

УДК 697.1

ДЕШКО В.І., БЛОУС І.Ю., СУХОДУБ І.О.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

### МОДЕЛЮВАННЯ СУМІСНОГО ВПЛИВУ СОНЯЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ РАДІАЦІЇ НА ТЕМПЕРАТУРУ ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ ОГОРОДЖЕНЬ БУДІВЛІ

**Мета.** Підвищення ефективності управління теплоспоживанням шляхом визначення впливу сонячної радіації та власного теплового випромінювання внутрішніх поверхонь огороджень на температуру повітря та температур поверхонь зовнішніх огороджувальних конструкцій.

**Методика.** В процесі дослідження застосовано: математичне моделювання процесів теплообміну, радіаційного теплообміну в дифузному наближенні, регресійний аналіз.

**Результати.** У ході роботи досліджено сумісний вплив сонячного та теплового випромінювання на температуру поверхонь зовнішніх огороджень в залежності від інтенсивності сонячних надходжень та теплофізичних властивостей зовнішніх огороджень. Для розглянутого діапазону величин визначено регресійні залежності, коефіцієнти еластичності сонячних теплонадходжень та опору огороджувальних конструкцій.

**Наукова новизна.** Обґрунтовано доцільність врахування власного теплового випромінювання огороджень, що дозволяє уточнити значення температури поверхонь зовнішніх огороджень.

**Практична значимість.** В результаті проведеного дослідження визначено прямі та перехресні залежності зміни температур поверхонь від теплофізичних властивостей огороджень та різного рівня інсоляційних надходжень.

**Ключові слова.** температура, власне теплове випромінювання, тепловтрати, сонячні теплонадходження.

**Вступ.** До найбільших споживачів енергоресурсів України відносяться житлові та громадські будівлі. Основною проблемою таких будівель є підвищені витрати теплової енергії та недотримання умов комфортності внутрішнього мікроклімату приміщень [1,2]. Зважаючи на низький рівень ефективності енерговикористання в бюджетній сфері, в тому числі й галузі освіти, виникає необхідність проведення структурного аналізу використання енергії, зокрема витрати на тепло.

Основою поглибленого аналізу теплового стану приміщень є математичні моделі, які базуються на використанні знань фізичних характеристик будівлі. В діючих підходах оцінки енергетичної потреби будівлі є ряд спрощень, що обмежують якість розрахунків. В [3] приймається, що температура повітря та температура огороджувальних конструкцій однакова. Приймається, що вся сонячна радіація, яка проходить в будівлю, поглинається, а також відсутній власний променевий теплообмін стін. В стандарті [4] при детальному моделюванні невелика частина сонячного випромінювання може залишати зону будівлі через зовнішні огороджувальні конструкції.

Вплив власного теплового випромінювання стін на температуру зовнішніх огороджувальних конструкцій вивчений недостатньо. З метою врахування даного впливу створена математична модель кімнати. Частина радіаційного випромінювання, яке

потрапляє до кімнати, поглинається огороженнями, а частина пропускається через світлопрозорі огорожувальні конструкції до атмосфери.

**Постановка завдання:**

1) побудова математичної моделі розрахунку внутрішньої температури, температур та теплових потоків огорожувальних поверхонь з урахуванням сонячного та теплового випромінювання;

2) отримати та проаналізувати значення температур та теплових потоків огорожувальних поверхонь від зміни інсоляційних надходжень та теплофізичних властивостей конструкцій.

**Опис моделі.** Комп'ютерна модель описує приміщення з однією зовнішньою стіною та вікном. В стаціонарному тепловому балансі враховано втрати теплопередачею через зовнішню стіну та вікно, теплові надходження від сонячної радіації через вікно та від внутрішніх джерел та опалення, втрати на вентилявання приміщення. Приймається, що значення температур для кожної внутрішньої поверхні та повітря має усталені значення. Сонячна радіація після потрапляння в приміщення через вікна, а також власне теплове випромінювання та радіаційні характеристики поверхонь мають дифузний характер. В результаті модель передбачає, що середня температура внутрішніх стін та перекриттів дорівнює середній температурі повітря у приміщенні. Також приймемо, що теплофізичні властивості матеріалу огорожувальних конструкцій не залежать від температури.

