

УДК 62-65:004.94

## Моделювання температурного режиму кімнати з теплою підлогою у програмі SolidWorks

М.С. Григорчук<sup>1</sup>, І.Е. Фуртат<sup>2</sup>, Ю.М. Камаєв<sup>3</sup>

<sup>1</sup>магістрант теплоенергетичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний Інститут», grygorchuck@i.ua

<sup>2</sup>кандидат технічних наук, доцент, викладач національного технічного університету України «Київський політехнічний Інститут», i.e.furtat@gmail.com

<sup>3</sup>кандидат технічних наук, доцент, викладач національного технічного університету України «Київський політехнічний Інститут», unk1940@gmail.com

*У даній статті розглядаються дослідні математичного моделювання у програмі SolidWorks. Вони необхідні для визначення температурного графіку приміщення з метою оптимізації використання електротермічних систем опалення зі сталою потужністю, а саме економії споживаної електроенергії. Публікація містить опис досліджень, а також коротку загальну інформацію про отримані результати. У висновках зазначено про можливі перспективи використання результатів роботи.*

*Ключові слова: тепла підлога, опалювальна система, моделювання, дослід, режим, оптимізація, температурний графік, охолодження, нагрів.*

**Вступ.** Для оптимізації використання електроенергії з метою її економії необхідно знати температурний графік приміщення, у якому для опалення використовуються електротермічні системи (систем інфрачервоних теплих підлог), що мають сталу потужність. Розглядається інноваційна опалювальна система на основі термоплівки «Чжунхей» [1]. Вона енергозберігаюча, нешкідлива для навколишнього середовища і забезпечує комфортні умови для людини. Особливість системи: плівкові мати, які стеляться на підлогу, виділяють лише певну сталу потужність. Оскільки система монтується рівномірно по всій підлозі, її потужність може перевищувати теплові втрати кімнати. Через це недоцільно використовувати теплу підлогу в стаціонарному режимі. Тому застосовується її періодичне вимикання та вмикання. Для оптимального режиму роботи і доцільного керування системою треба визначити особливості її роботи на прикладі однієї кімнати (офісного приміщення).

**Основна частина.** Для поставленої задачі був проведений аналітичний розрахунок, виконаний з використанням певних спрощень і припущень.

Для перевірки коректності його результатів у програмі SolidWorks (Flow Simulation) [2] розроблено математичну модель, яка представляє собою кімнату розмірами 3,44 м × 5,22 м і висотою 2,64 м. На зовнішніх сторонах стін кімнати

було задано граничні умови третього роду з урахуванням проведених аналітичних розрахунків, також задано фізичні властивості матеріалів, з яких зроблено стіни [3].

На моделі було проведено 3 досліді.

Перший дослід (рис. 1) – нестационарна задача охолодження повітря до температури  $\approx 10^\circ\text{C}$  (зважаючи на результати, які були отримані при проведенні стаціонарної задачі).

