



**Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України**  
Ministry of Education, Science, Youth and Sports of Ukraine  
**Київський національний університет будівництва  
і архітектури**  
Kiev National University of Building and Architecture

**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ  
ТА АРХІТЕКТУРІ**

**ENERGY-SAVINGS IN CIVIL ENGINEERING  
AND ARCHITECTURE**

Науково-технічний збірник

The Collection of Proceedings

Випуск № 3    Issue No 3

**КИЇВ 2012 KYIV**

**Науково-технічний збірник “Енергозбереження в будівництві та архітектурі”. Випуск 3. Відповідальний редактор А. М. Тугай. – К.: КНУБА, 2012 р. – 162 с.**

**UKR** В збірнику розміщено статті, присвячені різним аспектам комплексного впровадження принципів енергозаощадження в об’єктах будівництва та архітектури.

Збірник розрахований на працівників науково-дослідних і проектних організацій, викладачів, аспірантів та докторантів.

**RUS** В сборнике размещены статьи, посвященные различным аспектам комплексного внедрения принципов энергосбережения в объектах строительства и архитектуры.

Сборник рассчитан на работников научно-исследовательских и проектных организаций, преподавателей, аспирантов и докторантов.

**ENG** Articles is devoted to the investigation of various aspects of the complex implementation of save-energy principles in the civil engineering and architectural objects.

Collection is intended for researchers, designers, high school teachers, post-graduate students etc.

**Редакційна колегія:** А. М. Тугай (відп. редактор), П. П. Лізунов (заступник відп. редактора), В. О. Плоский (відп. секретар), В. А. Баженов, Т. О. Кашенко, В. П. Корбут, А. М. Кравчук, Е. С. Малкін, О. Л. Підгорний, Л. Л. Покровський, Ю. К. Росковшенко, О. В. Сергейчук, О. С. Слепцов, М. В. Степанов, В. В. Товбич.

**Editorial board:** A. M. Tugay (chief editor), P. P. Lizunov (deputy editor), V. O. Ploskiy (managing editor), V. A. Bazhenov, T. O. Kashchenko, V. P. Korbut, A. M. Kravchuk, E. S. Malkin, O. L. Pidgorny, L. L. Pokrovskiy, Yu. K. Roskovshenko, O. V. Sergeychuk, O. S. Sleptsov, M. V. Stepanov, V. V. Tovbych.

**Адреса редакції:** 03680, Київ, Повітрофлотський проспект, 31, КНУБА, к. 419, телефон редакції: 244-96-37.

Рекомендовано до видання вченою радою Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол № 9 від 31 травня 2012 року.

**Наукове фахове видання**  
**ISSN 0131-579 X**

©Київський національний університет  
будівництва та архітектури

## ГЕОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ВІДБИТОЇ ІНСОЛЯЦІЇ В АРХІТЕКТУРІ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*На основі раніше запропонованих моделей у вигляді напрямних добових конусів прямих і відбитих сонячних променів, змінних протягом року виконано геометричний аналіз можливостей використання в літню половину року відбитої від дзеркального засткління інсоляції.*

**Постановка проблеми.** Геометричне моделювання відбитого сонячного випромінювання знайшло своє застосування в геліотехніці, геліоосвітленні, в розрахунках природного освітлення. Підвищення поверховості та щільності забудови в сучасних умовах потребує як визначення простору для нових будівель, яке забезпечує збереження інсоляційних норм в існуючих будинках, так і пошук нових засобів підвищення показників інсоляції території та приміщень. В статті [1] було звернено увагу на можливість використання відбиття від зеркальних застлень фасадів будинків та наведено приклади використання автором при проектуванні відбиття від зеркальних поверхонь балконів.

Таким чином, виникла проблема розширення засад геометричного моделювання відбитого сонячного випромінювання стосовно використання його для інсоляції територій і приміщень.

**Аналіз останніх досліджень.** В рамках поставленої проблеми в якості відбиваючих поверхонь з урахуванням можливостей застосування скла в будівництві слід розглядати площини переважно вертикальні, а також похилі. З них можуть бути утворені призматичні пірамідальні та багатогранні поверхні. Рідше застосовуються гнуте скло, з якого можна утворити вертикальні чи похилі циліндричні поверхні. З поверхонь раціонально використовувати увігнуті, які забезпечать концентрування відбитих променів. Опуклі поверхні розсіюють відбиті промені в більшій мірі ніж площини. [2]

З багатьох джерел, присвячених моделюванню конгруенцій і поверхонь відбитих променів, питанням концентрації відбитих потоків, слід виділити в першу чергу роботи, пов'язані з відбиттям сонячних променів від площин [3], тому що найбільш поширене в архітектурі плоскі дзеркальні застклення.

**Постановка завдання статті.** Розглянути залежності від широти місцевості параметрів напрямного добового конуса сонячних променів а також побудову симетричних йому відносно нормалей площин відбиття напрямних добових конусів відбитих променів. Проаналізувати можливості концентрації відбитих променів при зміні площин відбиття. Навести приклад геометричного аналізу вирішення конкретної задачі з використання дзеркального застклення для відбитої інсоляції з урахуванням сонячної геометрії.

**Основна частина.** В статті [3] показано, що при відбитті від данної площини напрямному добовому конусу сонячних променів відповідає

напрямний добовий конус відбитих променів, який знаходиться по відношенню до першого в осьовій симетрії відносно нормалі до площини відбиття або в дзеркальній симетрії відносно цієї площини. При цьому на сонячній карті можна отримати уявну траєкторію Сонця для будь-яких днів року для використання при побудові відбитих променів аналогічно побудовам прямих сонячних променів.

Площина відбиття для відбитих променів являється умовно площиною горизонту і дає уявну лінію горизонту на сонячній карті, яка визначає уявну денну частину на добовому конусі відбитих променів.

У формуванні відбитого потоку променів беруть участь денні частини обох конусів. Це означає що тільки при горизонтальній площині відбиття всі падаючі промені від напрямку на схід Сонця до напрямку на його захід переходять у відбиті, тому що обидві денні частини симетричні відносно вертикальної осі.

При південній орієнтації вертикальної відбивальної площини азимуту падаючих променів знаходяться між  $90^\circ$  і  $135^\circ$ .

Для отримання параметрів напрямних добових конусів відбитих променів на основі симетрії і автоматизації розрахунків можна скористатись аналітичними залежностями, наведеними у статті [4]. На рис.1 дані також графічні побудови добових конусів сонячних променів для характерних днів року з урахуванням постійного кута  $\varphi$  нахилу осі Землі до площини орбіти та змінної величини  $\delta$  широти місцевості. Вказані в залежності від  $\delta$  максимальні значення  $H_{\max}^\circ$  висот сонцестояння опівдні 22.06, 22.03 і 21.09, 22.12. Для вертикальної відбивальної площини  $\omega$  важливо знати висоту сонцестояння  $H^\circ$  променів з азимутами  $90^\circ$  і  $135^\circ$ . На рисунку виконана побудова кута  $H^\circ$ . З урахуванням цих побудов виведена залежність:

$$\operatorname{tg} H^\circ = \frac{1}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 \delta - 1}} \quad (1)$$

При необхідності визначення  $H_{\max}^\circ$  та  $H^\circ$  променів у площині  $\omega$  або інших величин у будь-який день року потрібно визначити кут  $\alpha$  між твірною добового конуса та його віссю за залежністю [2]:

$$\cos \alpha = \cos \varphi \cdot \cos \gamma = 0,3979 \cos \gamma \quad (2)$$

де  $\gamma$  - кут повороту Землі по орбіті, відрахований від 22 червня.

Розподіл змінного сонячного освітлення визначається на основі побудови ліній ходу тіней і конвертів тіней. Такий підхід можна поширити на відбите сонячне світло і отримувати лінії ходу сліду відбитого променя (точки інсоляції) і конверту відбивної інсоляції (КВІ).

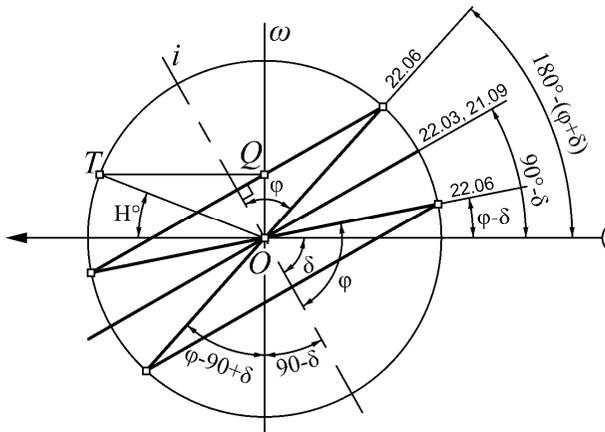


Рис.1

На рис.2 в проекції на вертикальну площину, паралельну осі Землі задана деяка точка А на вертикальній лінії і побудовані напрямні добові конуси  $\Phi$  і  $\Phi'$  прямих і відбитих променів в дні сонцестояння, а також площина променів в дні рівнодення при вертикальній відбивній площині  $\omega$  для деякої широти  $\delta$ . Конуси і площини симетричні відносно нормалі  $n_1$  до відбитої площини  $\omega$ , орієнтованої на південь.

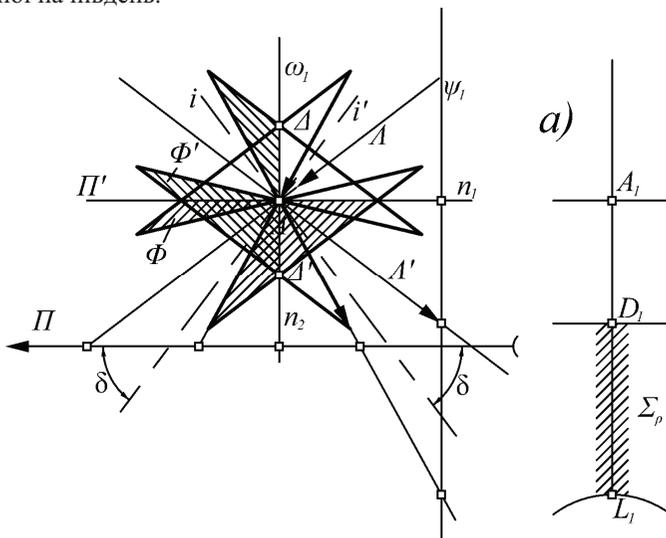


Рис.2

В нормах і задачах по інсоляції враховуються періоди року між рівноденням і літнім сонцестоянням. Тому розглядаються тільки напрямні

фігури літньої пори року. На рисунку в денних частинах конусів для дня літнього сонцестояння симетричними відносно нормалі  $n_{верт}$  є сектори  $\Delta$  і  $\Delta'$ , у дні рівнодення симетричними є літні сектори  $\Lambda$  і  $\Lambda'$ , що знаходяться перед південною стороною площини  $\omega$

Результати перетину  $\Delta'$  і  $\Lambda'$  з будь-якою площиною дають лінії  $l_s$  та  $d_s$  ходу точок інсоляції, на основі яких можна побудувати конверти інсоляції відбитими променями. На рис.2,а показано результат відбиття від вертикальної площини  $\omega_1$  і побудову ліній  $l_s$  та  $d_s$  на площині  $\psi_1$ , що інсолюється відбитими променями. Між лініями  $l_s$  і  $d_s$  розміщуються лінії інсоляції для всіх днів літнього півріччя утворюючи смугу  $\Sigma_s$  інсоляції. Ці лінії являються однією гілкою гіпербол.

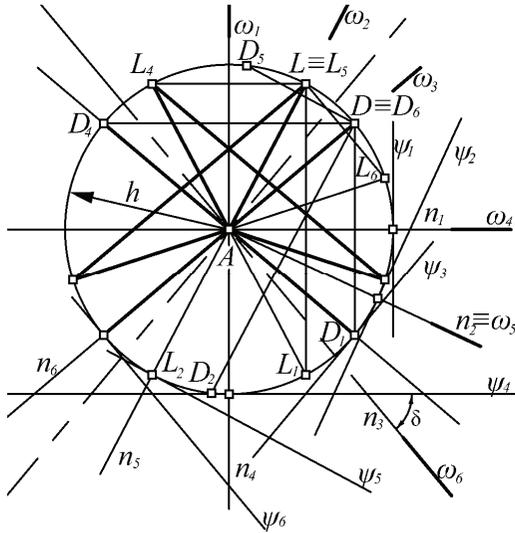


Рис.3

На рис. 3 для широти  $\delta$  задані проекції AL і AD полуденних променів добового конуса падаючих променів дня літнього сонцестояння та площини рівнодення, а також відбивні площини  $\omega_1$ - $\omega_6$  та нормалі  $n_1$ - $n_6$  до них. Серед площин вертикальна  $\omega_1$  та горизонтальна  $\omega_4$ , площини  $\omega_2$  та  $\omega_3$ , які проходять через AL та AD, площини  $\omega_5$  та  $\omega_6$ , перпендикулярні цим прямим. Для кожної з площин отримані точки  $L_1$  та  $D_1$ ,  $L_2$  та  $D_2$ ,  $L_3$  та  $D_3$ , ...  $L_6$  та  $D_6$ , симетричні їх нормалям  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ ...  $n_6$ . Ці точки визначають твірні  $AL_1$ ,  $AL_2$ ,  $AL_3$  ...  $AL_6$  добових конусів відбитих променів в день літнього сонцестояння та відбиті промені  $AD_1$ ,  $AD_2$ ,  $AD_3$ ...  $AD_6$  в день рівнодення.

Для створення однакових умов опромінення відбитими променями площини  $\psi_1$ - $\psi_6$ , що інсолюються, обрані паралельними відповідно площинам  $\omega_1$ - $\omega_6$ , та на однаковій віддалі  $h$  від точки А. Для кожної з площин  $\psi_1$ - $\psi_6$  отримані трійки точок  $A_1$ ,  $D_1$ ,  $L_1$  –  $A_6$ ,  $D_6$ ,  $L_6$ , які являються основами нормалей

та слідами відбитих променів в дні літнього сонцестояння та рівнодення. Ці точки визначають ширину смуг  $\Sigma_s$  інсоляції та її положення відносно основи нормалі. (див. рис. 2,а).

Побудови смуг інсоляції для площин  $\psi_1$ - $\psi_6$  виконуються як для  $\psi_1$  на рис. 2,а.

Порівняння смуг інсоляції для  $\psi_1$ - $\psi_6$  (на рис.3 не показані) дає наступні висновки. На горизонтальній площині  $\psi_4$  відбувається більша концентрація відбитої енергії між на вертикальній площині  $\psi_1$ . Найбільша концентрація на площинах  $\psi_5$  і  $\psi_6$ , де в полудень знаходиться в zenіті уявна точка відбитих променів в день літнього сонцестояння або в день рівнодення. На площинах  $\psi_2$  і  $\psi_3$  одна з точок  $L_2$  або  $D_3$  знаходиться на нескінченності, смуга інсоляції розтягується, даючи найменшу концентрацію.

Реальні умови прямого і відбитого сонячного опромінення для заданої широти  $\delta$  дозволяють вести розрахунки в конкретних проектних ситуаціях.

Розглянемо приклад визначення розмірів, які забезпечують повне використання відбитого сонячного світла в літню половину року, при південному фасаді одного будинку з дзеркальним застеленням і північному фасаді будинку, що інсолюється. Нехай висота сонцестояння опівдні в день рівнодення дорівнює  $H_1^\circ$ , в дні літнього сонцестояння  $H_2^\circ$ , віддаль між будинками рівна  $l$  (рис.4).

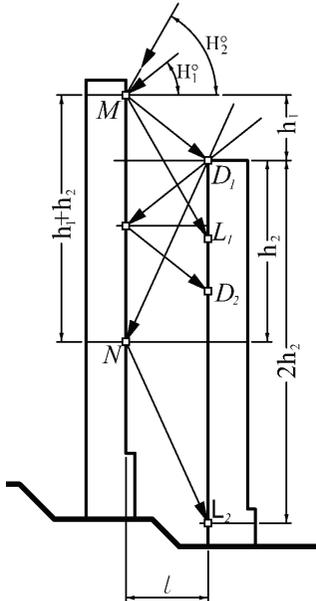


Рис.4

Для того, щоб в рівнодення почалось опромінення, верхня точка М застелення повинна бути вище від точки  $D_1$  опромінення на величину  $h_1 = l \cdot \text{tg } H_1^\circ$ .

Промінь в день літнього сонцестояння, що проходить через точку  $D_1$ , дасть нижчу точку  $N$  засклення на віддалі від  $D_1$  по висоті рівну  $h_2 = l \cdot \operatorname{tg} H_2^\circ$ . Звідси висота засклення  $MN = l \cdot (\operatorname{tg} H_1^\circ + \operatorname{tg} H_2^\circ)$ , а висота опромінення  $D_1L_2 = 2 \cdot l \cdot \operatorname{tg} H_2^\circ$ . При цьому смуга інсоляції променями, що проходять через верх засклення обмежується горизонтальною прямою, що проходить через  $D_1$ , та гіперболою, що проходить через  $L_1$ . Смуга інсоляції променями, що проходять через верхне горизонтальне ребро фасаду, що інсолюється, обмежується горизонтальною прямою, яка проходить через  $D_2$  та гіперболою, що проходить через  $L_2$ .

Для  $\delta = 50^\circ$  при  $l = 30$  м  $h_1 = 25,17$  м,  $h_2 = 60,17$  м. При більших значеннях  $l$  або зменшенні висотних показників відбиті потоки використовуються неповно.

**Висновки.** Відбите дзеркальним склінням світло можна використовувати для додаткової інсоляції територій та приміщень будівель, але обов'язково виконувати розрахунки на основі реальних умов, що визначаються змінною сонячною геометрією.

### Література

1. *Витвицкая Е. В.* Зеркальные остекления фасадов зданий для обеспечения инсоляции в застройке. //Технічна естетика дизайн. К.: 2011. Вип.9.-с.45-50

2. *Підгорний О. Л., Щенетова І. М., Сергейчук О. В., Зайцев О. М., Процюк В. П.,* Світлопрозорі огороження будинків. Навчальний посібник. К.: Видавець Домашевська О.А. 2005.-282с.