Система рівнянь розробленої математичної моделі вміщує:

Рівняння теплового балансу кімнати [5, 6]

$$Q_{\text{в}} + Q_{\text{с}} = Q_{\text{о}} + Q_{\text{тн}} + Q_{\text{рез.в.2}} \quad (1)$$

Втрати тепла вентиляцією

$$Q_{\text{в}} = nVc\rho(t_{\text{вн}} - t_{\text{с}}) \quad (2)$$

Втрати тепла через зовнішні огорожувальні конструкції

$$Q_{\text{с}} = Q_{\text{с}}' + Q_{\text{с}}'' \quad (3)$$

Рівняння теплопереносу на зовні від внутрішньої поверхні стіни [5, 6]

$$Q_{\text{с}}' = F_{\text{ст}} \frac{t_{\text{ст}} - t_{\text{с}}}{R_{\text{ст}} + R_{\text{в}}} \quad (4)$$

Рівняння теплопереносу до внутрішньої поверхні стіни від приміщення за рахунок тепловіддачі, сонячної радіації та власного теплового випромінювання внутрішніх стін [7, 8]

$$Q_{\text{с}}' = F_{\text{ст}} \frac{t_{\text{ст}} - t_{\text{с}}}{R_{\text{ст}}} - Q_{\text{рез.ст.1}} - Q_{\text{рез.ст.2}} \quad (5)$$

Аналогічні рівняння (7), (8) для внутрішньої поверхні вікна за винятком поглинання сонячної радіації.

$$Q_{\text{с}}'' = F_{\text{в}} \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{с}}}{R_{\text{ст}} + R_{\text{в}}} \quad (6)$$

$$Q_{\text{с}}'' = F_{\text{в}} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с}}}{R_{\text{ст}}} - Q_{\text{рез.в.1}} \quad (7)$$

Систему рівнянь для результуючих потоків теплового випромінювання стіни, вікна та внутрішніх поверхонь [7, 8]

$$Q_{\text{рез.ст.1}} = Q_{\text{эф.ст.1}} - Q_{\text{эф.во.1}} \cdot \varphi_{\text{во-ст}} \quad (8)$$

$$Q_{\text{рез.в.1}} = Q_{\text{эф.в.1}} - Q_{\text{эф.во.1}} \cdot \varphi_{\text{во-в}} \quad (9)$$

$$Q_{\text{рез.во.1}} = -Q_{\text{рез.ст.1}} - Q_{\text{рез.в.1}} \quad (10)$$

Теж саме для сонячної радіації [7, 8]

$$Q_{\text{рез.ст.2}} = Q_{\text{эф.ст.2}} - Q_{\text{эф.ст.2}} \cdot \varphi_{\text{ст-ст}} \quad (11)$$

$$Q_{\text{рез.в.2}} = Q_{\text{эф.в.2}} - Q_{\text{эф.в.2}} \cdot \varphi_{\text{ст-в}} \quad (12)$$

$$Q_{\text{рез.во.2}} = -Q_{\text{рез.ст.2}} - Q_{\text{рез.в.2}} \quad (13)$$

Рівняння ефективних потоків теплового випромінювання для зовнішньої стіни, вікна та внутрішніх огорожень [7, 8]

$$Q_{\text{эф.ст.1}} = Q_{\text{рез.ст.1}} \left(1 - \frac{1}{A_1}\right) + \frac{Q_{\text{вст.1}}}{A_1} \quad (14)$$

$$Q_{\text{эф.в.1}} = Q_{\text{рез.в.1}} \left(1 - \frac{1}{A_1}\right) + \frac{Q_{\text{вв.1}}}{A_1} \quad (15)$$

$$Q_{\text{эф.во.1}} = Q_{\text{рез.во.1}} \left(1 - \frac{1}{A_1}\right) + \frac{Q_{\text{вво.1}}}{A_1} \quad (16)$$