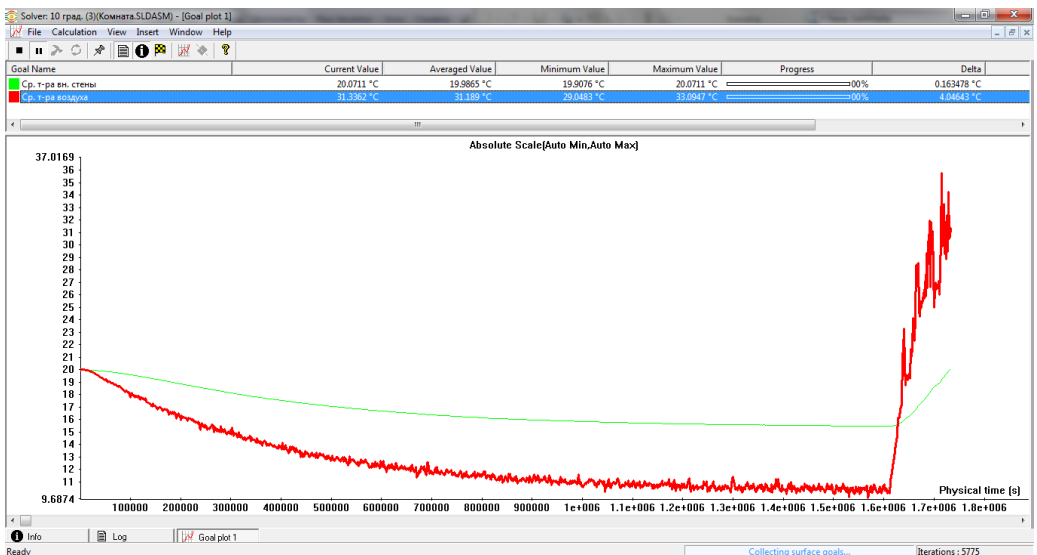


Рисунок 1 – Результати першого досліді  
(нестационарна задача охолодження повітря в приміщенні до температури  $\approx 10^\circ\text{C}$ )

Середня температура теплої стінки досягла значення  $\approx 15,5^\circ\text{C}$ , а час охолодження становив близько 2 тижнів. Після досягнення цієї температури було проведено нагрів спочатку лише повітря, а потім і теплої стінки до температури  $20^\circ\text{C}$ . Повітря прогрілося за 11 год, а стінка – за 33,5 год (при цьому температура повітря досягла значення  $31^\circ\text{C}$ ).

Проведений дослід є лише експериментальною перевіркою поведінки температури у кімнаті. Такий режим роботи теплої підлоги звичайно недопустимий.

Другий дослід (рис. 2) – нестационарна задача охолодження повітря до температури  $\approx 15^\circ\text{C}$  при періодичному вмиканні теплої підлоги. Час охолодження повітря до  $15^\circ\text{C}$  склав 76 год (трохи більше ніж 3 доби).

Під час цього досліді також було проведено нагрів повітря до  $20^\circ\text{C}$ , який відбувся за 4 год, після чого час повторного охолодження повітря склав приблизно 1 добу. Потім було проведено ще один повторний цикл нагрів-охолодження, етапи якого відповідно тривали 3,3 і 20 год, тобто час зміни температури зменшився. Це пояснюється тим, що внутрішня стіна, температура якої також впливає на процес, охолола (приблизно до  $18^\circ\text{C}$ ).

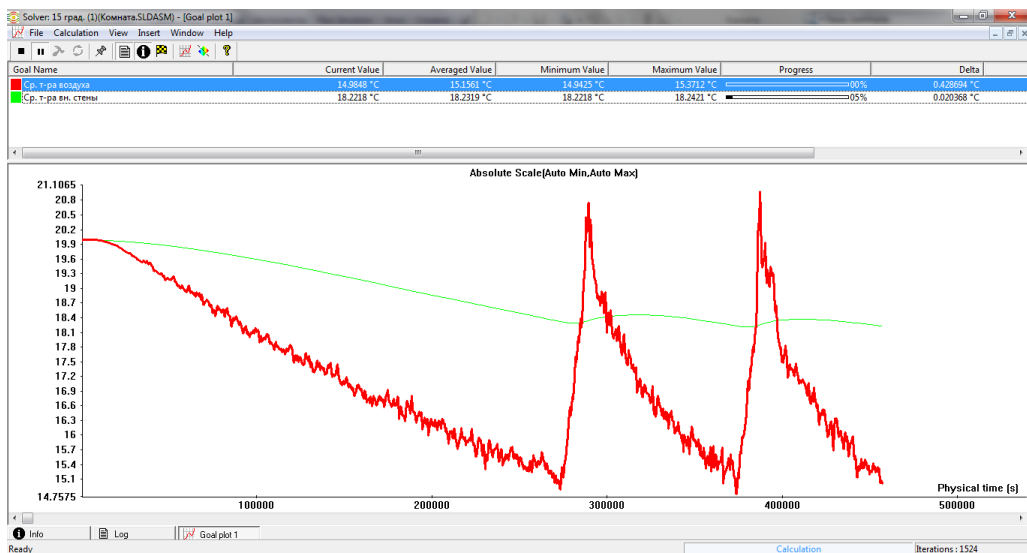


Рис. 2. Результати другого дослід (нестационарна задача охолодження повітря в приміщенні до температури  $\approx 15^{\circ}\text{C}$  при періодичному вмиканні теплої підлоги)

Третій дослід (рис. 3) – нестационарна задача зміни температури протягом тижня (5 робочих днів і 2 вихідних) при періодичному вмиканні теплої підлоги. Перша ділянка (охолодження-нагрів) не входить в даний проміжок.