3. *Підгорний О. Л.* Добовий конус відбитих сонячних променів. // Прикл. геом. та інж. графіка –К.: 2004. Вип.74.-С.9-13.

4. *Подгорный А. Л.* К вопросу автоматизации инсоляционных расчётов. // Прикл. геом. и инж. графика.-К.: 1981 Вип.31.-С.12-15

### ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАЖЁННОЙ ИНСОЛЯЦИИ В АРХИТЕКТУРЕ

*А. Л. Подгорный*

На основе ранее предложенных моделей в виде направляющих суточных конусов прямых и отражённых солнечных лучей, изменяемых в течение года, выполнен геометрический анализ возможностей использования в летнюю половину года отражённой от зеркального остекления инсоляции.

### GEOMETRIC ANALYSIS OF USAGE POSSIBILITY OF REFLECTED INSOLATION IN ARCHITECTURE

*A. L. Podgornyi*

Based on previously proposed models (directing cones of direct and reflected Sun rays, changing during the year) geometric analysis of possibility of usage of insolation reflected from mirrored glassing during summer half of year was made.

## **ВИМОГИ ДО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ЯКОСТІ ПОВІТРЯ ПРИ ФОРМУВАННІ ВНУТРІШНЬОГО МІКРОКЛІМАТУ СПОРУД**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*Розглянуто особливості застосування сучасних енергозберігаючих технологій в складових систем кондиціонування мікроклімату при дотримуванні вимог до якості повітря. Ефективність даних технологій необхідно визначати порівнюючи системи, які забезпечують однаковий рівень комфорту. Для того, щоб реалізувати на практиці вимоги, які є в Європейській Директиві по енергетичній ефективності споруд (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) 2002/9/EC) необхідно в Україні створити аналогічні стандарти, в яких повинні бути зафіксовані також показники мікроклімату.*

Вимоги до мікроклімату приміщень і закономірності його зміни в часі є основою вибору систем формування внутрішнього мікроклімату, підбору обладнання, вибору потужності систем, застосування енергоекономічних технологій одержування теплоти, холоду, обробки припливного повітря до необхідних кондицій і повітророзподілення, режимів роботи, регулювання і управління.

Ефективність застосування новітніх технологій найбільш вагомо виявляється в таких складових систем кондиціонування мікроклімату, як науково обґрунтовані вимоги до якості повітря в перемінному режимі роботи систем, аеродинаміка приміщень і конструктивні елементи систем повітророзподілення, тепломасообміні процеси і схемні рішення обробки повітря, джерела теплоти і холоду з застосуванням нетрадиційних технологій, конструктивні елементи припливно-витяжного обладнання.

Розглядаючи перспективи впровадження енергозберігаючих заходів при створенні внутрішніх мікрокліматичних умов бажано враховувати слідуєчі дуже прості тези:

1. Системи формування внутрішнього мікроклімату повинні, перш за все, забезпечити комфортні умови життєдіяльності людей і оптимальне ведення технологічних процесів, а вже, по-друге, сприяти виконанню задач зниження енерговитрат на експлуатацію споруд.

2. Вимоги до якості повітря необхідно сприймати так, як, наприклад, і до продуктів харчування або води. Тобто більш якісний продукт (повітря) відповідно повинен коштувати дорожче і потребує більших витрат на його виготовлення.

3. Вимоги до якості повітря і до енергозбереження завжди будуть знаходитись в протиріччі, тобто не можна приймати енергоекономічні заходи на шкоду здоров'ю людей, комфорту і технологічним умовам.

4. Ефективність енергозберігаючих технологій необхідно визначати порівнюючи системи, які забезпечують однаковий рівень комфорту із врахуванням також екологічних аспектів.

5. Процеси формування внутрішнього мікроклімату – це як дипломатія, тобто «мистецтво можливого» і повинні розглядатися на рівні «розумної обмеженості», враховуючи архітектурні, інтер'єрні уяви і енергозберігаючі побажання.

Системи формування комфортного або технологічного мікроклімату достатньо затратна стаття загального бюджету, як при будівництві, так і експлуатації споруд різного призначення. Так для виробничих споруд на системи кондиціонування повітря (СКП) припадає 15...20% капітальних вкладень (а для деяких спецтехнологій і до 40%). А в загальному енергетичному балансі витрати на СКП складають більш ніж 30% від витрат на енергозабезпечення споруд. Зважаючи на такі енерговитратні технології необхідно на державному рівні приділити увагу підтримці розробок по раціональному і економічному використанню енергоресурсів в СКП.

Енергоефективні і нерозривно з ними зв'язані екологічно ефективні технології, які безумовно впроваджуються при створенні внутрішніх мікрокліматичних умов, необхідно розглядати на всіх етапах будівництва або реконструкції споруд. Це, по-перше, при прогнозуванні передбачаємих витрат та ризиків роботи інженерного обладнання на передпроектних і проектних стадіях (внутрішні параметри повітряного середовища, алгоритм добових та по періодам року режимів роботи систем, концептуальні рішення, вибір навантажень і таке інше.), по-друге, при будівельно-монтажних роботах (проблеми якості монтажу, професіоналізм організації і людей, корегування рішень по місцевим умовам і таке інше.), по-третє, при експлуатації (періодичний енергоаудит, підтримання запланованих сервісів, гнучкість реагування на взаємодію внутрішніх і зовнішніх факторів, забезпечення динамічного мікроклімату, можливість реорганізації і реконструкції систем і обладнання при зміні технологічних умов і таке інше).

Одна з найбільш складних і актуальних проблем сучасного будівництва – забезпечення якості повітря. Якість повітря в приміщенні залежить від багатьох факторів: якість зовнішнього повітря, наявність в приміщенні джерел забруднення, систем і конструкцій повітророзподілення, способів і конструкцій систем вентиляції і кондиціонування повітря, способів управління і надійність експлуатації цих систем і таке інше.

В умовах значного збільшення теплозахисту споруд і герметизації віконних прорізів особливо важливим є встановлення оптимального повітрообміну по зовнішньому повітрю, як по умовам комфортного мікроклімату, так і по вимогам енергозбереження. Найбільш енерговитратною складовою процесів підтримання якості повітря є очистка і тепловолога обробка зовнішнього повітря, кількість якого приймається згідно існуючих норм і в різних державах по різному.

В цьому напрямку в світі проводяться широкомасштабні дослідження. Значних успіхів в розробці вимог до якості внутрішнього повітря досягли

США, Данія, Фінляндія, Німеччина. Одним з найкращих стандартів є ASHRAE 62-1-2004 «Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality» (США), який постійно вдосконалюється по нормам повітрообміну з залученням провідних вчених світу. В цьому відношенні наші нормативи не тільки суттєво відрізняються від закордонних, але ніколи не переглядалися із врахуванням світового досвіду.

В американському стандарті ASHRAE-62-1-2004 норма повітрообміну визначається підсумовуванням кількості зовнішнього повітря безпосередньо для дихання і для розбавлення шкідливостей, які виділяються в приміщенні, враховуючи площу на одну людину. Тобто приймаються, наприклад, для офісних приміщень  $9 \text{ м}^3/\text{год.}$  на людину плюс  $1,08 \text{ м}^3/\text{год.}$  на  $1 \text{ м}^2$  площі при нормі площі  $14 \text{ м}^2/\text{людину}$ . Тобто  $9+1,08 \cdot 14=24 \text{ м}^3/\text{год.}$  на людину або  $24/14=1,7 \text{ м}^3/\text{год.}$  на  $1 \text{ м}^2$  площі.

Така тенденція до зниження розрахункового повітрообміну спостерігається в світі для більшості громадських споруд.

На цьому фоні доволі дивними виглядають наші нормативи, завищені по повітрообміну і, відповідно, по енерговитратам (наприклад, для офісів в 2 рази). Що це наша «національна особливість» в забезпеченні людини свіжим повітрям в значно більшій кількості або невміння вірно організувати подачу цього повітря в зону дихання? Думаю, що відповідь лежить на поверхні. Наші стандарти передбачають змішану схему організації повітрообміну без врахування можливості збільшити ефективність вентиляції при надходженні повітря безпосередньо в зону дихання (наприклад, створення повітряних оазисів на робочих місцях) або подачі повітря по схемі «знизу-угору» (так звана «витискуюча» вентиляція) і інші модифікації.

З нашої точки зору потрібну інтенсивність повітрообміну в громадських спорудах треба визначати в, першу чергу, використовуючи вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ , як показник якості повітря і індикатор. Крім того, треба враховувати і такий показник теплового комфорту, як температура приміщення (комплексний параметр по температурі повітря в робочій зоні ( $t_{w.z}$ ) радіаційній температурі ( $t_R$ ), швидкості повітря ( $v_{w.z}$ ) і відносної вологості ( $\phi_{w.z}$ ). Найбільш ефективним рішенням буде встановлення в приміщенні паралельно працюючих датчиків  $\text{CO}_2$  (або на інші летючі суміші для пром. споруд),  $t_{w.z}$ ,  $\phi_{w.z}$ . Це відповідно потребує роботу вентиляційних систем в перемінному режимі з зміною кількості зовнішнього повітря або загального повітрообміну. Тобто датчик  $\text{CO}_2$  задає кількість зовнішнього повітря, а датчики  $t_{w.z}$  і  $\phi_{w.z}$ , передають на контролер дані для підтримання заданих умов теплового комфорту залишаючи, при необхідності, незмінним загальний повітрообмін або змінюючи параметри припливного повітря. Такий метод управління СКП по «розумній достатності» враховує фактичний по часі стан внутрішнього повітря і забезпечує режим динамічного мікроклімату.

В цьому і полягає одна з енергозберігаючих стратегій, яка передбачає значну економію споживання теплової і електричної енергії в порівнянні з постійною витратою зовнішнього повітря не порушуючи умов теплового комфорту.

Рекомендується розробити український Стандарт «Житлові та громадські

будівлі. Норми повітрообміну», які б враховували всі вищезгадані особливості повітряного режиму приміщень, а також світовий досвід.

Величезний резерв в енергоспоживанні закладений в конструктивних особливостях установок кондиціонування повітря. Тому над вдосконаленням конструктивних елементів і умов обробки повітря працюють багато наукових шкіл, а також вітчизняних фахівців. Це, перш за все, інтенсифікація і управління процесами в тепломасообмінних блоках, застосування заощаджуючих електроенергію промислових вентиляторів на базі електронно-комутуючого двигуна постійного току з вбудованою електронікою, обов'язкове встановлення утилізаторів теплоти видаляемого повітря різних конструкцій ( з коефіцієнтом використання теплоти до 80...90%), можливістю автоматичного вибору економічної роботи кондиціонерів з перемінною витратою повітря і режимів від рециркуляційного до прямооточного і таке інше.

По кліматичним умовам практично на 80% території України є можливість широкого використання природного охолодження води і повітря для СКП.

Застосування систем випарного охолодження при існуючих темпах будівництва дозволяє знизити енергоспоживання на СКП в Україні до 10%. Крім відомих і більш поширених систем прямого, непрямого, двохступеневого випарного охолодження необхідно приділити увагу розробкам модифікованих систем на основі багатоступеневого випарного охолодження (з оптимальним наближенням параметрів припливного повітря до температури точки роси зовнішнього повітря  $t_p$ ), а також комбінованим системам штучного і випарного охолодження.

Одним з джерел холоду СКП може бути природне або штучне утворення льодового масиву. Природним шляхом лід утворюється намерзанням води з використанням інтенсивних технологій при від'ємних температурах зовнішнього повітря, штучним шляхом – з використанням холодильних машин, які працюють в економічному температурному і тарифному нічному режимі.

Природне намерзання масиву льоду і його зберігання до початку роботи СКП може бути реалізовано по кліматичним умовам на території України. Практичні проробки підтверджують можливу висоту намерзання за добу 0,5 см на кожний градус від'ємних температур.

Технологія штучного намерзання льоду переносить навантаження енергоспоживання на години мінімальних навантажень, що скорочує потребу в електроенергії на кондиціонування і забезпечує загальне зниження споживання енергії. В цій системі стандартна холодильна машина утворює лід в нічний час при мінімальних навантаженнях електроенергії для споруд і по більш низькому тарифу. Лід формується і зберігається в модульних ізольованих поліетиленових баках, в яких знаходиться спіральний теплообмінник з пластикових трубок, занурений у воду. Вночі водо-гліколева суміш (25%) охолоджується в холодильній машині і циркулює через теплообмінник, відбираючи тепло від води до повного її замерзання.

З метою значної економії електроенергії необхідно широко використовувати так званий ефект «вільного» охолодження, як в кондиціонерах, так і в холодильному устаткуванні, тобто холод зовнішнього повітря (наприклад, при температурі нижче  $+18^{\circ}$ ) може бути використаний для економного охолодження приміщень або холодоносія. Завдяки застосуванню ефекту «вільного» охолодження річне споживання електроенергії в системах кондиціонування повітря в період їх експлуатації може бути знижено більш ніж на 65% в залежності від метеорологічних умов району.

В розвинутих державах на споруди витрачається до 40% споживання первинної енергії і значну її частину (10...40%) можна зекономити за рахунок вдосконалення методів експлуатації (з них більш 30% припадає на системи формування мікроклімату). Дослідження вказують, що через стіни споруди втрачається до 40% теплоти, через вікна 18%, покрівлю-18%, підлогу-14%, інші системи -10%.

Тому зменшити до мінімуму тепловтрати і, відповідно, потужності систем теплопостачання в холодний період та теплонадходження і, відповідно, потужності систем холодопостачання в теплий період можливо тільки при комплексному підході до утеплення будівельних конструкцій і інженерних комунікацій. Завдяки цьому можливо на 80% скоротити енергетичні витрат.

Спектр проблем і напрямків по енергозберігаючим технологіям при формуванні внутрішнього мікроклімату значно ширший, ніж розглядається в даній роботі.

На завершення слід зазначити, що 04.01.2003р. прийнята Європейська Директива по енергетичній ефективності споруд (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) 2002/9/EC. Крім того, в жовтні 2006р. прийнятий план дій ЕС (Action Plan EC) по енергетичній ефективності, який встановлює збільшення енергетичної ефективності в будівельній галузі, як пріоритетний напрямок.

Перш за все для того, щоб реалізувати на практиці вимоги, які є в Директиві EPBD, необхідно в Україні створити свої стандарти. Одним із головних документів повинен бути стандарт по розрахунку енергетичної ефективності споруд, в якому зафіксовані показники мікроклімату (температура і відносна вологість в приміщенні, норми повітрообміну, концентрації  $\text{CO}_2$ ). Стандарт може отримати назву «Вихідні параметри мікроклімату приміщень для проектування і оцінки енергетичної ефективності споруд по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення, акустики». Головними тезами в стандарті повинні бути, по-перше, те, що енергозберігаючі заходи не повинні виконуватись на шкоду комфорту і здоров'ю людей і, по-друге, крім принципів енергетичної сертифікації споруд і фактичної величини енергоспоживання повинні бути рекомендовано вказувати розрахункові параметри і показники рівня кліматичного комфорту.

## **ТРЕБОВАНИЯ К ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ И КАЧЕСТВУ ВОЗДУХА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МИКРОКЛИМАТА СООРУЖЕНИЙ**

***В.П. Корбут***

Рассмотрены возможности использования современных технологий в составляющих элементах систем кондиционирования микроклимата при соблюдении требований к качеству воздуха. Эффективность данных технологий необходимо определять при сравнении систем, которые обеспечивают одинаковый уровень комфорта. Для того, чтобы реализовать на практике требования, которые есть в Европейской Директиве по энергетической эффективности сооружений (Energy, Performance of Buildings Directive, EPBD) 2002/9/EC, необходимо в Украине создать аналогичный стандарт, в котором должны быть зафиксированы также показатели микроклимата.

## **REQUIREMENTS FOR ENERGY EFFICIENCY TECHNOLOGIES AND AIR QUALITY IN THE FORMATION OF A MICROCLIMATE FACILITIES**

***V.P.Korbut***

The possibilities of using modern technologies in constituent elements of microclimate cooling systems in compliance with the requirements for air quality. The effectiveness of these technologies should be determined by comparing systems that provide the same level of comfort. In order to implement the requirements that are in the European Directive on energy efficiency constructions (Energy, Performance of Buildings Directive, and EPBD) 2002/9/ES need in Ukraine to create a similar standard that should be recorded as indicators of microclimate.

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ – ОТ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК ДО ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ

*Наружные стеновые трехслойные панели жилых домов серии КТ(111-161) представляют собой сложную трехмерную пространственную конструкцию, имеющую, с теплофизической точки зрения, участки одномерного процесса теплопередачи «поле панели», и участки двух- и трехмерной теплопередачи «мостики холода», которыми являются ребра жесткости по периметру панели, оконные откосы, стыки панелей и др. Теплотехнический расчет панелей проводился аналитическим методом конечных интегральных преобразований с учетом фактора формы. При этом метод конечных интегральных преобразований для однослойных сред был развит для случая трехслойных стеновых панелей применительно к стационарным и нестационарным тепловым режимам.*

Алгоритм решения контактных задач теплопроводности продемонстрирован на примере двухслойной стены (рис. 2) путем разбивки ее на 2 однослойные с использованием условия непрерывности удельного теплового потока в месте контакта (1). Используя второе условие неидеального теплового контакта (2), выраженное через контактное сопротивление и разницу температур контактных поверхностей, получено для искомого теплового потока  $\Psi(t)$  интегральное уравнение Вольтера II-го рода (3) типа свертки с разностным  $(t - \tau)$  ядром  $K(t - \tau)$ , решение которого известно.

Аналогичное сведение задачи теплопередачи через трехслойную наружную стену к трем однослойным представлено на рис. 3. Здесь искомые тепловые потоки  $y_1(t)$  и  $y_2(t)$  в 2-х местах контакта трехслойных стен определены из векторного двумерного интегрального уравнения Вольтера II-го рода типа свертки (4), где  $K^*(t - \tau)$  - двумерное ядро-матрица имеет особенность в конечный момент времени  $\tau = t$  превращаться в  $\infty$ . Для устранения этой особенности разработан численный метод решения, алгоритм которого заключается в замене полученных интегралов конечными суммами по специальным квадратурным формулам Ньютона-Котеса с весовой экспоненциальной функцией, обеспечивающей высокую сходимость рядов, которые входят в состав ядер.