Рівняння ефективних потоків сонячної радіації для зовнішньої стіни, вікна та внутрішніх огорожень [7, 8]

$$Q_{\text{эф.ст.2}} = Q_{\text{рез.ст.2}} \left(1 - \frac{1}{A_2}\right) \quad (17)$$

$$Q_{\text{эф.в.2}} = Q_{\text{рез.в.2}} \left(1 - \frac{1}{A_2}\right) + \frac{I_{\text{інс}} F_{\text{в}}}{A_2} \quad (18)$$

$$Q_{\text{эф.во.2}} = Q_{\text{рез.во.2}} \left(1 - \frac{1}{A_2}\right) \quad (19)$$

Рівняння власних потоків теплового випромінювання для зовнішньої стіни, вікна та внутрішніх огорожень [7, 8]

$$Q_{\text{ев.1}} = F_{\text{в}} \sigma A_1 T_{\text{в}}^4 \quad (20)$$

$$Q_{\text{вст.1}} = F_{\text{ст}} \sigma A_1 T_{\text{ст}}^4 \quad (21)$$

$$Q_{\text{вво.1}} = F_{\text{во}} \sigma A_1 T_{\text{вн}}^4 \quad (22)$$

де  $Q_{\text{ст}}$  – тепловтрати через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт;

$Q_{\text{в}}$  – теплонадходження від опалювальних приладів, Вт;

$Q_{\text{тн}}$  – додаткові теплонадходження, Вт;

$Q_{\text{рад}}$  – теплонадходження від сонячної радіації, Вт;

на, відповідно, теплового випромінювання та сонячної радіації;  $n$  – кратність повітрообміну;

$V$  – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$c, \rho$  – теплоємність та густина повітря;

$t_{\text{вн}}, t_{\text{в}}$  – внутрішня та зовнішня температура повітря, °С;

$I_{\text{інс}}$  – інсоляційні теплонадходження, Вт/м<sup>2</sup>;

$F_{\text{в}}, F_{\text{ст}}, F_{\text{во}}$  – площа вікна, зовнішньої стіни та внутрішніх огорожень, м<sup>2</sup>

$Q_{\text{ст}}, Q_{\text{в}}$  – тепловтрати через зовнішню стіну та вікно, відповідно, Вт;

$t_{\text{ст}}, t_{\text{в}}$  – температура на поверхні зовнішньої стіни та вікна з внутрішньої сторони, °С;

$R_{\text{ст}}, R_{\text{в}}$  – термічний опір теплопровідності зовнішньої стіни та вікна, м<sup>2</sup>°С/Вт;

$R_{\text{ств}}, R_{\text{вст}}$  – термічний опір тепловіддачі пристінного прошарку, м<sup>2</sup>°С/Вт;

$Q_{\text{рез.в.1}}, Q_{\text{рез.ст.1}}, Q_{\text{рез.во.1}}$  – результуючий потік теплового випромінювання відповідно, вікна, зовнішньої стіни, внутрішніх огорожень, Вт;

$Q_{\text{рез.в.2}}, Q_{\text{рез.ст.2}}, Q_{\text{рез.во.2}}$  – результуючий потік сонячної радіації від вікна, зовнішньої стіни та внутрішніх огорожень, відповідно, Вт;

$Q_{\text{эф.в.1}}, Q_{\text{эф.ст.1}}, Q_{\text{эф.во.1}}$  – ефективний потік теплового випромінювання від вікна, зовнішньої стіни та внутрішніх огорожень, відповідно, Вт;

$Q_{\text{эф.в.2}}, Q_{\text{эф.ст.2}}, Q_{\text{эф.во.2}}$  – ефективний потік сонячної радіації вікна, зовнішньої стіни та внутрішніх огорожень, відповідно, Вт;

