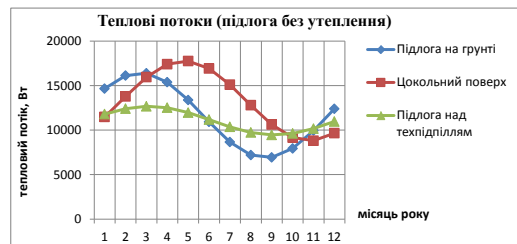


Рис. 3. Тепловтрати підлоги по місяцям, Вт: а – теплові потоки для підлоги без утеплення, б – теплові потоки для утепленої підлоги

Джерело: розроблено авторами



Рис. 4. Порівняння усередненого значення питомого теплового потоку

Джерело: розроблено авторами



Рис. 5. Аналіз впливу архітектурних особливостей будівлі на питомі тепловтрати через підлогу: а – цокольний поверх, б – підлога над тех. підпіллям

Джерело: розроблено авторами

Як бачимо, зі зростанням величини заглиблення від 0,1 м до 3 м при незмінній величині надземної частини для підлоги цокольного поверху питомі тепловтрати можуть зрости на 20%, а зі зростанням величини висоти стіни над поверхнею ґрунту від 0,1 м до 3 м для підлоги над тех. підпіллям при незмінній величині заглиблення зростають на 15%.

Висновки. За новою методикою, впровадженою в Україні згідно норм ЄС, розроблено моделі, що до-

зволяють визначати величину теплових потоків для різних типів підлоги: на ґрунті, над технічним підпіллям та підлоги цокольного поверху. Методика дозволяє також оцінювати вплив архітектурних особливостей будівлі та інших факторів на величину питомих тепловтрат через підлогу. Дані математичні моделі можуть бути використані під час виконання енергетичних аудитів будівель та оцінюванні їх енергетичної ефективності.

Список літератури:

1. DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings – [Електронний ресурс] – Official Journal of the European Union – 23 p. – Режим доступу до сайту: <http://www.energy.eu/directives/2010-31-EU.pdf/>
2. EN ISO 13790:2008 Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling – CEN – 162 p.
3. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні: ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 – [Чинний з 01.01.2013] – (Державний стандарт України).
4. EN 15193 Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting. Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреб та енергоефективності системи. Ч. 2-1. Тепловіддача системою опалення: ДСТУ Б EN 15316-2-1:2011 – [Чинний з 01.01.2013] – (Державний стандарт України).
5. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинний з 01.04.2007]. – К.: Мінбуд України, 2006. – 64 с. (Державні будівельні норми України).
6. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні/ДСТУ-Н Б А.2.2-XXX:201X [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 201X. – 196 с.
7. Справочник по теплоснабжению и вентиляции / Р. В. Щекин, С. М. Корневский, Г. Е. Бем и др. – К.: «Будівельник», 1976. – 416 с.
8. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2011. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 131 с.
9. <http://buildenergy.com.ua>

Шовкалюк М.М., Войналович О.А.

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ЧЕРЕЗ ПОЛ В СООТВЕТСТВИИ С НОРМАМИ ЕС

Аннотация

Данное исследование было сосредоточено на анализе тепловых потерь через пол по новым методикам расчета согласно внедренными в Украине нормами по энергоэффективности зданий с учетом европейских требований [1, 2]. Задачей статьи был анализ методических подходов к расчету тепловых потерь по методике ЕС для различных типов пола. Разработаны математические модели и проведен анализ влияния различных факторов на удельные тепловые потери.

Ключевые слова: тепловые потери, пол, почва, здания.

Shovkaliuk M.M., Voinalovych O.O.

National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute»

DEVELOPMENT OF MODELS FOR CALCULATING HEAT FLOWS THROUGH THE FLOOR IN ACCORDANCE WITH STANDARDS OF THE EU

Summary

This study focused on the analysis of heat loss through the floor based on the new calculation methodology implemented in Ukraine in accordance with the norms of energy efficiency of buildings with regard to European requirements [1, 2]. The objective of the article is to analyze of the methodological approaches to the calculation method of heat loss by the EU methodology for different types of floors. Mathematical models and the analysis of the impact of various factors on the specific heat losses are developed.

Keywords: heat loss, floor, ground, buildings.