Учет наличия в трехслойных панелях таких элементов как ребра жесткости, оконные откосы, стыки проводится путем решения двумерных и

одномерных задач теплопроводности с учетом фактора формы. Величина фактора формы показывает, во сколько раз больше теплопотери через указанный элемент, чем через поле панели.

**Постановка двухслойной задачи**

$$\frac{\partial t_k}{\partial \tau} = a_k \frac{\partial^2 t_k}{\partial x^2}; k=1,2;$$

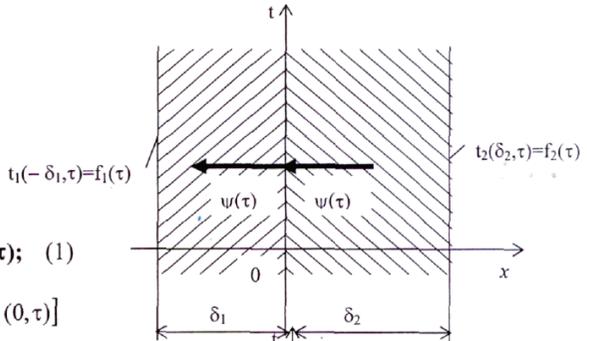
$$t_k(x,0) = F_k(x);$$

$$t_1(-\delta_1, \tau) = f_1(\tau);$$

$$t_2(\delta_2, \tau) = f_2(\tau);$$

$$\lambda_1 \frac{\partial t_1(0, \tau)}{\partial x} = \lambda_2 \frac{\partial t_2(0, \tau)}{\partial x} = \psi(\tau); \quad (1)$$

$$\lambda_1 \frac{\partial t_1(0, \tau)}{\partial x} = \frac{1}{R} [t_2(0, \tau) - t_1(0, \tau)]$$



**Разбивка на две задачи:**

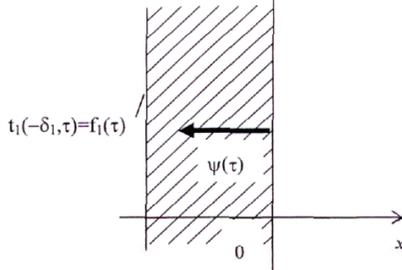
I-я задача

$$\frac{\partial t_1}{\partial \tau} = a_1 \frac{\partial^2 t_1}{\partial x^2};$$

$$t_1(x,0) = F_1(x);$$

$$t_1(-\delta_1, \tau) = f_1(\tau);$$

$$\lambda_1 \frac{\partial t_1(0, \tau)}{\partial x} = \psi(\tau).$$



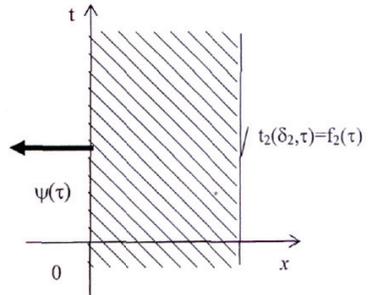
II-я задача

$$\frac{\partial t_2}{\partial \tau} = a_2 \frac{\partial^2 t_2}{\partial x^2};$$

$$t_2(x,0) = F_2(x);$$

$$\lambda_2 \frac{\partial t_2(0, \tau)}{\partial x} = \psi(\tau);$$

$$t_2(\delta_2, \tau) = f_2(\tau)$$



**Определение теплового потока**

$$\psi(\tau) = \frac{1}{R} [t_2(0, \tau) - t_1(0, \tau)] \quad (2)$$

$$\psi(\tau) = G(\tau) + \int_0^{\tau} K(\tau - \omega) \psi(\omega) d\omega \quad (3)$$

Рис. 1. Принцип решения контактных линейных задач теплопроводности.

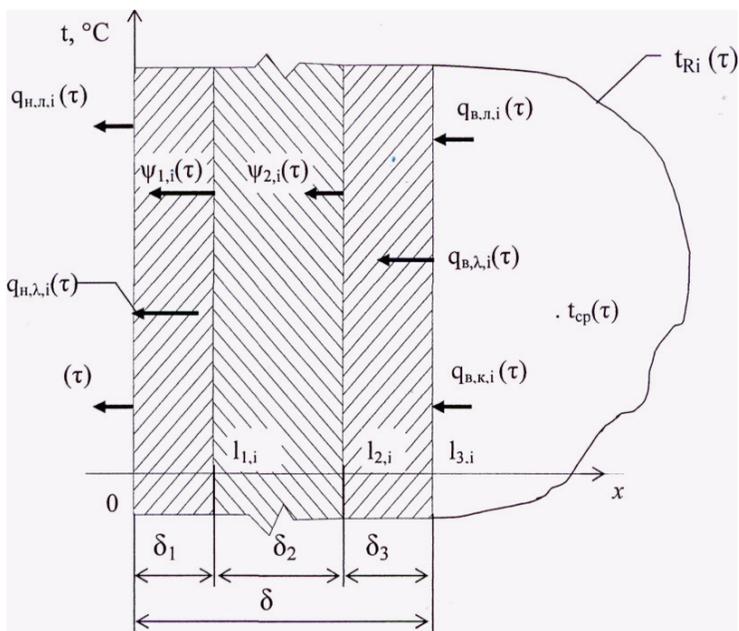


Рис.2. Расчетная схема теплопередачи через трехслойную наружную стену помещения при граничных условиях III-го рода.

Теплотехнический расчет трехслойных панелей аналитическим методом с учетом фактора формы сравнивался с численными расчетами методом сеток, проведенными в отделе малой энергетики ИТТФ НАН Украины под руководством член-кор. НАН Украины, д.т.н., проф., заслуженного деятеля науки и техники Украины Фиалко Н.М. [2...4]. Его большой опыт по применению численного метода сеток при решении трехмерных задач теплопередачи через конструкции позволил учесть сложность конфигурации областей в трехслойных панелях как в стационарных, так и нестационарных условиях эксплуатации. Сотрудничество КиевЗНИИЭП и ИТТФ НАН Украины на протяжении многих лет позволило сочетать аналитические и численные методы теплотехнического расчета наружных трехслойных стеновых панелей жилых домов серии КТ.

Как известно, учет температурной зависимости теплофизических характеристик материала стен (коэффициента теплопроводности  $\lambda$  и удельной теплоемкости  $c$ ) приводит к необходимости решения нелинейных задач. Метод решения нелинейных задач нестационарной теплопередачи через наружные ограждающие конструкции зданий нами опубликован в монографии [5] и в других работах.

### Исходное условие разбивки трехслойной задачи

$$\lambda_{k,i} \frac{\partial t_{k,i}(l_{k,i}, \tau)}{\partial x} = \lambda_{(k+1),i} \frac{\partial t_{(k+1),i}(l_{k,i}, \tau)}{\partial x} = \psi_{k,i}(\tau);$$

а) 1-я задача

$$\frac{\partial t_{1,i}(x, \tau)}{\partial \tau} = a_{1,i} \frac{\partial^2 t_{1,i}(x, \tau)}{\partial x^2}; \quad \tau > 0; \quad 0 < x < l_{1,i};$$

$$t_{1,i}(x, 0) = M_{1,i}x + M_{4,i};$$

$$\begin{cases} -\frac{\partial t_{1,i}(0, \tau)}{\partial x} + h_{n,1,i} t_{1,i}(0, \tau) = h_{n,1,i} t_H(\tau); \\ \lambda_{1,i} \frac{\partial t_{1,i}(l_{1,i}, \tau)}{\partial x} = \psi_{1,i}(\tau) \end{cases}$$

б) 2-я задача

$$\frac{\partial t_{2,i}(x, \tau)}{\partial \tau} = a_{2,i} \frac{\partial^2 t_{2,i}(x, \tau)}{\partial x^2}; \quad \tau > 0; \quad l_{1,i} < x < l_{2,i};$$

$$t_{2,i}(x, 0) = M_{2,i}x + M_{5,i};$$

$$\begin{cases} \lambda_{2,i} \frac{\partial t_{2,i}(l_{1,i}, \tau)}{\partial x} = \psi_{1,i}(\tau); \\ \lambda_{2,i} \frac{\partial t_{2,i}(l_{2,i}, \tau)}{\partial x} = \psi_{2,i}(\tau); \end{cases}$$

в) 3-я задача

$$\frac{\partial t_{3,i}(x, \tau)}{\partial \tau} = a_{3,i} \frac{\partial^2 t_{3,i}(x, \tau)}{\partial x^2}; \quad \tau > 0; \quad l_{2,i} < x < l_{3,i};$$

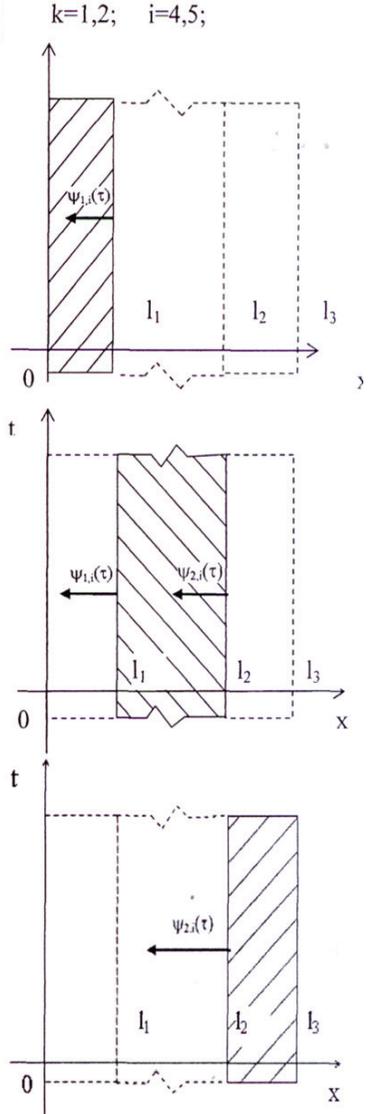
$$t_{3,i}(x, 0) = M_{3,i}x + M_{6,i};$$

$$\begin{cases} \lambda_{3,i} \frac{\partial t_{3,i}(l_{2,i}, \tau)}{\partial x} = \psi_{2,i}(\tau); \\ \frac{\partial t_{3,i}(l_{3,i}, \tau)}{\partial x} + h_{B,3,i} t_{3,i}(l_{3,i}, \tau) = \\ = h_{B,K,3,i}(\tau) t_{cp}(\tau) + h_{B,L,3,i} t_{R,3,i}(\tau) \end{cases}$$

**Определение тепловых потоков**

$$\psi_{k,i}(\tau) = \frac{1}{R_{k,i}} [t_{(k+1),i}(l_{k,i}, \tau) - t_{k,i}(l_{k,i}, \tau)]$$

$$\psi_{k,i}(\tau) = G_{k,i}(\tau) + \int_0^\tau K_{k,i}(\tau - \omega) \psi_{k,i}(\omega) d\omega \quad (4)$$



### Исходное условие разбивки трехслойной задачи

$$\lambda_{k,i} \frac{\partial t_{k,i}(l_{k,i}, \tau)}{\partial x} = \lambda_{(k+1),i} \frac{\partial t_{(k+1),i}(l_{k,i}, \tau)}{\partial x} = \psi_{k,i}(\tau);$$

а) 1-я задача

$$\frac{\partial t_{1,i}(x, \tau)}{\partial \tau} = a_{1,i} \frac{\partial^2 t_{1,i}(x, \tau)}{\partial x^2}; \quad \tau > 0; \quad 0 < x < l_{1,i};$$

$$t_{1,i}(x, 0) = M_{1,i}x + M_{4,i};$$

$$\begin{cases} -\frac{\partial t_{1,i}(0, \tau)}{\partial x} + h_{n,1,i} t_{1,i}(0, \tau) = h_{n,1,i} t_n(\tau); \\ \lambda_{1,i} \frac{\partial t_{1,i}(l_{1,i}, \tau)}{\partial x} = \psi_{1,i}(\tau) \end{cases}$$

б) 2-я задача

$$\frac{\partial t_{2,i}(x, \tau)}{\partial \tau} = a_{2,i} \frac{\partial^2 t_{2,i}(x, \tau)}{\partial x^2}; \quad \tau > 0; \quad l_{1,i} < x < l_{2,i};$$

$$t_{2,i}(x, 0) = M_{2,i}x + M_{5,i};$$

$$\begin{cases} \lambda_{2,i} \frac{\partial t_{2,i}(l_{1,i}, \tau)}{\partial x} = \psi_{1,i}(\tau); \\ \lambda_{2,i} \frac{\partial t_{2,i}(l_{2,i}, \tau)}{\partial x} = \psi_{2,i}(\tau); \end{cases}$$

в) 3-я задача

$$\frac{\partial t_{3,i}(x, \tau)}{\partial \tau} = a_{3,i} \frac{\partial^2 t_{3,i}(x, \tau)}{\partial x^2}; \quad \tau > 0; \quad l_{2,i} < x < l_{3,i};$$

$$t_{3,i}(x, 0) = M_{3,i}x + M_{6,i};$$

$$\begin{cases} \lambda_{3,i} \frac{\partial t_{3,i}(l_{2,i}, \tau)}{\partial x} = \psi_{2,i}(\tau); \\ \frac{\partial t_{3,i}(l_{3,i}, \tau)}{\partial x} + h_{в,к,3,i} t_{3,i}(l_{3,i}, \tau) = \\ = h_{в,к,3,i}(\tau) t_{ср}(\tau) + h_{в,л,3,i} t_{R,3,i}(\tau) \end{cases}$$

#### Определение тепловых потоков

$$\psi_{k,i}(\tau) = \frac{1}{R_{k,i}} [t_{(k+1),i}(l_{k,i}, \tau) - t_{k,i}(l_{k,i}, \tau)];$$

$$\psi_{k,i}(\tau) = G_{k,i}(\tau) + \int_0^{\tau} K_{k,i}(\tau - \omega) \psi_{k,i}(\omega) d\omega \quad (4)$$

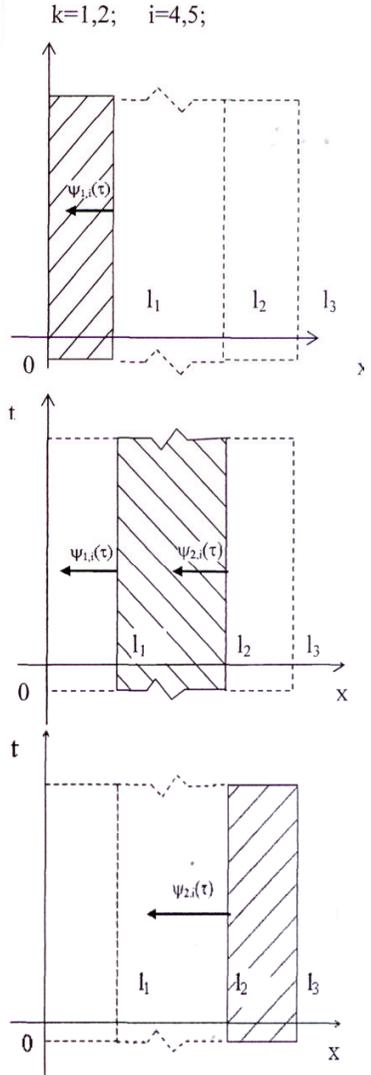


Рис. 3. Схема разбивки задачи теплопередачи через трехслойную стену на три задачи.

Новым этапом в повышении теплозащитных свойств наружных конструкций является использование энергосберегающего метода утепления – метода наружного утепления зданий. К преимуществам этого метода (по сравнению с внутренним утеплением) можно отнести:

1. Основная часть перепада температур внутри конструкции происходит в наружной изоляции (шуба одевается снаружи), а несущая часть конструкции находится в области положительных температур, что уменьшает вероятность появления температурно-влажностных деформаций, а, значит, увеличивает долговечность конструкции.

2. Положительная температура несущей конструкции способствует ее высыханию, особенно при наличии вентиляционной прослойки.

3. Увеличивается теплоустойчивость конструкции по отношению к изменениям температур – зимой в периоды резких похолоданий или при аварийном отключении отопления; летом – в периоды усиленной солнечной радиации. Это объясняется тем, что основной массивный слой конструкции, выполненный из оптимально усваиваемого материала – тяжелого бетона с коэффициентом теплоусвоения 0,101 м (по теории теплоустойчивости конструкций акад. Лыкова А.В.), который равен толщине слоя резких колебаний этого материала и который практически полностью аккумулирует тепло при прерывистом отоплении, а затем постепенно отдает тепло в помещение.

4. Снижаются перетоки тепла, в первую очередь, через стыки панелей, что важно для панельных зданий, и др.

Принципиально наружное утепление делится на два вида – утепление с наружной штукатуркой «мокрый фасад» и утепление с навесным вентилируемым фасадом. Последний является наиболее эффективным. Одним из его дополнительных важных преимуществ является то, что он работает по типу аэродинамической трубы и уносит влагу с утеплителя и со всей конструкции.

Внедрение вентилируемого фасада в Украине совпало с деятельностью Европейского Союза в области энергосбережения по специально разработанной программе Тазтз. В соответствии с этой программой в Украине были проведены анализ проектной документации строящихся жилых зданий-представителей и реконструкция построенных домов. Примером такой реконструкции является демонстрационный проект, который был осуществлен в период строительства 10-этажного жилого дома серии КТ по ул. Семиренко в г. Киеве, строительство которого осуществлял ДСК-3.

Эффективно велось сотрудничество с фирмами «Альцест», «Сканрок» и другими по материалам фасадных систем и способами крепления утеплителя и фасадного камня. В настоящее время на объектах Позняки ж/д 16, 16-А, 16-Б, Позняки ж/д 3,3-А внедрены вентилируемые фасады с утеплением  $\delta = 150$  мм, что позволило достичь сопротивления теплопередачи  $R=3,0$  м<sup>2</sup>К/Вт.

За последние 20 лет в Украине построено около 131 «теплых» жилых домов общей площадью 3 млн.м<sup>2</sup> и получен экономический эффект, благодаря энергосбережению, свыше 300 млн. грн.