$Q_{\text{ав.1}}, Q_{\text{авст.1}}, Q_{\text{авво.1}}$  – власний потік теплового випромінювання від вікна, зовнішньої стіни та внутрішніх огорожень, відповідно, Вт;

$A_1, A_2$  – коефіцієнт поглинання для стіни та ві

$D_2$  – коефіцієнт пропускання вікон в видимій області спектру;

$\sigma$  – постійна Стефана-Больцмана,  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{Вт}/(\text{м}^2\text{К}^4)$ ;

$\varphi_{\text{во-ст}}, \varphi_{\text{во-в}}$  – кутові коефіцієнт поглинання теплової енергії від внутрішніх огорожень на зовнішню стіну та вікно, відповідно.

На базі цих рівнянь побудована модель кімнати, до зволяє аналізувати теплові потоки сонячного та теплового випромінювання, температуру на поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій та внутрішнього повітря в кімнаті.

**Вихідні дані.** Розміри кімнати  $5 \times 5$  м та висота 4 м. Приймається, що приміщення має одну зовнішню стіну та вікно ( $F_{\text{зс}}=6,5 \text{ м}^2$ ). Розглядалися по три варіанти значень опору теплопровідності стін та вікон ( $R_{\text{зс}} = \{0,8; 1,2; 1,6\}$ ,  $R_{\text{в}} = \{0,2; 0,5; 0,8\}$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ )/Вт). Коефіцієнти тепловіддачі зовнішнього повітря  $23 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{°C}$  та внутрішнього повітря  $8,7 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{°C}$ . Температура зовнішнього повітря  $-1^\circ\text{C}$ . Кратність повітрообміну – 1. Теплоємність повітря  $-1005 \text{ Дж}/(\text{кг}^\circ\text{C})$ . Густина повітря –  $1,225 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Коефіцієнт поглинання внутрішніх стін: сонячного випромінювання 0,2; теплового для стін і вікна – 0,9. Коефіцієнт пропускання сонячного випромінювання вікна 0,8. Кутові коефіцієнти відповідно до умов термодинамічної рівноваги розраховувалися з наступних співвідношень:

$$\varphi_{\text{во-ст}} = \frac{F_{\text{зс}}}{F_{\text{во}}} = 0,059, \quad \varphi_{\text{во-в}} = \frac{F_{\text{в}}}{F_{\text{во}}} = 0,123.$$

**Результати моделювання.** Значення сумарних внутрішніх теплових надходжень та опалення розраховувались з умов температури приміщення  $18^\circ\text{C}$ , рівні сонячних надходжень  $35 \text{ Вт}/\text{м}^2$  та приймалися сталими.

Порівнювались результати розрахунків за двома моделями (з врахуванням власного теплового випромінювання огорожень та без). При різних інсоляційних надходженнях розглядали наступні варіанти зміни параметрів огорожувальних конструкцій: 1)  $R_{\text{зс}}=\text{const}$ ,  $R_{\text{в}}=\text{var}$ ; 2)  $R_{\text{в}}=\text{const}$ ,  $R_{\text{зс}}=\text{var}$ .

На рисунку 1 представлено зміну внутрішньої температури повітря та температури поверхонь зовнішніх огорожувальних конструкцій з врахуванням власного випромінювання внутрішніх стін та без нього при зміні інтенсивності інсоляційних надходжень. Значення  $R_{\text{зс}}=0,8 \text{ м}^2\text{°C}/\text{Вт}$ ,  $R_{\text{в}}=0,5 \text{ м}^2\text{°C}/\text{Вт}$ .

На внутрішню температуру повітря власне випромінюванням огорожувальних конструкцій практично не впливає, натомість при врахуванні власного випромінювання температура поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій змінюється приблизно на  $1^\circ\text{C}$  – вікно та  $0,5^\circ\text{C}$  – стіна.