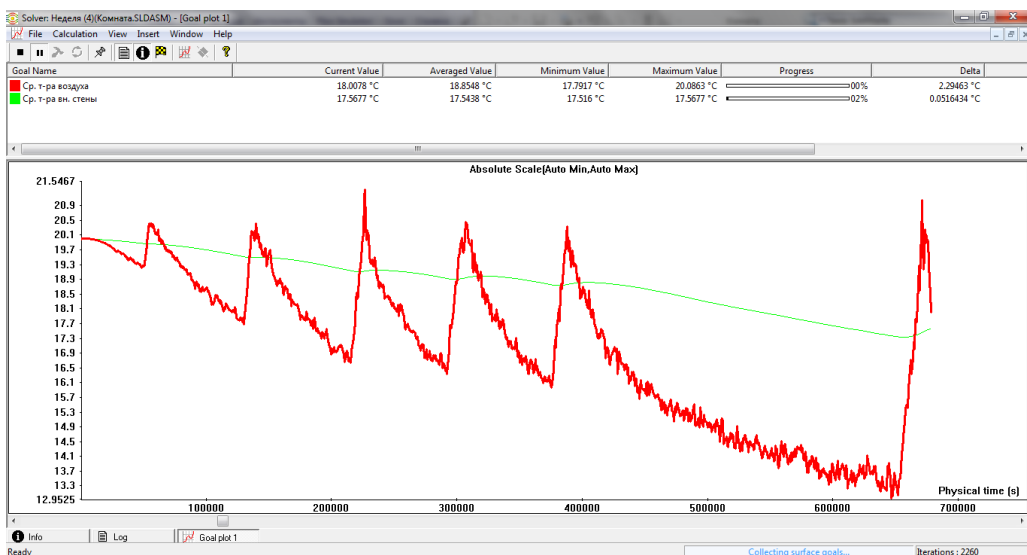


Рис.3. Результати третього дослід (нестационарна задача зміни температури протягом тижня при періодичному вмиканні теплої підлоги)

Режим роботи підлоги виглядав наступним чином: вважається, що з початком першого робочого дня підлога вимикається, а з початком другого знову вмикається поки температура в кімнаті не досягне 20 °С і потім знову вимикається, наступного також працює до досягнення температури повітря 20 °С і знову вимикається. Так триває до кінця робочого тижня. На вихідних підлога не працює. З початком наступного тижня підлога вмикається для прогріву повітря до 20 °С.

Під час такого режиму тепла стінка поступово охолола до температури приблизно 17,5 °С, а тому час на нагрів повітря поступово збільшився і в кінці склав близько 5,6 год, що досить довго. Тому можливий варіант охолодження повітря до більш оптимального значення температури, наприклад, 17 °С, а потім його нагрів до 20 °С і т.д.

Враховуючи попередній висновок, була проведена оптимізація температурного режиму кімнати за допомогою моделювання (рис. 4). Вона полягала в тому, щоб обмежити охолодження повітря до температури 17 °С, таким чином зменшуючи періоди охолодження і нагріву повітря, а також забезпечуючи сталість температури теплих стінок.