Рис. 4. Жилые дома серии 111-161, построенные ДСК-3 в г. Киеве на массиве Позняки, 5-А мкрн.

## Література

1. Брусан А.А., Черных Л.Ф. Теплоэффективные наружные ограждающие конструкции зданий // Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель. – К.: КиевЗНИИЭП, 2003. С. 65-74.

2. Фиалко Н.М., Черных Л.Ф. Тепловое состояние трехслойных наружных стен помещения при напольном электротеплоаккумуляционном отоплении // Промышленная теплотехника. Прил. к журн., 2004, т. 26, №5 – С. 48-56.

3. Фиалко Н.М., Черных Л.Ф., Постоленко А.М. Влияние внутреннего каркаса здания на его тепловой режим // Оконные технологии, 2005, № 20-21 – С.44-47.

4. Фиалко Н.М., Черных Л.Ф. Энергоэффективное электротеплоаккумуляционное напольное отопление жилых и общественных зданий // Оконные технологии. – 2005. – № 22. – С. 50-56.

5. *Богословский В.Н., Ферт А.Р., Черных Л.Ф.* Экспериментальное подтверждение методики расчета наружных ограждающих конструкций. Теплоустойчивость наружных ограждающих конструкций зданий с учетом зависимости теплофизических характеристик от температуры // Вопросы повышения энергетической эффективности кондиционирования микроклимата. – М.: МИСИ им. В.В. Куйбышева, 1989. – С. 10-14.

6. *Черных Л.Ф.* Метод расчета нестационарной теплопередачи через наружные ограждающие конструкции с учетом зависимости их теплофизических характеристик от температуры: Дис. ... канд. тех. наук: 05.23.03. – М., 1984. – 134 с.

7. *Савенко В.І., Сухоросов І.М., Полосенко О.В., Тарасов В.О., Фіалко Н.М.* Енергозберігаючі технології в будівництві та система управління якістю «Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка». – 2009. – №1(31). – С. 96-99.

## **ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ – ВІД НАУКОВИХ РОЗРОБОК ДО ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ І ТЕХНОЛОГІЙ**

*В. Г. Прокопов, Н. М. Фіалко, Л. Ф. Черних, Л. Г. Ключ, І. М. Сухоросов,  
В. І. Савенко, Г. Г. Фаренюк*

В роботі наводяться результати багаторічних досліджень зовнішніх огороджуючих конструкцій житлових будинків з різними типами утеплення, методи розрахунків, результати лабораторних та натурних випробувань. Показано удосконалення теплоізоляційних якостей зовнішніх огороджуючих конструкцій «теплих» житлових будинків серії 111-161, збудованих ДБК-3 в м. Києві, які відповідають вимогам нині діючого ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкція будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель». Основні положення роботи широко впроваджено на об'єктах будівництва ВАТ «ДБК-3» АТ ХК Київміськбуд в житлових будинках.

## **THE ENERGY CONSERVATION IN CONSTRUCTIONS – FROM SCIENTIFIC IMPLEMENTATION TO THE ENERGY-EFFICIENT STRUCTURE AND TECHNOLOGYS**

*V. G. Prokopov, N. M. Fialko, L. F. Chernih, L. G. Klus, I. M. Suhorosov,  
V. I. Savenko, G. G. Farenuk*

In work results of long-term researches of external protecting designs of apartment houses with various types of warming, methods of calculations, results of laboratory and natural tests are resulted. It is shown the improvement of heat insulating qualities outward fenced constructions «warm» habitable buildings line 111-161, which were build «DBK-3» in Kyiv, which are conform to requirement of now acting ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкція будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель». Work substantive provisions are widely introduced on objects of building of OJSC «Hause building company №3» in apartment houses.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ИХ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ**

*Харьковская национальная академия городского хозяйства, Украина*

*Рассмотрены пути повышения эффективности зданий на основе их термомодернизации и дана количественная оценка мероприятий по энергосбережению*

**Постановка задач.** В Украине, как и в большинстве европейских стран, более 30% конечной энергии потребляется зданиями. Это крупнейший сектор национальной экономики с точки зрения энергопотребления. Существенные трудности реформирования сферы жилищно-коммунального хозяйства Украины в значительной мере связаны с низким уровнем энергоэффективности зданий.

**Состояние проблемы, цели и задачи исследований.** Согласно рейтингу «Ukrainian Energy Index – 2011» показатель энергоэффективности экономики Украины составляет 52% от уровня ЕС [1]. Повышение энергоэффективности до европейского уровня позволит сэкономить приблизительно 11,8 млрд. евро ежегодно. В сфере жилищно-коммунального хозяйства Харьковская область, например, имеет потенциал энергосбережения – 360 млн. евро. Следовательно, сфера ЖКХ остро нуждается в разработке и внедрении проектов направленных на повышение энергоэффективности существующих зданий.

Основным приоритетом в решении данной проблемы является термомодернизация зданий. Экономия энергоресурсов в результате термомодернизации в несколько раз превосходит экономию от усовершенствования средств генерации теплоты. При этом термомодернизация зданий приводит к снижению тепловых потерь в котельных и тепловых сетях, так как уменьшает необходимые объемы производимого и транспортируемого теплоносителя.

Украине предстоит выполнять директивы ЕС по энергоэффективности, в частности директиву №2010/31/ЕС по энергетической эффективности зданий и директиву №2006/32/ЕС об эффективности конечного использования энергии и энергетических услуг. Очевидно, что никакая модернизация средств генерации и транспортирования теплоты не может сравниться по эффективности с термомодернизацией у потребителя [2].

Центром энергоэффективных технологий ХНАГХ разработаны проекты по термомодернизации зданий отапливаемых за бюджетные средства – школ, детских и медицинских учреждений.

**Повышение энергоэффективности зданий.** Выполнению исследований предшествовал энергоаудит объекта с целью оценки эффективности использования топливно-энергетических ресурсов. На основании полученных

данных разработаны решения по повышению энергоэффективности. Проведение модернизации, включает мероприятия, указанные в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование мероприятия	Экономия энергии, %	Срок окупаемости, лет
Мероприятия по экономии тепловой энергии			
1	Утепление здания	25-30	5-8
2	Замена окон на энергоэффективные	8-10	5-8
3	Установка теплоотражающих экранов	2-4	1-2
4	Модернизация системы отопления	10-20	3-6
Мероприятия по экономии электроэнергии			
5	Реконструкция внутреннего освещения	5-6	1-3
6	Реконструкция наружного освещения		

Как следует из таблицы 1 энергоэффективность здания можно увеличить:

- на 10-20% – при реализации мероприятий со сроком окупаемости до лет;
- на 50% и более – при реализации мероприятий со сроком окупаемости до 8 лет;

Пример: термомодернизации здания детского сада



Рис.1.

Отапливаемая площадь здания – 2 670 м<sup>2</sup>.

Энергопотребление здания до термомодернизации – 400 000 кВтч/год.

Рассмотрены 2 варианта модернизации здания:

Таблица 2

## Вариант №1 (срок окупаемости 3 года)

№ п/п	Наименование мероприятий	Экономия энергии, %	Объем инвестиций, грн.
1	Установка теплоотражающих экранов	20	185 000
2	Частичная модернизация системы отопления		
3	Создание системы учета расхода энергии		
4	Реконструкция внутреннего освещения		
5	Модернизация системы отопления		
Энергопотребление здания – 320 000 кВтч/год			

Таблица 3

## Вариант №2 (срок окупаемости 7 лет)

№ п/п	Наименование мероприятий	Экономия энергии, %	Объем инвестиций, грн.
1	Установка теплоотражающих экранов	60	1 300 000
2	Глубокая модернизация системы отопления		
3	Создание системы учета расхода энергии		
4	Реконструкция внутреннего освещения		
5	Модернизация системы отопления		
6	Утепление здания		
7	Замена окон на энергоэффективные		
Энергопотребление здания – 160 000 кВтч/год			

Пример: термомодернизация здания школы



Рис.2.

Отапливаемая площадь здания – 6830 м<sup>2</sup>.

Энергопотребление здания до термомодернизации – 850 000 кВтч/год.

Рассмотрены 2 варианта модернизации здания:

Вариант №1 (срок окупаемости 3 года)

Результатами исследований установлено, что энергоэффективность зданий можно увеличить:

- на 10-20% – при реализации мероприятий со сроком окупаемости до 3 лет, которые включают: создание системы учета расхода энергии, установку теплоотражающих экранов; частичную модернизацию системы отопления; реконструкцию системы внутреннего освещения.
- на 50% и более – при реализации мероприятий со сроком окупаемости от 7–8 лет, которые включают, кроме вышеперечисленных: утепление здания, замену окон на энергоэффективные, глубокую модернизацию системы отопления.

Наиболее дорогостоящим мероприятием при термомодернизации здания является утепление ограждающих конструкций. Расчетный срок окупаемости данного мероприятия составляет от 7–8 лет при использовании теплоизоляционных материалов украинского производства, и от 12 лет – при использовании материалов импортного производства. Однако за счет утепления достигается и наибольший энергосберегающий эффект.

При этом утепление здания неизбежно сопровождается его капитальным ремонтом, что в свою очередь увеличивает срок эксплуатации здания, степень его комфортности. Следовательно, при расчете окупаемости необходимо учитывать и эти преимущества термомодернизации, что значительно увеличит экономическую привлекательность таких проект

## Литература

1. Рейтинг энергоефективності України. Режим доступа: <http://www.energy-index.com.ua>.

2. *Карп И.Н.*, Никитин Е.Е. Пути решения проблем коммунальной энергетики. Режим доступа: [http://esco-ecosys.narod.ru/2011\\_12/art104.pdf](http://esco-ecosys.narod.ru/2011_12/art104.pdf).

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ ЇХ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ

*В. Н. Бабасв, Ф. П. Говоров, Т. В. Рапіна, К. О. Рапіна*

Розглянуті шляхи підвищення енергоефективності будівель на основі їх термомодернізації та дана кількісна оцінка заходів

## INCREASE OF EFFICIENCY OF ENERGY OF BUILDING ON BASIS OF THEIR THERMAL MODERNIZATION

*V. N. Babasv, F. P. Govorov, T. V. Rapina, K. A. Rapina*

The ways of increase of efficiency of building are considered on the basis of their thermal modernization and quantitative estimation of measures on an energy-savings.

## ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры*

*Светопроемы являются наиболее уязвимыми элементами в теплоизоляционной оболочке зданий. При их теплотехническом проектировании необходимо комплексно учитывать вопросы инсоляции, солнцезащиты, естественного освещения, шумоизоляции. Эти вопросы во многом противоречивы. В статье анализируется нормативная база, которая относится к проектированию светопрозрачных конструкций и рассматриваются пути её усовершенствования.*

**Постановка проблемы.** Одной из наиболее сложных проблем проектирования энергоэффективных зданий является оптимизация конструктивных решений светопрозрачных конструкций. Эти конструкции имеют очень много различных функций, среди которых теплоизоляция не является основной. При этом нормативные показатели теплоизоляции окон в несколько раз ниже непрозрачных конструкций. Летний перегрев помещений также происходит, в основном, за счёт чрезмерной инсоляции. Следует учитывать и постоянное стремление архитекторов к стеклянной архитектуре. Часто это делается только с дизайнерских позиций без учёта климатических особенностей, в ущерб экономике и экологии. Избыточная площадь светопроемов приводит к значительным дополнительным потерям тепла зимой и (при определенных ориентациях) избыточным поступлениям солнечной радиации летом. В Украине нет единого нормативного документа по проектированию светопрозрачных конструкций, в связи с чем страдает энергоэффективность зданий.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В «Отраслевой программе повышения энергоэффективности в строительстве на 2010-2014 г.г.» [1] говорится: «Для существенного уменьшения расходов энергии, необходимой для поддержания нормативных требований к микроклимату помещений в связи с нерациональным проектированием светопрозрачных ограждений и систем солнцезащиты, нужно разработать единые государственные строительные нормы по проектированию светопрозрачных ограждений и ряд соответствующих национальных стандартов-указаний по расчету и проектированию естественного освещения, инсоляции, солнцезащитных устройств. Очень важным является вопрос пересмотра совместно с МОЗ действующих санитарных норм по инсоляции и естественному освещению помещений с точки зрения согласования требований санирующего и теплового действия солнечной радиации с требованиями энергоэффективности».

В [2] были проанализированы нормативные требования к проектированию светопрозрачных ограждающих конструкций с позиций биосферной совместимости поселений.

Анализ произведений мастеров архитектуры XX века с точки зрения эффективности использования светопрозрачных конструкций в зданиях был проведен в [3].

Много внимания вопросам повышения эффективности светопрозрачных конструкций уделяют ведущие фирмы-производители окон и стёкол [4,5].

В 2009-2011 г.г. в Украине были разработаны и приняты некоторые нормативные документы, связанные с проектированием светопрозрачных ограждающих конструкций: «Свод правил по проектированию светопрозрачных элементов ограждающих конструкций» [6] и «Указания по расчету инсоляции объектов гражданского назначения» [7]. В настоящее время находится в издательстве «Изменение № 2 к ДБН В.2.5-28-2006 «Естественное и искусственное освещение». Заканчивается работа по подготовке норм по защите от шума. Однако [6] не в полной мере отвечает своему названию с точки зрения энергоэффективности, а остальные документы решают лишь частные вопросы проектирования светопрозрачных конструкций.

В странах ЕС действует стандарт по расчёту теплотехнических свойств светопрозрачных конструкций [8], который учитывает ряд важных факторов, влияющих на теплоизоляционные свойства окон, но не является руководством по проектированию светопрозрачных конструкций. Кроме того, он не адаптирован к нормам Украины.

**Формулирование целей и заданий статьи.** Рассмотреть и проанализировать комплекс нормативных требований к проектированию светопрозрачных конструкций в их взаимосвязи и наметить первоочередные задачи по совершенствованию нормативной базы.

**Основная часть.** Последовательно рассмотрим основные функции окон<sup>1</sup> и проблемы, связанные с их выполнением.

*Теплоизоляция.* Во всех странах мира нормативные требования по теплоизоляции окон значительно ниже требований к глухим частям теплоизоляционной оболочки. Это и понятно, так как окно должно быть прозрачным, а значит, в нем нет возможности использовать эффективные теплоизоляционные материалы. Но повышение сопротивления теплопередачи окон – наиболее эффективный путь увеличения энергоэффективности зданий. Это видно из рис. 1: ввиду гиперболической зависимости между коэффициентом теплопередачи  $U$  и сопротивлением теплопередачи  $R$  незначительное увеличение нормативного сопротивления теплопередаче окна даст значительное уменьшение теплопотерь. В тоже время, значительное дальнейшее увеличение нормативных требований по сопротивлению теплопередаче стен мало повлияет на уменьшение теплопотерь зданий.

Повышение теплоизоляционных свойств окон (здесь не рассматриваются вакуумные стеклопакеты и стеклопакеты с заполнением аэрогелем) обеспечивается:

- 1) уменьшением конвекции в межстекольных прослойках стеклопакета;

---

<sup>1</sup> Здесь и далее под окнами будем понимать любой тип светопрозрачных ограждающих конструкций.

2) увеличением способности стёкол отражать тепловое излучение (уменьшением коэффициента излучения  $\epsilon$ ).

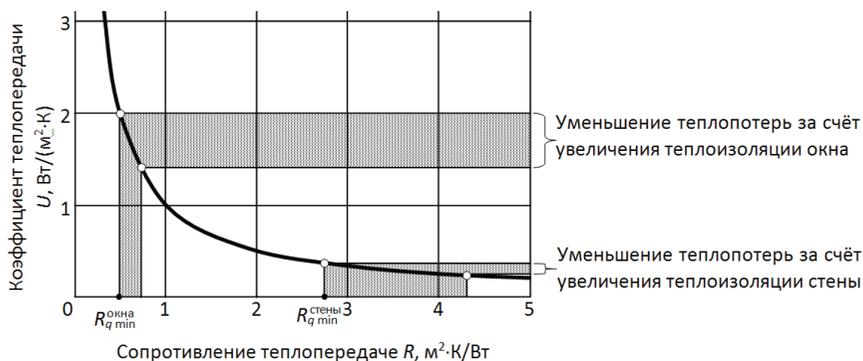


Рис. 1. Анализ эффективности увеличения теплоизоляции окон

Первый фактор реализуется за счёт:

1.1) уменьшения толщины прослоек с одновременным увеличением их количества;

1.2) заполнения межстекольного пространства более тяжёлыми инертными газами (аргон, криптон, гексафторит серы).

Способ 1.1 имеет следующие побочные негативные последствия:

- уменьшение звукоизоляции окон, так как звукоизоляционные окна должны иметь широкие (4-5 см) межстекольные прослойки;

- утяжеление створок окон и, как следствие, увеличение нагрузки на фурнитуру;

- уменьшение светопропускания окон, а значит, увеличение их площади для обеспечения нормативных требований по естественному освещению помещений, что, в свою очередь, приводит к увеличению общих тепловых потерь здания вследствие увеличения коэффициента остекления;

- уменьшения пропускания ультрафиолетовой радиации (УФР) – важного фактора saniрующего действия солнца.

Способ 1.2 хорошо согласуется с требованиями звукоизоляции и является более предпочтительным.

Второй фактор реализуется за счёт низкоэмиссионных покрытий стекол. Такие стекла, отражая коротковолновую инфракрасную радиацию (ИКР), являются тепловыми зеркалами и удерживают тепло в доме зимой, а летом снижают теплопоступления в помещения от солнечной радиации.

Несмотря на значительную стоимость повышения теплоизоляционных показателей окон, этот путь экономии энергии является перспективным. По нему пошла Беларусь, введя минимальное нормативное сопротивление теплопередачи окон равным 1 м<sup>2</sup>·Вт/К (табл.1).

Сравнение действующих норм теплоизоляции окон жилых и общественных зданий разных стран (по [1])

Значение $Rq_{min}$ , для условий, аналогичных температурной зоны Украины			
I	II	III	IV
Украина			
0,6	0,56	0,5	0,45
Россия			
0,43	0,39	0,36	0,32
Беларусь			
1,0	–	–	–
Финляндия			
1,0	–	–	–
Страны ЕС			
0,5-0,8	0,5-0,8	0,5-0,8	0,5-0,8

На рис. 2. проиллюстрирован эффект от принятия аналогичных норм в Украине, полученный при помощи программы расчёта эффективности фирмы Aluplast [9].