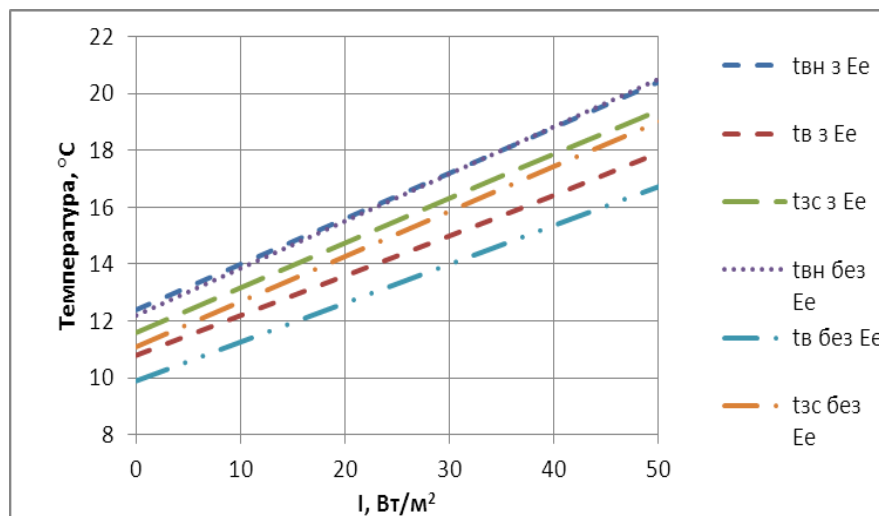


Рис.1 Зміна температури внутрішнього повітря та зовнішніх огорожувальних конструкцій в залежності від інтенсивності сонячних теплонадходжень

На рис.2 представлена зміна тепловтрат зовнішньої стіни в залежності від інтенсивності сонячних теплонадходжень при різних значеннях опору теплопровідності.

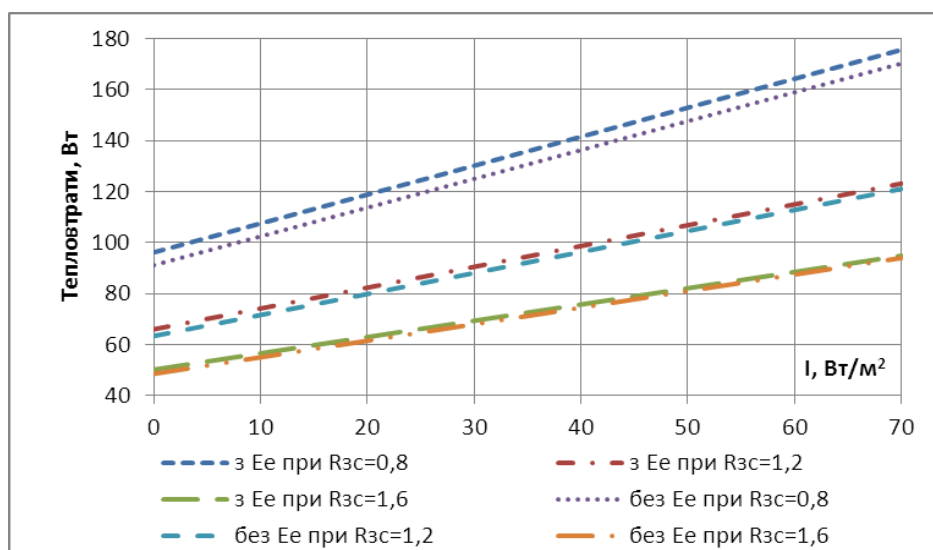


Рис.2 Зміна тепловтрат зовнішньої стіни в залежності від інтенсивності сонячних теплонадходжень

З рис.2 видно, що при збільшенні опору теплопередачі власне випромінювання внутрішніх стін менше впливає на тепловтрати. На рис. 3 наведена зміна температури поверхонь зовнішньої стіни та вікна за рахунок врахування власного випромінювання при різних опорах огорожувальних конструкцій.