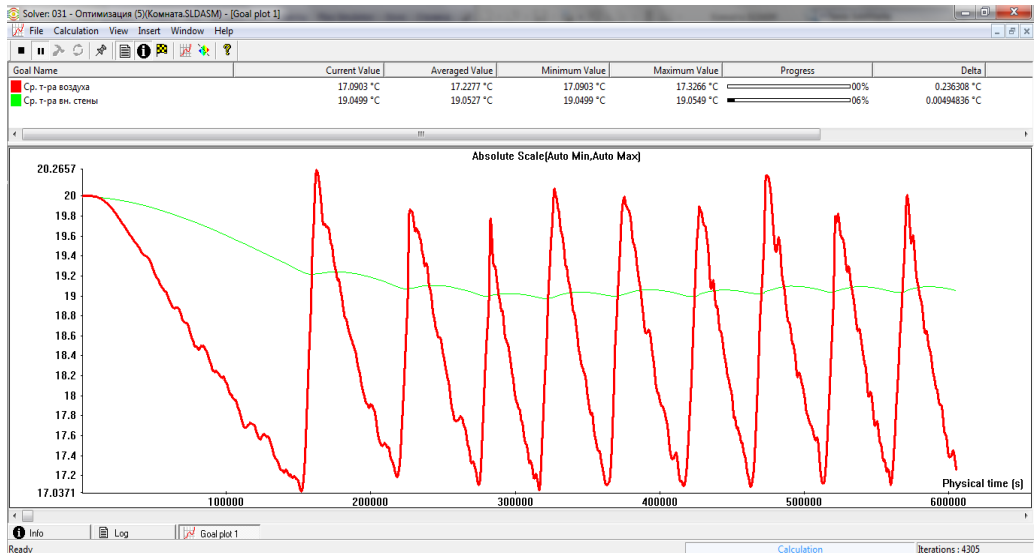


Рис.4. Графік оптимізованого режиму роботи теплої підлоги

Отже, режим роботи теплої підлоги такий: спочатку, вважаючи, що початкова температура усієї кімнати (як повітря, так стін) становить 20 °С, підлога вимикається, потім, при досягненні температури повітря 17 °С, вона знову вмикається і працює поки повітря у кімнаті не нагріється до 20 °С. Дослід проводиться періодично. Сумарний час дослідження становить 1 тиждень реального часу (час проведення дослідження на моделі значно менший). Цей термін було вибрано з огляду на те, що попередній дослід (без оптимізації) також тривав

1 тиждень.

В середньому тривалість періоду охолодження становить 11,3 год, вона дещо більша на початку, а потім приблизно однакова. Тривалість періоду нагріву, окрім останнього (про нього мова йтиме дещо далі), становить в середньому 2,7 год.

Під час даного досліду температура теплої стінки не опустилася нижче 19 °С, що і дозволяло підтримувати майже сталий режим підлоги – як уже згадувалося вище, періоди охолодження і нагріву майже однакові. З цього можна зробити висновок про те, що оптимізація виконана вдало.

Також було виконано нагрів теплої стінки, яка охолола, знову до 20 °С – останній період нагріву, про який не говорилося вище. Час нагріву склав приблизно 14 год, при цьому температура повітря зросла приблизно до 30 °С.

**Висновки.** Після проведення трьох дослідів на математичній моделі було зроблено висновок, що режими, які досліджувались, не являються оптимальними, тобто їх не можна застосовувати при експлуатації теплої підлоги. Тому було вирішено виконати оптимізацію температурного режиму кімнати, яка полягала у тому, щоб обмежити охолодження повітря у кімнаті до температури 17 °С. Аналізуючи результати оптимізації можна сказати, що вона була виконана вдало і такий режим можна використовувати на практиці.

Результати даного дослідження планується узгодити зі спеціалістами Інституту технічної теплофізики НАН України, а також запровадити у використання для проектувальних розрахунків, зокрема на фірмі «Чжунхей (Україна)».

#### Література

1. Сайт компанії «Чжунхей (Україна)» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.zhonghui.com.ua>.
2. Алямовский А. А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи / А. А. Алямовский. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 448 с.
3. ДБН В.2.6-31:2006. «Теплова ізоляція будівель».

## Моделирование температурного режима комнаты с теплым полом в программе SolidWorks

М.С. Григорчук, И.Э. Фуртат, Ю.Н. Камаев

*В данной статье рассматриваются исследования математического моделирования в программе SolidWorks. Они необходимы для определения температурного графика помещения целью оптимизации использования электротермических систем отопления с постоянной мощностью, а именно экономии потребляемой электроэнергии. Публикация содержит описание исследований, а также короткую общую информацию о полученных результатах. В выводах указаны возможные перспективы использования результатов исследований.*

## **Modeling of the temperature mode of the room with warm floor in SolidWorks**

M. Hruhorchuk, I. Furtat, Y. Kamaev

*This article discusses the mathematical modeling researches in SolidWorks. They are necessary to determine the temperature mode of the room in order to optimize the usage of electrothermal heating systems with constant power, specifically to save energy consumption. The publication contains the description of researches, and also a brief general information on the obtained results. The conclusions contain possible prospects for the using of research results.*

Надійшла до редакції 16.05.2016