## Расчётная база

Страна, город / градусодни:	Украина, Киев / 4188.00
Энергоноситель теплота сгорания: эмиссия	Газ 10.83 кВт·ч/м <sup>3</sup> 2.00 кг CO <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>
Цена за единицу, USD / м <sup>3</sup>	0,45
Ожидаемый ежегодный рост цен на газ, %	4,5
КПД отопления, %	75
Площадь окна, м <sup>2</sup>	1
R окна по ДБН, м <sup>2</sup> К/Вт	0,6
R нового окна, м <sup>2</sup> К/Вт	1,0

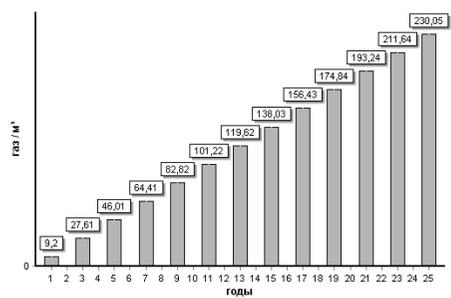
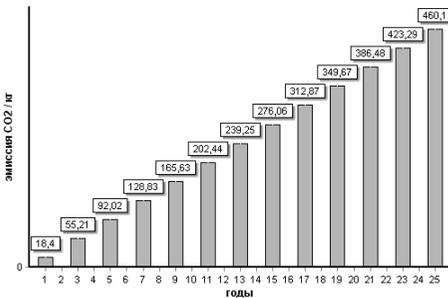
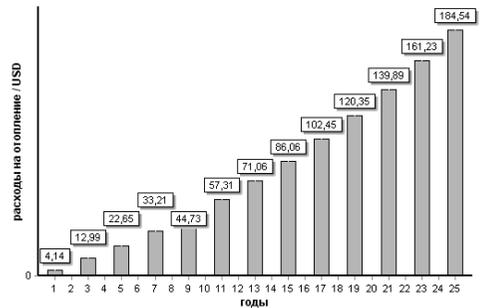


Рис. 2. Эффективность повышения нормативных значений сопротивления теплопередаче в Украине

*Естественное освещение.* Ввиду значительно более низких значений теплоизоляции окон по сравнению с глухими частями теплоизоляционной оболочки зданий, снижение площади остекления значительно повышает энергоэффективность зданий. С другой стороны, освещенность естественным светом помещений не может быть меньше нормативных значений коэффициента естественной освещенности (КЕО)  $e_n$ , % [10]. Поэтому, усовершенствование методики расчёта необходимой площади остекления является важным направлением энергосбережения в строительстве. Такая работа была проведена при разработке Изменения № 2 к [10], которые вводятся в действие с 1.09.2012 г. Результатом этого стало:

- уточнение зонирования территории Украины по ресурсам светового климата;
- уточнение нормирования КЕО в помещениях, которые имеют несколько светопроёмов разной ориентации;
- уточнение нормирования КЕО при наклоненных к горизонту светопроёмах;
- разработка метода расчета КЕО от верхних светопроёмов при их частичном затенении окружающей застройкой;
- усовершенствование методики учета света, отраженного от соседних зданий;
- усовершенствование расчета коэффициента светопропускания светопроёмов;
- увязка вопросов нормирования и расчета естественного освещения с инсоляцией и солнцезащитой помещений;
- узаконение возможности применения для естественного освещения специальных отражающих систем и полых световодов.

В связи с увлечением архитекторами сплошным остеклением фасадов, следует иметь в виду, что, в соответствии с исследованиями, проведенными в [11], нормативное требование по допустимому санитарно-гигиеническому перепаду между температурой внутренней поверхности для зданий со сплошным светопрозрачным фасадом при величине сопротивления теплопередачи светопрозрачных ограждений не меньше  $0,97 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , а при характеристиках сопротивления теплопередачи отдельных элементов наружной оболочки здания на уровне нормативной (светопрозрачные конструкции –  $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , глухие –  $2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ) коэффициент остекления фасада не может быть больше 0,5.

*Инсоляция и солнцезащита.* В [7] предложено использовать при проектировании комплексные солнечные карты, которые являются визуальным инструментом оптимизации инсоляционного режима помещений. В [12,13] показана их эффективность с точки зрения повышения энергоэффективности зданий. Однако при проектировании солнцезащитных устройств необходимо учитывать их значительное влияние на уменьшение общего коэффициента светопропускания окон, что приводит к необходимости увеличения их площади, а это, в свою очередь, может уменьшить общее сопротивление теплопередаче теплоизоляционной оболочки здания.

**Звукоизоляция.** Повышение звукоизоляции окон связано с увеличением толщины стёкол (в том числе, применением триплекса), увеличением толщины межстекольных прослоек, заполнением их тяжелыми инертными газами. Необходимо помнить, что увеличение толщины стёкол снижает светопропускание окон, а увеличение толщины прослоек – сопротивление теплопередаче.

**Комплексный анализ функций окон.** В табл. 2 приведен анализ требований к окнам с точки зрения их воздействия на биосферу.

Таблица 2

Анализ требования к окнам

Физический параметр	Физиологические требования	Технические возможности	Экономическая целесообразность	Целесообразность воздействия на биосферу
Коэффициент естественной освещенности, $e$ , %	6 (обеспечение освещенности 300 лк при $E_{кр} = 5000$ лк)	1,5-2 (при сплошном остеклении в 5 м от окна)	0,5 – для жилых помещений [10]	1-1,5 (при $R_{qmin} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ )
Звукоизоляция, $R_{А \text{ тран}}$ , дБА, при шуме у фасада 80 дБА	40 (днем) 50 (ночью)	50 и более – в закрытом состоянии	30 – в закрытом состоянии 16 – в режиме проветривания	50 (Достигается $L_{А экв} = 25$ дБА)
Инсоляция, час/день.	$\geq 2,5$ с 22 марта по 22 сентября	С момента восхода до момента захода солнца (зеркала)	0 – в период перегрева, максимум – в отопительный период	1-1,5 – летом, Максимум – зимой
Сопротивление теплопередаче, $R_{qmin}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	1 (обеспечивает $\Delta t = 4^\circ \text{C}$ в 1-ой температурной зоне)	3,5 (окна, заполненные аэрогелем [5])	0,9-1 (при эксплуатации 10 лет)	2,8 (равно нормативному $R_{qmin}$ для стен)

Исходя из приоритетности функций окон, следует придерживаться следующего алгоритма проектирования светопрозрачных конструкций (рис. 3).

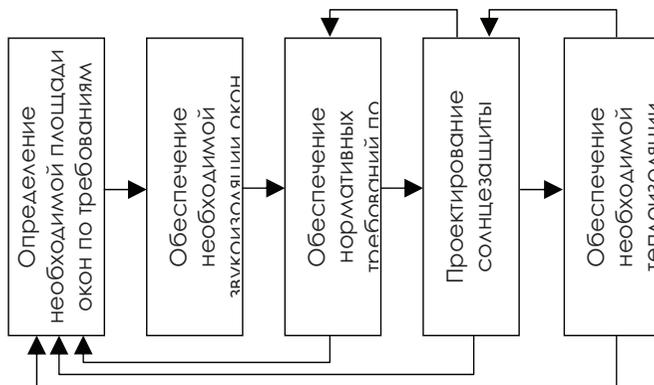


Рис. 3. Алгоритм проектирования физических параметров светопрозрачных конструкций

**Выводы.** Физические требования к светопрозрачным ограждающим конструкциям во многом противоречивы. При этом энергоэффективность окон не является определяющей. Вместе с тем, светопроёмы сильно влияют на энергосбережение зданий. Для согласования в процессе проектирования требований необходимо разрабатывать единые государственные строительные нормы. В основу такой разработки может быть положен алгоритм, который базируется на приоритетности функций окон.

## Литература

1. Галузева програма підвищення енергоефективності у будівництві на 2010- 2014 роки. [Затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 30 червня 2009 р. N 257] / Мінрегіонбуд України [Електронний ресурс] — Режим доступу : <http://document.ua/pro-zatverdzhennija-galuzevoyi-programi-energoefektivnosti-u--doc1166.html>.
2. *Сергейчук О. В.* Разработка норм по строительной физике с учетом биосферной совместимости. / О. В. Сергейчук. // Социальные стандарты качества жизни в архитектуре, градостроительстве и строительстве : Труды РААСН. – М.: РААСН, 2011. – С. 478-482.
3. *Харкнесс Е.* Регулирование солнечной радиации в зданиях / Харкнесс Е., Мехта М. ; пер. с англ. Г. М. Айрапетовой ; под ред. Н. В. Оболенского. — М. : Стройиздат, 1984. — 176 с.
4. Мир стекла. Стекло и его применение : учебное пособие / [Право на перевод и печать получены по соглашению с компанией Glas Trösch GmbH · SANCO Berating Nördlingen] – К.: Еврогласс, 2010. – 289 с.
5. Світлопрозорі огороження будинків : навч. посібник для студ вищ. навч. закл. / О. Л. Підгорний, І. М. Щепетова, О. В. Сергейчук та ін. ; під ред. О. Л. Підгорного — К. : Домашевська О.А., 2005. — 282 с.
6. Конструкції будинків і споруд. Настанова з проектування світлопрозорих елементів огорожувальних конструкцій : ДСТУ-Н Б В.2.6-83:2009. [Чинний від 2010-05-01] / Минрегіонбуд України. – К. : Укрархбудінформ, 2010. – 45 с. – (Державний стандарт України).
7. Будинки і споруди. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення [Текст]: ДСТУ Н Б В.2.2-27:2010. [Дата введення 2011-01-01] / Минрегіонбуд України. — К. : Укрархбудінформ, 2010. – 81 с. – (Государственный стандарт Украины).
8. Thermal Performance of Windows, Doors and Shading Devices – Detailed Calculations : ISO/FDIS 15099. [Date: 2002-01-01] / ISO Central Secretariat. – Geneva : ISO, 2002. — 75 p. — (International standard).
9. Aluplast Software. Planning and Tender / [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.aluplast.de/approfildb/updates/all/upd.htm#top> .
10. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. [Чинні з 2006-10-01] / Держбуд України. — К. : Укрархбудінформ, 2006. — 76 с. — (Державні будівельні норми України).

11. Колесник Е. Светопрозрачные конструкции фасадов и энергоэффективность / Е. Колесник [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.patriot-nrg.ua/rus/savings/view/48> .

12. Сергейчук О. В. Почему в Украине разрабатывается ДСТУ-Н «Расчет инсоляции объектов гражданского назначения»? / О. В. Сергейчук // Журнал «Витрина». – К., 2010 – № 1 (52). С. 58-66.

13. Сергейчук О. В. Особливості врахування сонцезахисних пристроїв при проведенні енергетичної паспортизації будівель / О. В. Сергейчук, В. П. Шитюк, В. С. Буравченко // Праці Тавр. держ. агротехнологічн. університету. - Вип. 4. Прикл. геом. та інж. графіка. - Т. 47. – Мелітополь: ТДАТА, 2010 – С.44-50

## **ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ СВІТЛОПРОЗОРИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

*О. В. Сергейчук*

Світлопрорізи є найбільш уразливими елементами теплоізоляційної оболонки будівель. При їх теплотехнічному проектуванні необхідно комплексно враховувати питання інсоляції, сонцезахисту, природного освітлення, шумозахисту. Ці питання багато в чому суперечливі. У статті аналізується нормативна база, яка відноситься до проектування світлопрозорих конструкцій і розглядаються шляхи її удосконалення.

## **THE SPECIFICS THERMOTECHNICAL DESIGNING OF WINDOWS**

*O.V. Sergeychuk*

Windows are the most vulnerable elements in thermal insulation of the building envelope. Each designer of windows must take into account the problems of insulation, solar shading, natural lighting, and sound insulation. These problems are often contradictory. We analyze regulations relating to the design of windows, and discuss how to improve them.

## EFFICIENCY ENERGY AND RENEWABLE ENERGY IN PRODUCTION OF HOT WATER FOR A WINE PRODUCER IN ROME – ITALY

*Eutecna Energia, (member of OICE), Italia*

*The rationalization of the use of energy leads to better competitiveness for a firm that operates in the global market. The cost of the energy becomes day by day higher and influences the final cost of the products. In this work we want to demonstrate that with efficiency energy and renewable energy we can reduce the cost of energy and reduce the emissions of CO<sub>2</sub>.*



Fig.1 Wine producer in Rome – Italy

**The project.** The firm produces wine and the workers every day, after work, use hot water for showers. 12.000 m<sup>3</sup> of gas per year is used for heat 891.000 liters of hot water (50°C) and for heat the locker room. Every year the cost is almost 9.000 euro. Every year the emission of CO<sub>2</sub> is 23.280 Kg.

It is possible reduce this cost and reduce the emission of CO<sub>2</sub>?

The first principle of thermodynamic says that is not possible create or destroy energy. Energy can be only transformed. The second principle says that the transformation degrades part of the initial energy. Energy can't be destroyed but can lose her values. For example the heat with high temperature is a high value energy because can be easily transformed in others kinds of energy. When the temperature is too low the heat cannot be used in other transformation and loses completely his value. Thermal energy is produced generally by the transformation of chemical energy of hydrocarbons (oil and gas). This chemical energy, very precious, have to be used only when we need high temperature heat, like in industrial processes. Hydrocarbons are very expensive, not renewable and every transformation increases

the pollution in the environment. Humanity needs hydrocarbons and in the next 50-100 years they will finish. But world ask for more energy.

So when we need low temperature heat we never have to use hydrocarbons. The 40% of total energy used by humanity is for create the right comfort in our houses, buildings, etc.

We produce hot water for heating buildings, hot water for our showers. Water with low temperature (50-70 C). In this case we can use renewable energies, instead of hydrocarbons. But the efficiency energy is the first and most important aspect.

We want to recovery the energy of the productive process for our goal. The firm uses a big quantity of water in the process. This water, 13 m<sup>3</sup>/h, at the end of the process is sent to the sewerage with his thermal energy (temperature with 15-20 C). The idea is: why don't recover this precious energy? The water bring its thermal energy from the ground and this is renewable energy. We could use it for heating the water for the locker room (50C).

Our challenge is transfer heat from a source to another one that has higher temperature. Heat naturally flows from a high temperature source to the lower one, but the second principle of thermodynamic says that is possible if we supply mechanical work. And technology helps us with the heat pump. Like an hydraulic pump, that sends water to a higher level, the heat pump sends heat to a higher temperature source. The energy we need to supply depends on the temperature difference of the sources. In our case 50-15 = 35 C. The COP (Coefficient Of Performance) is very high: about 4.5. This means that to move 4,5 kWh of thermal energy from water at 15C to the water at 50C we need only 1 kWh of mechanical work (electric energy).

But the industrial process doesn't work 24h per day and our system have to be independent from the industrial process that supply the lower temperature source.

As we can see in fig.2 there are many tanks in the firm and several tanks are not used by the process now. We can use one of these tanks to keep the water of the process before get it away, just the time to take its precious heat. When the process starts again new water and new free heat will be available for our system. In this solution we not only recovery heat but physical components too. Like the ancient farming tradition, we reuse things.

All components of the technical solution are showed in the fig.3.

To help the system we can use solar collectors too, that can produce hot water directly from the sun but this solution have to be analyzed carefully (cost/benefits).

To analyze correctly the investment we need to compare the actual situation with the solutions we want to realize. Actually the firm buys every year 12.000 m<sup>3</sup> of gas for heat the locker rooms and for heat water for showers. During the year there are 22 workers but in two mounts, in September and October, become 50.

The total quantity of water to heat for showers is 891.000 liters per year.

The total quantity of energy for showers is  $891.000 \times (50-15) = 31.185.000$  kCal = 36.262 kWh.

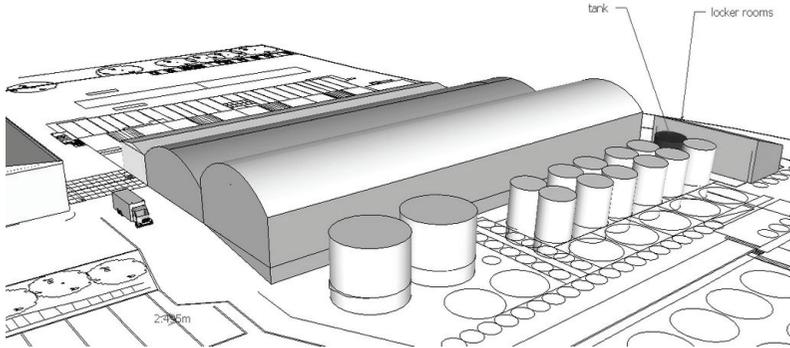


Fig. 2. Water tank

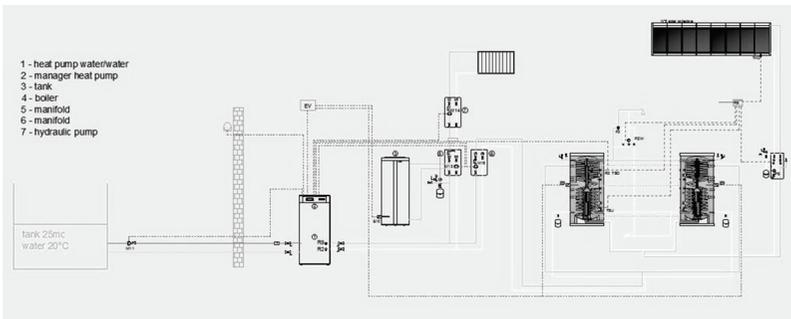


Fig. 3. Components of the technical solution

The total volume of locker rooms is 500 m<sup>3</sup>. The thermal insulation is bad and we need approximately a power of 30W per m<sup>3</sup> to have indoor temperature of 26 C. So the total power is 15 kW. If we consider 1.500 hours per year the total amount of energy is  $1.500 \times 15 = 22.500$  kWh.

The total energy per year is 58.762 kWh.