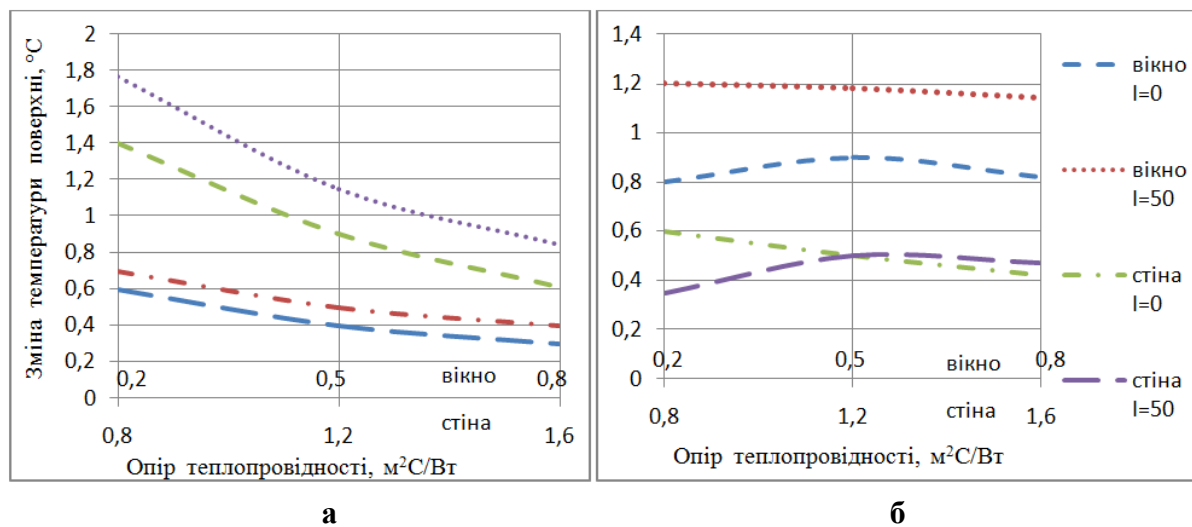


Рис.3 Зміна температури поверхонь при врахуванні власного випромінювання. Прямая (а) та перехресна (б) залежність від опору стін та вікон при різних рівнях сонячних теплонадходжень

З результатів цих розрахунків видно, що врахування власного випромінювання збільшує температуру поверхні стіни на 1–1,5°C та на 0,5–0,8°C вікна.

При моделюванні досліджено також вплив зміну опору вікна на температуру поверхні зовнішньої стіни і навпаки: стіни на вікно. Визначено, що при збільшенні інтенсивності сонячної радіації зміна температури поверхні під дією такого перехресного впливу елементів зовнішніх огорожень змінюється від лінійної на опуклу.

Результати залежності внутрішніх температур зовнішньої стіни, вікна та повітря від інтенсивності сонячного випромінювання та опору зовнішніх огорожень в розглянутому діапазоні параметрів оброблені за допомогою лінійного багатofакторного регресійного аналізу (рівняння (23)–(25)):

$$\frac{t_{st}}{t_{st0}} = 0,662 + 0,326 \frac{I}{I_0} + 0,0012 \frac{R_{sc}}{R_{sc0}} + 0,0104 \frac{R_s}{R_s0}, R^2 = 0,986 \quad (23)$$

$$\frac{t_w}{t_w0} = 0,497 + 0,334 \frac{I}{I_0} + 0,0026 \frac{R_{sc}}{R_{sc0}} + 0,1665 \frac{R_s}{R_s0}, R^2 = 0,967 \quad (24)$$

$$\frac{t_{sc}}{t_{sc0}} = 0,59 + 0,336 \frac{I}{I_0} + 0,0638 \frac{R_{sc}}{R_{sc0}} + 0,0108 \frac{R_s}{R_s0}, R^2 = 0,967 \quad (25)$$

Значення приведених коефіцієнтів рівнянь регресії являються коефіцієнтами еластичності. З цих значень видно, найбільший вплив на температуру поверхонь зовнішніх огорожувальних конструкцій має інтенсивність сонячного теплонадходження, а також більший вплив має опір даної поверхні у порівнянні з перехресним впливом. Поведінка теплових потоків через зовнішні огорожувальні конструкції має аналогічний характер.

**Висновки.** Створена модель дозволяє аналізувати внутрішню температуру повітря, температури та теплові потоки зовнішніх огорожувальних конструкцій з врахуванням власного теплового випромінювання внутрішніх стін. Врахування власного випромінювання збільшує значення температури поверхні стіни на 1–1,5°C та на 0,5–0,8°C вікна. Досліджено, що при збільшенні опору огорожувальних конструкцій зменшується вплив власного випромінювання внутрішніх стін на поверхню зовнішніх огорожень. В розглянутому діапазоні зміни параметрів їх вплив на температуру внутрішньої поверхні зовнішніх огорожень зменшується в ряду: сонячна радіація, власний опір теплопровідності, перехресний вплив опору іншого огороження.

### Список використаних джерел

1. Басок Б.И. Особенности теплоснабжения административных зданий в отопительный период / Б.И. Басок, Б.В. Давиденко, С.М. Гончарук, О.Н.Лысенко, А.А. Лунина, А.И. Тесля, А.Н. Недбайло, М.В. Ткаченко// *Керамика: наука и жизни* - 2011. - №4(14). - С. 59-68.
2. Дешко В.І. Числове моделювання як метод дослідження теплових режимів приміщення / В.І. Дешко, М.М. Шовкалюк, Ю.В. Лохманець, Ю.Р. Куран // *Нова тема*. - №4. - 2008. - С. 26-30.
3. ДСТУ\_Н Б А.2.2.5:2007. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції [Текст]. – Уведено вперше ; чинний від 2008.07.01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 44 с.
4. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні [Текст]. – На заміну ГОСТ 26629.85; чинний з 01.01.2013. – К. : НДІБК, 2011. – 229 с.
5. *Исаченко В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко., В.А. Осипова, А.С. Сукомел – М.:Энергоиздат, 3-е изд., 1981. – 416 с.*
6. *Зигель Р. Теплообмен излучением / Р. Зигель., Дж. Хауэлл.– М.: Мир, перевод с англ., под ред. д-ра. техн.наук Хрусталева Б.А. 1975 – 934 с.*
7. *Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеев– М.: Энергия, 2-е изд., 1977 – 342с.*
8. *Дешко В.И. Теоретические основы теплотехники / В.И. Дешко, В.В. Дубровская, В.И. Шкляр, А.В. Ленкин, В.П. Студенец – К.: НТУУ «КПИ», 2011 – 118 с.*