Instead of using the chemical energy of 12.000 m<sup>3</sup> of gas we can use a solution that uses efficiency energy and renewable energy. But to do this we need an heat pump and supply electrical energy. The cop of the our pump is 4.5, that's means the electrical energy we need is  $58.762/4.5 = 13.058$  kWh and the total cost per year is 2.089 euro (considering 0,16 euro/kWh) instead of almost 9.000 euro for buying gas.

If we adopt solar collectors too and supply for example the 55% of the energy for hot water needed for showers ( $36.262 \times 55/100 = 19.944$  kWh) the total electrical energy we need to supply to heat pump is 8.626 kWh and the cost is 1380 euro per year.

The investments have to be analyzed paying big attention to costs and benefits considering many financial parameters (rate, general inflation, inflation of energetic products).

Actual situation: every year we pay 8.908 euro for buying gas. We can consider 2 alternatives of investment instead of the actual situation with traditional gas boiler.

Solution with heat pump (fig. 4): initial investment 27.000 euro, gain =  $8.908 - 2089 = 6.819$  euro the first year.

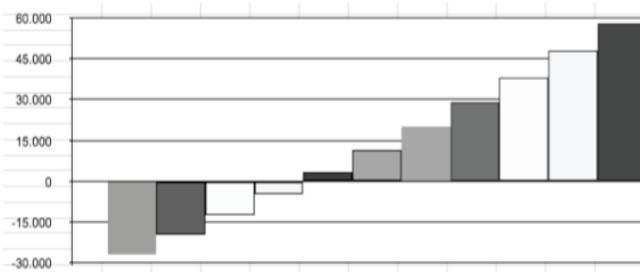


Fig. 4. Solution with only heat pump, best solution  
*PW = 58.011 euro; Pay back = 3-4 years*

Solution with heat pump and solar collectors (fig. 5): initial investment = 39.000 euro, gain =  $8.908 - 1.380 = 7.528$  euro the first year.

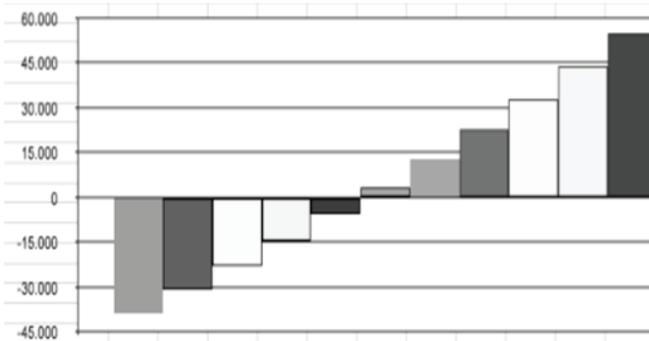


Fig. 5. Solution with heat pump and solar collectors  
*PW = 54.851 euro; Pay back = 4-5 years*

The most important index is the PW (actual value). The solution with the higher PW is the better solution.

If we obtain a negative value of PW for both alternatives this means that the actual situation is the best and don't need to do nothing.

The financial parameter we use are: rate 6%; general inflation 3%; inflation of energetic products 7%.

If we consider 10 years in our study we obtain the best PW for the solution with only heat pump.

If we produce electrical energy locally with a photovoltaic system we have zero emissions of CO<sub>2</sub> instead of  $12.000 \times 1,94 = 23.280$  Kg of CO<sub>2</sub> that every year produces the combustion of 12.000 m<sup>3</sup> of gas.

**Conclusions.** It's possible, using efficiency energy and renewable energy, reduce the cost of energy and, at the same time, save the environment.

Hydrocarbons, very precious, have to be used only when we need to produce heat with high temperature. But new kind of technology that use renewable energies are developing for this task too.

### **Bibliography**

1. Passive House standard, *Maurizio Landolfi, Luigi Norgia*, 2011 ([http://www.oice.it/progettopubblico/47/Sommario\\_47.html](http://www.oice.it/progettopubblico/47/Sommario_47.html)).
2. Réflexions sur la puissance motrice du feu, Sadi Carnot (1796-1832) public en 1824.
3. Manuale degli impianti di climatizzazione, Luca Stefanutti, Ed: Tecniche Nuove, 2007.
4. *Maurizio Landolfi*, A Zero emission requalification project for a wine producer in the Chianti (Tuscany-Italy) – Energy Efficiency in Construction & Architecture, Edition(1) 2011 – p.35-40 (KNUBA – Kiev).
5. *Maurizio Landolfi, Mokhammad Dib*, THERMAL RETROFITING OF MASS LOW RISE DWELLING CALLED “KHRUSCHEVKI”, REACHING NEAR-ZERO ENERGY BUILDING, Energy Efficiency in Construction & Architecture, Edition(2), 2011 – p.88-93.
6. Heat pump COP, Titus M.C.Bartholomeus (<http://www.grasso.nl/en-us/News-and-Media/technical-articles-Grasso/Pages/HeatpumpCOP.aspx>).

### **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ПРИ ОТРИМАННІ ГАРЯЧОЇ ВОДИ ДЛЯ ВИНЗАВОДУ В РИМІ (ІТАЛІЯ)**

*Маурізіо Ландолфі*

Раціоналізація використання енергії призводить до поліпшення конкурентоспроможності фірми, яка працює на світовому ринку. Вартість енергії стає з кожним днем все вище і впливає на кінцеву вартість продукції. У цій роботі ми хочемо показати, що застосовуючи енергетичну ефективність і поновлювані джерела енергії, ми можемо скоротити витрати на енергію і викиди CO<sup>2</sup>.

### **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ ДЛЯ ВИНЗАВОДА В РИМЕ (ИТАЛИЯ)**

*Маурізіо Ландолфі*

Раціоналізація використання енергії приводить к улучшению конкурентоспособности фирмы, которая работает на мировом рынке. Стоимость энергии становится с каждым днем все выше и влияет на конечную стоимость продукции. В этой работе мы хотим показать, что применяя энергетическую эффективность и возобновляемые источники энергии, мы можем сократить расходы на энергию и выбросы CO<sup>2</sup>.

## МОДЕЛЮВАННЯ ДІЇ МОРСЬКИХ ХВИЛЬ НА ГЛИБИНІ З МЕТОЮ ВИКОРИСТАННЯ ЇХ ЕНЕРГІЇ

*Національний університет цивільного захисту України*

*Наведено приклад геометричного моделювання профілів морських хвиль у товщі води та на її поверхні, розробленого на основі трохойдальної моделі формоутворення цих хвиль.*

**Постановка проблеми.** Використання енергії морських хвиль займає одне з чільних місць у низці поновлювальних джерел енергії. Загальноприйнятою вважається точка зору, згідно з якою енергію хвиль доцільно використовувати у відкритому морі, а не біля берегів, де рівень зазначеної енергії суттєво знижується внаслідок тертя об дно та зворотної циркуляції води. В основі функціонування хвильових енергетичних станцій лежить силовий вплив хвиль на робочі органи, виконані у вигляді поплавків, маятників, лопаток, оболонок, тощо. Механічна енергія їх переміщень перетворюється в електричну за допомогою спеціально розроблених електрогенераторів. Для обґрунтування схеми практичного використання цього різновиду джерела енергії необхідно мати описи профілів хвиль залежно від глибини. Дана робота являє собою певний крок до розв'язання цієї проблеми.

**Огляд відомих результатів.** Профіль морської хвилі віддалено нагадує плоску синусоїду, яка є розв'язанням певного класу диференціальних рівнянь. Класичний підхід при складанні зазначених рівнянь полягає в намаганні враховувати переміщення часток води з позицій механіки суцільного середовища. Тому дослідження хвиль з позицій механіки розвивалися у напрямку ускладнення вигляду (нелінійних) диференціальних рівнянь з метою одержання розв'язків, більш адекватних дійсності.

Принципово іншим шляхом досліджень є геометричне моделювання профілів хвиль. Вигляд руху водяних часток під час хвилювання товщі води вперше було знайдено експериментальним шляхом братами Веберами [1, 2]. На рис. 1 наведено фото часток порошку сургучу в «схвилюваній» воді, зроблене братами Веберами. Ці спостереження були підтверджені теоретичними дослідженнями Роселя, Сен-Венана, Бусінеска, Ері. Було виявлено такі геометричні властивості хвиль [4-6]: у підповерхневому прошарку рідини частки рухаються за еліптичними траєкторіями; рух часток з траєкторіями у вертикальних площинах здійснюється в одній фазі; у товщі води хвилі не викликають масопереніс рідини; потужність, яка переноситься хвилями, пропорційна квадрату їх амплітуди й періоду.

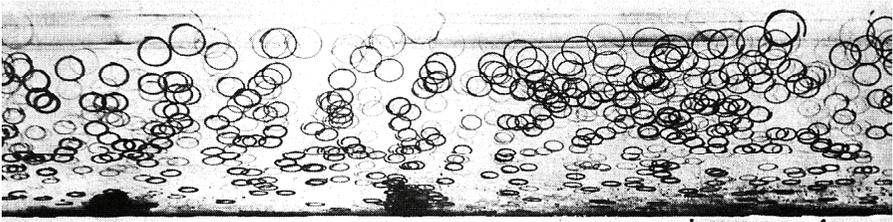


Рис. 1. Траєкторії часток порошку сурғучу в середовищі «схвилюваної» води

Для геометричних досліджень важливим є те, що частки, які перебувають на різних глибинах, описують різні траєкторії (еліпси, а взагалі - трохойди), при цьому час обертання всіх часток той самий (рис. 2).

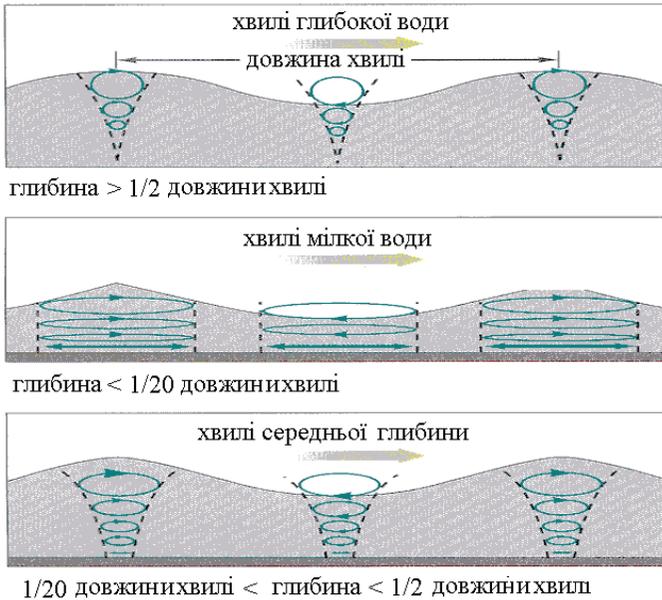


Рис. 2. Трохейдні моделі хвиль залежно від глибини води

Тому актуальними будуть дослідження, спрямовані на комп'ютерне моделювання профілів морських хвиль у товщі води та на її поверхні, коли у підповерхневому прошарку рідини частки води рухаються за еліптичними траєкторіями. У роботах [7, 8] розглянуто випадок, коли траєкторії руху часток води мають вигляд кола.

**Постановка завдання.** Розробити програмне забезпечення моделювання профілів морських хвиль у товщі води та на її поверхні, здійсненого на основі трохейдальної моделі формування цих хвиль.

**Основна частина.** Для з'ясування форми поверхні хвилі розглянемо випадок, коли хвилювання поширюється праворуч (рис. 3). Видно, що на піднесенні водяні частки рухаються убік поширення хвиль, а в зануренні - у зворотну сторону. Позначаючи через  $l$  довжину хвилі,  $t$  — час оберту частки, рівний часу, протягом якого хвилювання поширюється на відстань  $l$ , нарешті, через  $v$  - швидкість поширення хвиль, тобто відстань, на яке пересуваються хвилі за одну секунду, одержуємо рівність  $l = vt$ .

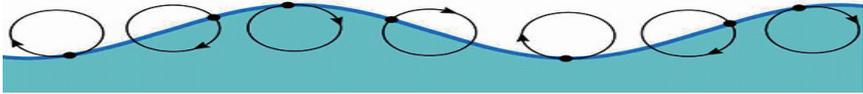


Рис. 3. Формоутворення хвилі згідно трохоїдальної моделі Герстнера

Лу Герстнер розробив теорію трохоїдних хвиль, яка потім була розвинута Ренкіним. Цей опис хвилеподібного руху при великій глибині дна дає точний частковий розв'язок рівнянь гідродинаміки у вигляді Лагранжа [4]. Причина подібності зазначених розв'язків полягає в близькості профілів синусоїди і трохоїди (рис. 4). Координати будь-якої точки рідини в момент  $t$  виражаються в цьому русі такими функціями часу й координат  $a$  і  $b$  стосовно тієї ж точки в момент часу  $t = 0$ .



Рис. 4. Порівняння профілів синусоїди і трохоїди

$$x = a + r \sin \theta \quad \text{і} \quad y = b + r \cos \theta, \quad (1)$$

де  $r = Re - nb$ ,  $\theta = 2\pi/\lambda (a - ct)$ ,  $n = 2\pi/\lambda$ ,  $c = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$  і  $R$  не більше  $1/n$ .

Крива вільної поверхні перетину площиною  $XU$  виражається рівняннями:

$$x - ct = R \sin \theta + \theta/n; \quad y = R \cos \theta. \quad (2)$$

Це є розтягнута трохоїда, описана точкою, що розташована на відстані  $R$  від центра кола радіуса  $1/n$ , яке котиться без ковзання по прямій паралельній осі  $X$  і знаходиться вище її на довжину  $1/n$  (рис. 5). При цьому русі в кожному місці рідини відбуваються вихрові обертання, обертальні швидкості яких мають найбільшу величину на вільній поверхні й швидко зменшуються за глибиною.

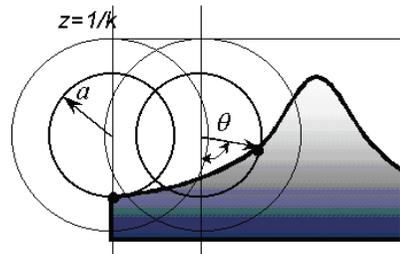


Рис.5. Формоутворення контуру хвилі трохоїдальної форми

Слід зазначити, що трохіодальна теорія хвиль справедлива лише для правильних двовимірних хвиль, які спостерігаються у випадку вільних вітрових хвиль – тобто брижі (російською мовою - зыби). У випадку тривимірного вітрового хвилюванні орбітальні шляхи часток не будуть замкнутими круговими орбітами.

Для алгоритмічної реалізації трохіодальної моделі морських хвиль в плоскому вертикальному перерізі товщі води використаємо схему Герстнера їх формування, наведену на рис. 6. При цьому вважаємо, що великі і малі осі еліпсів зменшуються в глибину за експоненціальним законом.

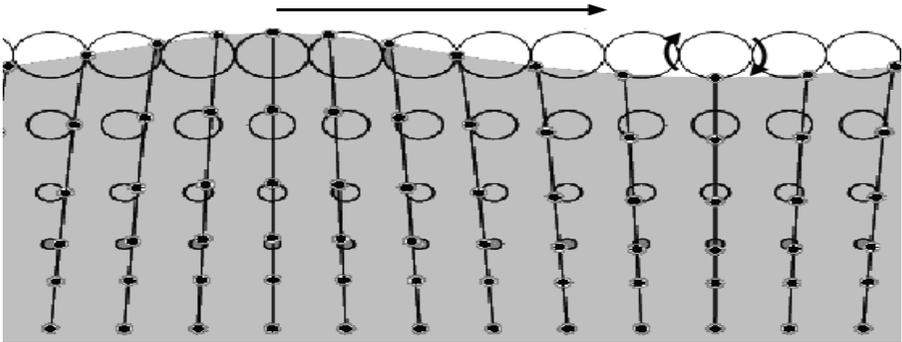


Рис. 6. Схема формування морських хвиль згідно трохіодальної моделі Герстнера

Координати точки на певному еліпсі будемо обчислювати за формулами

$$\begin{aligned} x &= x_0 - Ae^{ky_0} \cos(kx_0 - wt); \\ y &= y_0 - Be^{ky_0} \sin(kx_0 - wt), \end{aligned} \quad (3)$$

де  $(x_0, y_0)$  – координати центра певного кола,  $A$  і  $B$  – амплітуди хвилі вздовж горизонталі і вертикалі,  $w$  – кругова частота,  $k$  - коефіцієнт послаблення хвилі.

Для побудови сім'ї профілів хвилі на дискретній сітці зручно використати два тривимірні масиви чисел  $\mathbf{x}[i, j, t]$  і  $\mathbf{y}[i, j, t]$ . В ці масиви помістимо координати точок, розташованих на  $i$ -тому рядку і  $j$ -тому стовбці зображення в момент часу  $t$ .

На практиці це можна здійснити за допомогою фрагмента Maple-програми з потрібним циклом:

```
for i from 0 to nx do
for j from 0 to ny do
x0 := evalf(xmin + i*dx);
y0 := evalf(ymin + j*dy);
```

```

for s from 0 to N-1 do
t:=s*dt;
x[i,j,s] := x0 - A*exp(k*y0)*cos(k*x0 - omega*t);
y[i,j,s] := y0 - B*exp(k*y0)*sin(k*x0 - omega*t);
od: od: od:

```

Тут **nx** і **ny** - кількість точок (які потім зображуються) по горизонталі і по вертикалі, **xmin** і **ymin** - початкові координати відліку центів кіл, **dx** і **dy** - дискретність розташування центрів кіл, **dt** - дискретність моментів часу, **N** - кількість моментів зображень.