### References

1. Basok B.I., Davidenko B.V., Goncharuk S.M., Lysenko O.N., Lunina A.A., Teslya A.I., Nedbaylo A.N., Tkachenko M.V. (2011) Osobnosti teplosnabzheniya administrativnykh zdaniy v otopitelnyy period [Features heating office buildings in the heating period]. *Keramika: nauka i zhizni – Ceramics: Science and Life*, 4(14), 59-68 [in Ukrainian].
2. Deshko V.I., Shovkalyuk M.M., Lokhmanets Yu.V., Kuran Yu.R. (2008) Chyslove modeliuвання yak metod doslidzhennia teplovykh rezhymiv prymishchennia [Numerical modeling as a method of investigation of thermal regimes room]. *Nova tema – The new theme*, 4, 26-30 [in Ukrainian].
3. Proektuvannia. Nastanova z rozroblennia ta skladannia enerhetychnoho pasporta budynkiv pry novomu budivnytstvi ta rekonstruktsii [Design. Guidelines for the development and preparation of energy passport of buildings for new construction and reconstruction]. (2007) DSTU\_N B A.2.2.5:2007 from 7 July 2008. Kiev: Minrehionbud Ukrainy [in Ukrainian].
4. Enerhoefektyvnist budivel. Rozrakhunok enerhospozhyvannia pry opalenni ta okholodzhenni [Energy efficiency of buildings. Calculation of energy consumption for heating and cooling]. (2011) DSTU B EN ISO 13790:2011 from 1 January 2013. Kiev: NDIBK [in Ukrainian].
5. Isachenko V.P., Isachenko. V.P, Osipova V.A., Sukomel A.S. (1981) *Teploperedacha [Heat transfer] / V.P Isachenko., V.A. Osipova, A.S. Sukomel – Moscow [in Ukrainian].*
6. Siegel R. & Howell J. (1975) *Teploobmen izlucheniem [Radiation heat transfer]. Moscow.: Mir, translated from English., Drs. Technical Sciences B.A. Khrustalev [in Ukrainian].*
7. Mikheev M.A. & Mikheev I.M. (1977) *Osnovy teploperedachi [Fundamentals of heat transfer]. Moscow [in Ukrainian].*
8. Deshko V.I., Dubrovskaya V.V., Shklyar V.I., Lenkin A.V. & Studenets V.P. (2011) *Teoreticheskie osnovy teplotekhniki [Theoretical foundations of heat technology]. Kyiv NTUU«KPI» [in Ukrainian].*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВМЕШНОГО ВЛИЯНИЯ СОЛНЕЧНОЙ И ТЕПЛОВОЙ РАДИАЦИИ НА ТЕМПЕРАТУРУ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОГРАЖДЕНИЙ ЗДАНИЯ

ДЕШКО В.И., БЕЛОУС И.Ю., СУХОДУБ И.О.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»*

**Цель.** Определение влияния солнечной радиации и собственного теплового излучения внутренних поверхностей ограждений на температуру воздуха и температур поверхностей наружных ограждающих конструкций.

**Методика.** В процессе исследования применены: математическое моделирование процессов теплообмена, радиационного теплообмена в диффузном приближении, регрессионный анализ.

**Результаты.** В ходе работы исследовано совместное влияние солнечного и теплового излучения на температуры поверхностей наружных ограждений в зависимости от интенсивности солнечных поступлений и теплофизических свойств наружных ограждений.

**Научная новизна.** Обоснована целесообразность учета собственного теплового излучения ограждений, что позволяет уточнить значение температуры поверхностей наружных ограждений.

**Практическая значимость.** В результате проведенного исследования определены прямые и перекрестные зависимости изменения температур поверхностей от теплофизических свойств ограждений и разного уровня инсоляционных поступлений.

**Ключевые слова:** температура, собственное тепловое излучение, теплопотери, солнечные теплопоступления.

## SIMULATION OF THE COMBINED INFLUENCE OF SOLAR AND THERMAL RADIATION ON INTERNAL SURFACE TEMPERATURE OF BUILDINGS ENVELOPE

DESHKO V., BILOUS I., SUKHODUB I.

*National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»*

**Purpose.** Determining the effect of solar radiation and internal surfaces intrinsic thermal radiation on air temperature and internal surface temperatures of external walls and windows.

**Methods.** Mathematical simulation of heat transfer, radiation heat transfer in diffuse approximation, regression analysis.

**Results.** The combined effect of solar radiation and intrinsic thermal radiation on inner surface temperature of external walls and windows is examined depending on solar irradiance and thermal properties of building envelope.

**Scientific novelty.** Expediency of intrinsic thermal radiation accounting is justified, allowing you to specify the inner surface temperature of external walls and windows.

**The practical significance.** The study identified the direct and cross temperature dependences on the surfaces thermal properties and different levels of solar heat gains.

**Keywords:** temperature, intrinsic thermal radiation, heat losses, solar heat gains.