Далі позначені точки необхідно розмістити у вигляді, зручному для реалізації механізму силового впливу хвиль на робочий орган, виконаного у вигляді багатоланкового поплавка (як приклад). Тоді позначені точки слід розмістити «вертикально», і для обчислень використати оператори:

```

for s from 0 to N-1 do
  pd := plot([ seq( seq([x[i,j,s],
                        y[i,j,s]],j=0..ny), i=0..nx ) ],
            style=point, color=black, axes=None);
  for j from 0 to 9 do
    po[j] := polygon([[x[i0, j, s], y[i0, j, s]],
                     [x[i0+1, j, s], y[i0+1, j, s]],
                     [x[i0+1, j+1, s], y[i0+1, j+1, s]],
                     [x[i0, j+1, s], y[i0, j+1, s]]]);
  end do;
  pok := display(seq(po[j], j=0..9));
  p[s] := display(pok, pd);
end do;

```

Якщо позначені точки необхідно розмістити «горизонтально» вздовж хвилі, то для обчислень слід використати оператори:

```

for s from 0 to N-1 do
  pd := plot([ seq( seq([x[i,j,k],
                        y[i,j,k]],j=0..ny), i=0..nx ) ],
            style=point, color=black, axes=None);
  for i from 0 to 29 do
    po[i] := polygon([ [x[i, j0, s], y[i, j0, s]],
                      [x[i+1, j0, s], y[i+1, j0, s]],
                      [x[i+1, j0+1, s], y[i+1, j0+1, s]],
                      [x[i, j0+1, s], y[i, j0+1, s]]]);
  end do;
  pok := display(seq(po[i], i=0..15));
  p[s] := display(pok, pd);
end do;

```

Послідовність слайдів у вигляді анімаційного фільму, можна реалізувати за допомогою оператора:

```
display(seq(p[s], s=0..N-1), insequence=true);
```

При необхідності анімаційний файл з розширенням `.gif` можна записати, наприклад, на диск `c:` за допомогою оператора:

```
plotsetup(gif, plotoutput= `c:\\water_wave.gif`);
```

*Приклад 1.* На рис. 7 зображено анімаційні кадри обертання часток води по колу у часі, побудовані у системі координат  $Oxy$  для параметрів  $A = 0,5$ ;  $B = 0,2$ ;  $w = 1,41$  і  $k = 0,66$ ; при цьому для наочності кожне коло представлено відповідним вектором, який виходять з центра у напрямку одного з радіусів.

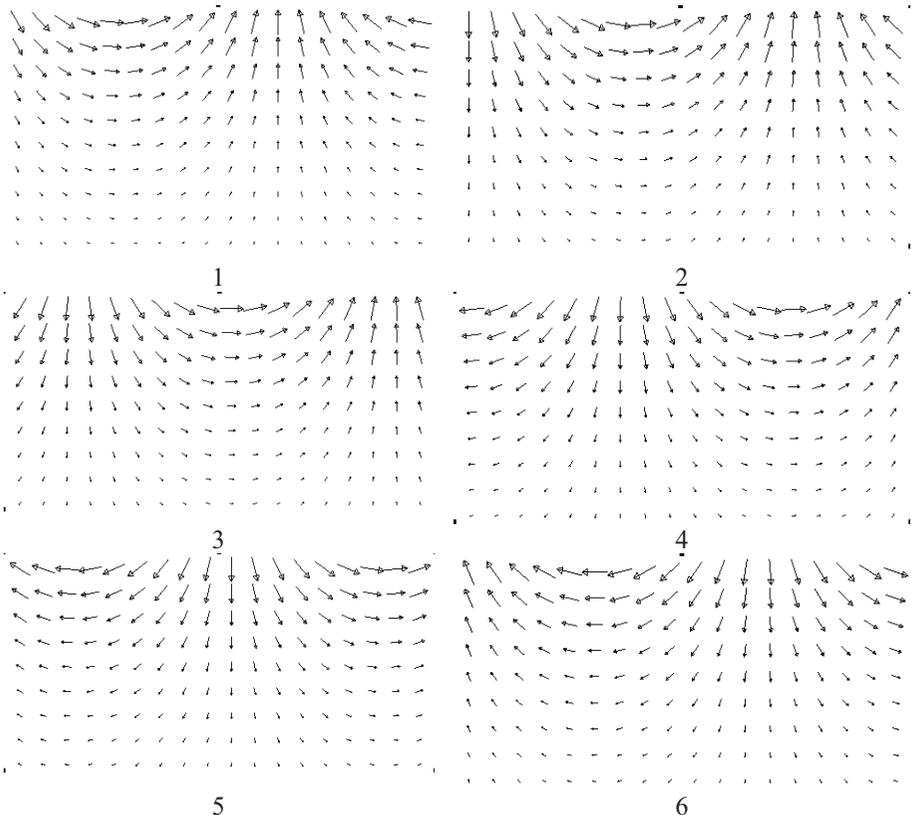


Рис. 7. Анімаційні кадри обертання часток води по колу у часі; для наочності кожне коло представлено вектором

*Приклад 2.* На рис. 8 наведено анімаційні кадри зміни конфігурації низки точок у часі, побудовані у системі координат  $Oxy$  для параметрів  $A = 0,5$ ;  $B = 0,2$ ;  $w = 1,41$  і  $k = 0,66$ , коли позначені точки розміщені вздовж хвилі.

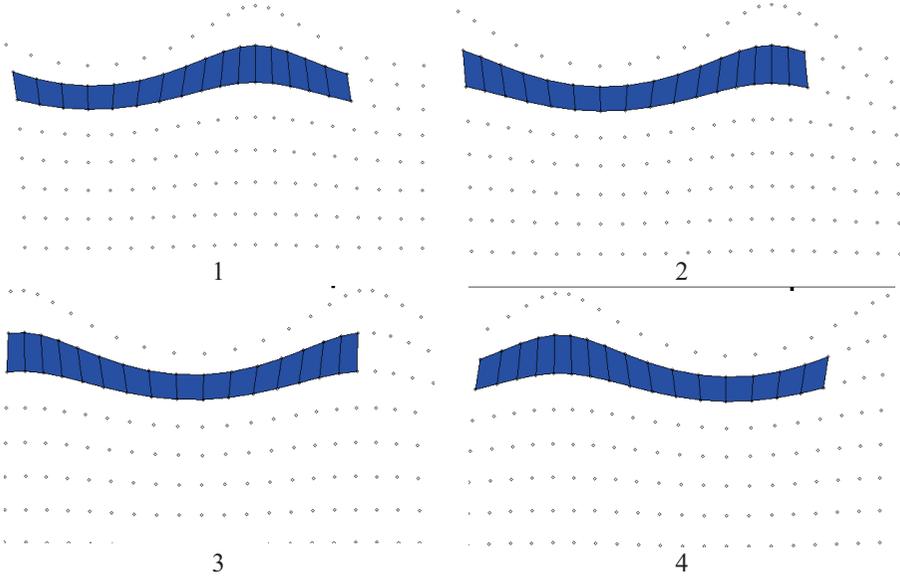


Рис. 8. Анімаційні кадри зміни конфігурації низки точок у часі, коли ці точки розміщені «горизонтально» вздовж хвилі

*Приклад 3.* На рис. 9 наведено анімаційні кадри зміни конфігурації низки точок у часі, побудовані у системі координат  $Oxy$  для параметрів  $A = 0,5$ ;  $B = 0,2$ ;  $w = 1,41$  і  $k = 0,66$ , коли позначені точки розміщені впоперек хвилі.

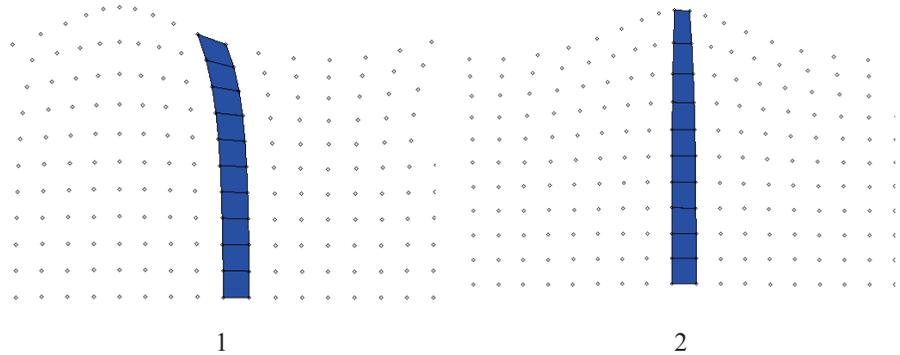


Рис. 9. Кадри зміни конфігурації низки точок у часі, коли ці точки розміщені «вертикально» впоперек хвилі (початок)

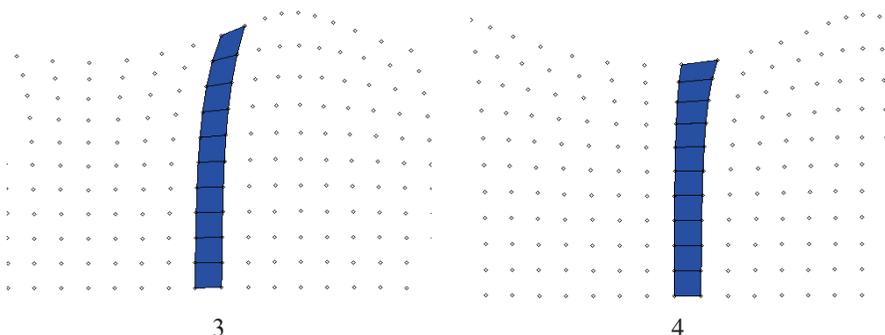


Рис. 9. Кадри зміни конфігурації низки точок у часі, коли ці точки розміщені «вертикально» впоперек хвилі (закінчення)

*Приклад 4.* На рис. 10 наведено анімаційні кадри зміни конфігурації низки точок у часі, побудовані у системі координат  $Oxy$  для параметрів  $A = 0,5$ ;  $B = 0,2$ ;  $w = 1,41$  і  $k = 0,66$ , коли позначені точки розміщені вздовж і поперек хвилі.

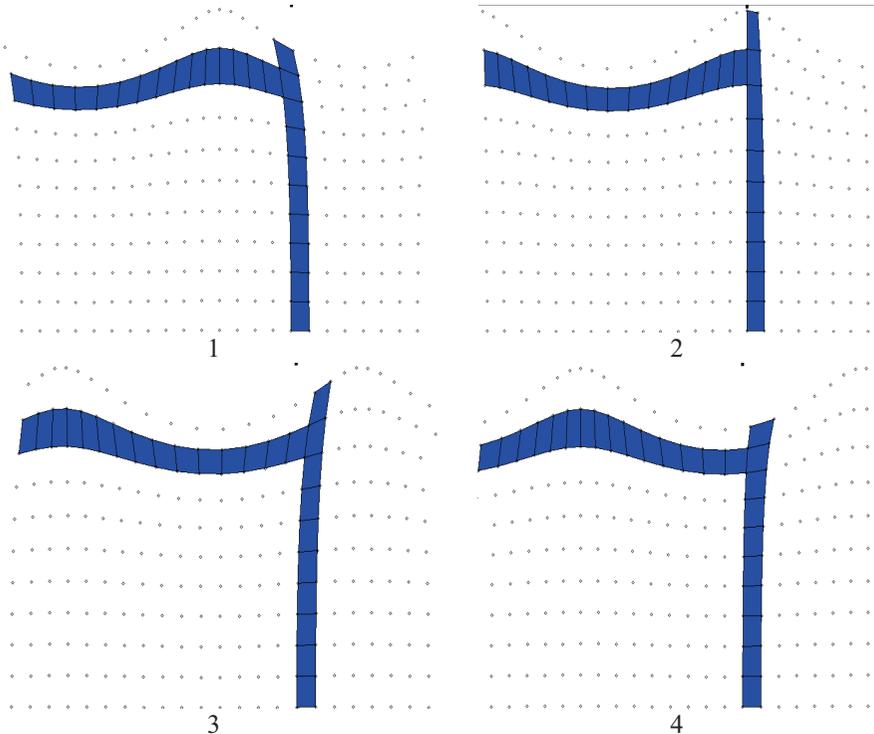


Рис. 10. Анімаційні кадри зміни конфігурації низки точок у часі, коли позначені точки розміщені як вздовж, так і поперек хвилі

Отже, у загальному випадку на характеристики хвиль суттєво впливає глибина  $H$  води. Рух часток у довгій хвилі відбувається за еліпсами, витягнутими у горизонтальному напрямку, причому амплітуда вертикальних та горизонтальних рухів часток зменшується з глибиною за законом експоненти.

Розроблене програмне забезпечення призначене для використання при конструюванні хвильових енергетичних установок поплавкового або маятникового типу. На рис. 11 наведено приклад схеми поплавкової хвильової енергетичної установки. На рис. 12 зображено приклад схеми енергетичної станції, у якій реалізовано силовий вплив хвиль на робочий орган у вигляді водяного маятника. Зображені на рисунках параметри мають ілюстративний характер, тому тут не пояснюються. Також розглядаються розрахунки багатоланкових варіантів поплавків і водяних маятників, елементи яких розміщені «вертикально» впоперек хвилі, або «горизонтально» вздовж хвилі.

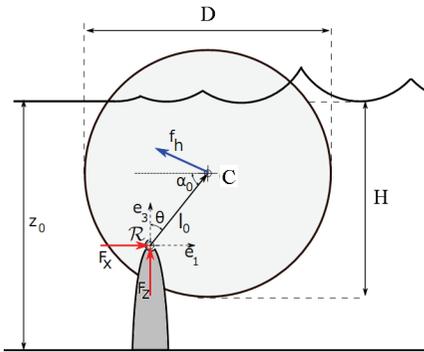


Рис. 11. Схема поплавкової хвильової енергетичної станції

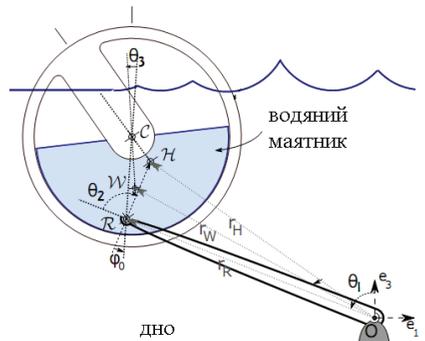


Рис. 12. Схема енергетичної станції на основі водяного маятника

На закінчення зазначимо, що хвилі помірної амплітуди можуть мати стаціонарну форму, яка не змінюється при поширенні. Відповідно до теорії Герстнера, у нелінійній стаціонарній хвилі частки як і раніше будуть рухатися за коловими траєкторіями (або за еліптичними траєкторіями). Поверхня цих хвиль має форму трохоїди, яка при малій амплітуді збігається із синусоїдою, а при деякій максимальній критичній амплітуді, рівною  $\lambda/2\pi$ , перетворюється в циклоїду, що має на вершинах «вістря». До того ж короткі гравітаційні хвилі на глибокій воді мають загострені вершини, які при певних критичних значеннях висоти обрушуються з утворенням пінних «баранчиків». Тому для цих випадків необхідно розробити інший підхід до моделювання хвильових процесів.

**Висновок.** Розроблене програмне забезпечення дозволило здійснити геометричне моделювання трохоїдальних профілів хвиль. Складена програма унаочнення у часі профілів морських хвиль у товщі води та на її поверхні буде корисною в процесі конструювання хвильових енергетичних установок поплавкового та маятникового типу, а також в процесі проведення комп'ютерних експериментів моделювання їх дії залежно від зміни параметрів.

## Література

1. *Островский Л.А.* Волны на поверхности жидкости. – Режим доступу: [http://www.femto.com.ua/articles/part\\_1/0573.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_1/0573.html)
2. *Бобылев Д.* Волны. – Режим доступу: [http://gatchina3000.ru/big/022/22681\\_brockhaus-efron.htm](http://gatchina3000.ru/big/022/22681_brockhaus-efron.htm)
3. *Дивизинюк М.М.* Математические закономерности формирования морских волн, определяющих акустические и антропогенные свойства приповерхностного слоя вод. / *М.М.Дивизинюк, Л.В.Третьякова, И.А.Плескачева, Е.А. Шрамкова* // Сб. науч. тр. – Севастополь: СНУЯЕтаП, 2010. – Вып. 24. – С. 236 - 242.
4. *Лионе Ж.-Л.* Некоторые методы решения нелинейных краевых задач / *Ж.-Л.Лионе* - М.: Мир, 1972.
5. *Березин Ю.А.* О численных решениях уравнения Кортевега-де Вриза.// Численные методы механики сплошной среды. Новосибирск / *Ю.А.Березин* 1973, т.4, е2, с.20-31
6. *Miura R.M.* Korteweg-de Vries equation and generalization. II. Existence of conservation laws and constants of motion. // *R.M.Miura, C.S.Gardner, M.D. Kruskal* / *J.Math.Phys.* 1968. V.9. P. 1204-1209.
7. *Куценко Л.М.* Геометричне моделювання трохойдальних хвиль на поверхні води / *Л.М.Куценко, О.О.Савченко* // Прикладна геометрія та інженерна практика. Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Вип. 4, т. 46. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – С. 33 - 41
8. *Савченко О.О.* Побудова профілів морських хвиль на основі трохойдальної моделі / *О.О.Савченко* // Прикладна геометрія та інженерна практика. Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Вип. 4, т. 51. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – С. 187 - 193

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ МОРСКИХ ВОЛН НА ГЛУБИНЕ С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ ЭНЕРГИИ**

*Л. Н. Куценко, А. А. Савченко*

Приведен пример геометрического моделирования профилей морских волн в толщине воды и на ее поверхности, разработанного на основе модели трохойды образования формы этих волн.

### **DESIGN OF ACTION OF MARINE WAVES ON DEPTH WITH THE PURPOSE OF THE USE OF THEIR ENERGY**

*L. N. Kutsenko, A. A. Savchenko*

An example of geometrical design of profiles of marine waves is Made in the layer of water and on her surface, formation of form of these waves worked out on the basis of model of trochoid.

**ІНДИВІДУАЛЬНЕ АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА ОБЛІК  
ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ**

*Київський національний університет будівництва та архітектури  
(КНУБА), м. Київ, Україна\**

*Державне госпрозрахункове підприємство Сертифікаційний випробувальний  
центр опалювального обладнання (ДГП СВЦОО), м. Київ, Україна\*\**

***Запропоновано спосіб, який забезпечує індивідуальне автоматичне регулювання та облік теплової енергії в системах водяного опалення, при довільній конфігурації систем водяного опалення приміщень, в залежності від температурних збуджень та потреб споживача, без необхідності вимірювання витрати теплоносія. Список літ.: 6 назв.***

В даний час Україна практично 60 % потреб в енергетичних ресурсах забезпечує завдяки імпорту [1]. Найенергоємнішими галузями на сьогодні є: металургія, хімічна промисловість, виробництво будматеріалів, машинобудування. Проте першість по нераціональних енерговитратах займає житлово-комунальний сектор, де об'єми споживання енергоресурсів перевищують фактичні витрати майже на 40 % [2].

Для комунального господарства України за умов недостатності власних ресурсів, перманентного дорожчання та нестабільності ринку енергоносіїв, постійно актуальною є проблема їх економії.

Одним з сучасних рішень, направлених на скорочення витрати теплової енергії споживачами, є обладнання будинків тепловими лічильниками на ввіді в систему опалення. Хоч ці міри і сприяють обліку тепла в загальному на будинок, але не є досить ефективними, тому що системи водяного опалення в приміщеннях житлових та громадських споруд працюють, в більшості, в некерованому режимі і оплата за теплову енергію розподіляється між всіма споживачами будинку не завжди об'єктивно, а це не приводить до певної стимуляції економії тепла.

Також існує проблема «переопалення» у приміщеннях, що спостерігається при температурах зовнішнього повітря від 0 °С та вище. Крім того, що неефективно витрачається велика кількість енергоресурсів, подібні «переопалення» небажані з гігієнічних міркувань, тому що вони приводять до погіршення самопочуття людей та зниження продуктивності праці [3].

Дослідження, проведені Держкоменергозбереження [4], свідчать, що реальне споживання теплової енергії, виміряне лічильником, з застосуванням регулювання витрати тепла, на 30-40 % менше, ніж визначене розрахунковим методом. Таким чином, витрати на прилади обліку можуть окупитися після закінчення одного-двох опалювальних сезонів.

Спосіб, що, в основному, використовується сьогодні для вимірювання величини теплової енергії, схема якого надана на рис. 1, базується на вимірюванні витрати теплоносія, що проходить через опалювальний прилад, фіксацію датчиками температур теплоносія на вході та на виході з опалювального приладу. Величина витрати теплової енергії  $Q_{np}$  розраховується контролером, як добуток витрати теплоносія на питому теплоємність теплоносія та на різницю температур на вході та виході теплоносія з опалювального приладу [5]:

$$Q_{np} = G c (t_{ax} - t_{vix}), \text{ Bm}, \quad (1)$$

де  $G$  – витрата теплоносія, кг/год.;  $t_{ax}$  – температура теплоносія на вході до опалювального пристрою, °С;  $t_{vix}$  – температура теплоносія на виході з опалювального пристрою, °С;  $c$  – питома теплоємність теплоносія, Дж/кг °С.

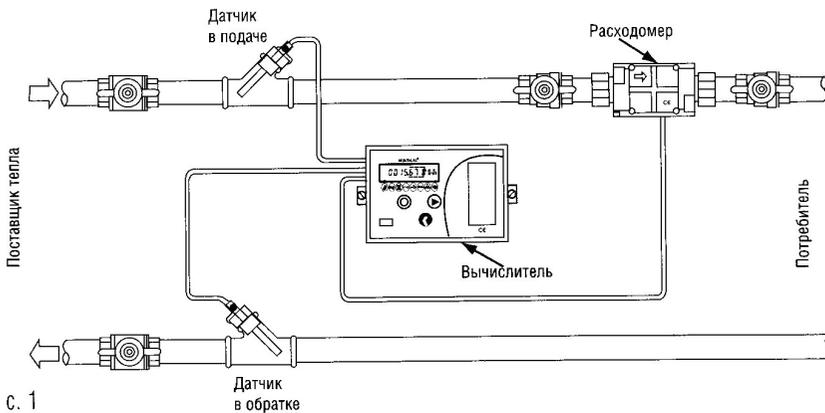


Рис. 1. Схема вимірювання величини теплової енергії

Проблема вимірювання кількості спожитого тепла в приміщеннях квартир є досить складною. Основна технічна причина полягає в тому, що принцип побудови систем водяного опалення в будинках ще радянського будівництва, які складають біля 80 % житлового фонду міст України, при всіх їх модифікаціях є багатоввідним. Такий спосіб підведення тепла вимагає встановлення теплотічильника на ввід кожного опалювального пристрою, що базується на вимірюванні витрат та перепаду подавальної та зворотної температур теплоносія. В поєднанні з вимогами достатньої простоти, надійності та малої ціни, створення такого теплотічильника поки що є проблематичне.

Як показали дослідження, лічильники теплової енергії, що занесені до Державного реєстру засобів вимірювання України, працюють за принципом обліку витрати теплоносія, що наведений вище. Ці способи є досить різні: за перепадом тиску в подавальній та зворотній магістралях, механічний, електромагнітний, ультразвуковий та ін. Такі теплотічильники можна

встановлювати тільки при горизонтальній поквартирній розводці водяного опалення, і практично неможливо передбачати їх застосування для кожного опалювального приладу при іншій конфігурації систем опалення, наприклад, для вертикальних систем.

В світовій практиці рішення вищезгаданої проблеми було знайдено у використанні розподільників витрат теплової енергії. В цьому випадку лічильник тепла вмонтовується тільки на вході системи тепlopостачання в будівлю, а на кожний радіатор в квартирі встановлюється невеликий енергозалежний прилад – розподільник витрат тепла [5]. Існують капілярні і електронні розподільники витрат тепла. В першому випадку використовується ефект випаровування спеціальної рідини із закріпленої на корпусі приладу і відкритої з одного кінця змінної ампули при нагріванні від радіатора. Кількість рідини, що випарувалася, пропорційно кількості відданого опалювальним приладом тепла. Дія електронних розподільників заснована на вимірюванні різниці температури поверхні опалювального приладу і повітря в приміщенні. Результати вимірювань підсумовуються приладом з певною періодичністю. Значення, накопичені за розрахунковий період, застосовують потім для визначення частки кожного користувача в кількості тепла, спожитого будинком.

Цей принцип дозволяє проводити тільки порівняльні вимірювання, для розподілу витрат в теплових мережах між споживачами, при цьому у всіх точках виміру необхідно встановлювати прилади одного типу, при однакових умовах установки і застосовувати однакову методику розшифровки показників. Широкого застосування цим приладам не надали, тому що мають досить високу похибку вимірювань  $\pm 10\%$ , і використовуються здебільшого як індикаторні.

Що стосується регулювання теплового потоку, то у відповідності до вимог будівельних норм, квартирні системи водяного опалення повинні проектуватися та обладнуватися опалювальними пристроями з індивідуальним автоматичним регулюванням витрати теплової енергії – термостатичними регуляторами. В основному використовуються терморегулятори відомих фірм «Herz Armaturen» (Австрія), «Danfoss» (Данія), «F.W. Oventrop GmbH & Co. KG» (Німеччина) та ін.

Терморегулятори хоч і застосовуються масово, тому що вони порівняно дешеві, але мають суттєві недоліки: в них відсутнє програмоване керування температурою повітря кожного приміщення в різні періоди доби (зниження температури при відсутності людей або в нічний період, коли доцільно знижувати температуру повітря, та завчасне підвищення температури перед приходом людей). Тому необхідне постійне втручання в регулювання температури повітря приміщення споживача, що не дає належного енергозберігаючого ефекту.

За допомогою вищевказаних способів регулювання та обліку, неможливо виконати одночасне автоматичне регулювання та обчислення теплової енергії від опалювальних приладів, які знаходяться в кожному приміщенні окремо на кількох стояках.

Одним з головних рішень, направлених для скорочення витрати теплової

енергії на теплопостачання громадських споруд, підвищення в них теплового комфорту, приведення в порядок в системах розрахунку за спожиту теплову енергію між поставщиками та споживачами, являється оснащення систем водяного опалення індивідуальними автоматизованими обліково-регулюючими системами.

Аналізуючи вищенаведене пропонується спосіб індивідуального автоматичного регулювання та обліку теплової енергії в системах водяного опалення (далі – спосіб), що забезпечує індивідуальне програмоване регулювання величини теплового потоку від кожного опалювального приладу, в залежності від потреб споживача або інших збуджуючих факторів та вимірювання теплового потоку, а відтак і витрати використаної теплової енергії від опалювальних приладів. При цьому виключається необхідність вимірювання витрати теплоносія та з'являється можливість використання даного способу у при довільних конфігураціях систем водяного опалення.

На рис. 2 схематично подано спосіб в опалюваних приміщеннях 1 та 2, які розділені перегородкою 3 та оснащені однотрубною вертикальною системою опалення. Спосіб включає в себе: датчики температури повітря 4 приміщення, стояки системи опалення 5 з подавальними 6 та зворотними 10 підводками та датчики температури 8 вхідної та 11 вихідної води з опалювальних приладів 9. На подавальних підводках розташовані регулювальні клапани 7. Подавальні та зворотні підводки з'єднані байпасами 12. Датчики температури 4, 8, 11 та регулювальні клапани 7 зв'язані кабелями 13 з контролером 14.

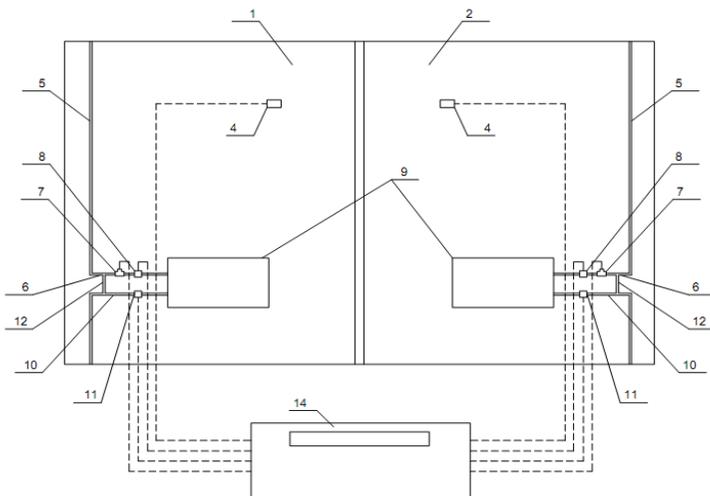


Рис. 2. Схема індивідуального автоматичного регулювання та обліку теплової енергії в системах водяного опалення

Визначення спожитої теплової енергії від опалювальних приладів

здійснюється наступним чином.

В контролер при його програмуванні вносяться дані про всі опалювальні прилади, усіх опалюваних приміщень помешкання або іншої частини будинку, в межах якого здійснюється облік теплоти.

До цих даних відносяться: тепловіддача секції або модулю опалювального приладу  $q_n$ , при нормованій величині температурного напору  $\Delta t_n$  (за даними виробника опалювальних приладів); кількість секцій або модулів опалювальних приладів  $n$ ; експонент графічної характеристики  $m$  (за даними виробника опалювальних приладів); коефіцієнт  $\beta$ , що враховує схему розміщення опалювальних приладів.

На основі даних від датчиків температури 4, 8, 11 в контролері 14 розраховується фактична величина температурного напору  $\Delta t_n$  для кожного опалювального приладу 9:

$$\Delta t_n = (t_{ex} + t_{вух})/2 - t_n, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

де  $t_n, t_{ex}, t_{вух}$  – температура від датчиків 4, 8, 11,  $^\circ\text{C}$ .

Вимірювана величина теплового потоку від опалювального приладу  $Q_{np}$ , в залежності від величини температурного напору  $\Delta t_n$  та інших складових, має вигляд:

$$Q_{np} = q_n n \beta [((t_{ex} + t_{вух})/2 - t_n)/\Delta t_n]^m, \text{ } \text{Вм}, \quad (3)$$

За виразом (3) програмується алгоритм роботи контролера.

Дані датчиків 4, 8, 11 комутуються на контролер 14 через певний невеликий проміжок часу (15...20 с). Результати розрахунків величини теплового потоку від кожного опалювального приладу, інтегруються за відомими методиками, в результаті чого можна одержати дані про сумарну кількість використаної теплової енергії протягом заданого проміжку часу.

Спосіб індивідуального автоматичного регулювання та обліку теплової енергії в системах водяного опалення, одночасно з вимірюванням, здійснює регулювання витрати теплової енергії від опалювальних приладів 9 від одного контролера 14 та забезпечує необхідну температуру повітря в приміщеннях 1 і 2.

При програмуванні контролера 14 попередньо, в його програматор, вносяться необхідні величини температур повітря приміщень 1 та 2. Контролер 14 збирає дані від датчиків температур повітря опалюваних приміщень 1 і 2, та при відхиленні температури повітря в обох чи одному з приміщень 1 або 2, від заданих величин на програматорі, дає сигнал на відкриття або закриття відповідному регульовальному клапану 7. Регульовальний клапан збільшує або зменшує кількість теплоносія, що подається в опалювальний прилад та регулює витрату тепла від опалювальних приладів та, відповідно, температуру повітря в опалюваних приміщеннях.

При програмуванні контролера, можна застосовувати багатоденну програму бажаної температури повітря в приміщеннях, від декількох переключень на добу, для кожного приміщення окремо.

Експериментальні досліди визначення теплового потоку за даним способом з використанням вільнопрограмуючого контролера моделі «CADET freemax» з датчиками температури теплоносія (моделі STw-03) та температури

повітря (моделі ST-02) виготовленими на фірмі «Раут-автоматік» (Україна, м. Київ), та способом, згідно методики [6], в акредитованій лабораторії випробувального центру ДГП СВЦОО на атестованому обладнанні на різних моделях опалювальних приладів (конвектори, радіатори) , що виготовлені з різних матеріалів (чавун, сталь, алюміній, біметал) в кількості 34 шт., показали відхилення між показниками, що не перевищують  $\pm 6\%$ .

Надалі продовжуються роботи з визначення можливих корегуючих коефіцієнтів алгоритму роботи контролера та використання датчиків температури з найменшим діапазоном похибки, для більш точного здійснення вимірювань.

Застосування способу вимірювання та регулювання величини теплового потоку від опалювального приладу дасть можливість споживачам більш точно та досконало забезпечувати облік спожитої теплової енергії, в будівлях з багатовідною системою подачі теплової енергії в приміщення, при будь-яких конфігураціях водяного опалення, а також, одночасно, від одного контролера, при його попередньому програмуванні, здійснювати автоматичне регулювання витрати теплової енергії в окремих опалюваних приміщеннях, тим самим забезпечуючи необхідну з гігієнічної точки зору температуру повітря, застосовуючи багатоденну програму бажаної температури від декількох переключень на добу, при цьому автоматично знижувати температуру повітря в опалюваних приміщеннях, при відсутності людей, в нічні години і т.п., а також, завчасно встановлювати необхідну температуру до прибуття людей.

Такий спосіб вимірювання та регулювання величини теплового потоку від опалювального приладу не потребує реконструкції існуючих теплових мереж в будівлях та слугуватиме об'єктивним економічним стимулом для локального споживача з метою виконання ним різноманітних заходів щодо економії теплової енергії.

## Література

1. *Карташев В. и др.* Механизмы усовершенствования учета энергоресурсов в ЖКХ: АКВА-ТЕРМ № 2: – К.: 2009.–С.16-19.
2. *Пирков В.В.* Особливості проектування сучасних систем водяного опалення: Такі справи: – К. 2003. – 170 с.
3. *Горомосов М.С.* Микроклимат жилищ и его гигиеническое нормирование: Стройиздат:– М. 1960. – 421 с.
4. *Сабашук П.П.* Реформування, модернізація та розвиток комунальної енергетики України/ Інформаційно-аналітичний довідник Енергозбереження в регіонах: Українські енциклопедичні знання – К. 2004. – С.46-47.
5. *Справочник.* Измерения в промышленности. Способы измерения и аппаратура: Металлургия: – М.: 1990. – 384 с.
6. Методика определения номинального теплового потока отопительных приборов при теплоносителе воде.: *Бершидский Г.А., Сысин В.Й., Сотченко В.А.*: НИИСТ:- М. 1984. – 26 с.

## **ИНДИВИДУАЛЬНОЕ АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И УЧЕТ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ**

*Ю.К. Росковшенко, В.П. Штыленко*

Предложен способ, который обеспечивает индивидуальное автоматическое регулирование и учет тепловой энергии в системах водяного отопления, при произвольной конфигурации систем водяного отопления помещений, в зависимости от температурных возбуждений и потребностей потребителя. Список лит.: 6 названий.

## **INDIVIDUAL AUTOMATIC CONTROL AND CALCULATION OF THERMAL ENERGY IN WATER HEATING SYSTEMS**

*Yurij K. Roskovshenko, Viktor P. Shtylenko*

Given method provides individual automatic control and calculation of thermal energy in water heating systems for an arbitrary configuration of water heating systems for apartments, depending on the thermal excitations and consumer needs. Reference list: 6 names.

**ВПЛИВ КОЕФІЦІЄНТА СВІТЛОВІДБИВАННЯ НА КОЕФІЦІЄНТ  
КОРИСНОЇ ДІЇ СВІТЛОВИХ ШАХТ КВАДРАТНОГО ПЕРЕРІЗУ**

*Національний університет водного господарства та  
природокористування, Україна*

*В статті порівнюються ефективності дзеркально та дифузно відбиваючих світлових шахт однакових геометричних параметрів при однакових значеннях коефіцієнтів світловідбивання. Аналізується характер зміни ефективності, створеної відбитим світлом, в залежності від параметрів шахти. Джерелом світла є хмарний небозвід за стандартом Міжнародної комісії з освітлення (МКО). Наведені залежності коефіцієнта корисної дії шахт від їх індексу. Показані криві залежності індексу шахти, при якому виникають максимальні значення ККД, від коефіцієнта світловідбивання.*

**Постановка проблеми.** Визначення коефіцієнта ефективності (корисної дії (ККД)) світлової шахти дозволяє оцінити світловий потік, який ми отримуємо на виході з шахти. Порівняння ефективності шахт дозволяє обґрунтовано вибирати шахту для тієї чи іншої проектної ситуації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В роботах [2-3] розглядалося моделювання ефективності (ККД) світлових шахт у формі паралелепіпеда з дифузним і дзеркальним відбиванням світла. В роботі [4] розглянуто метод моделювання освітленості від світлових шахт у вигляді паралелепіпеда квадратного перерізу з дзеркальним відбиванням світла в теоретичному плані. В роботі [1] наведено метод розрахунку ККД для названих вище світлових шахт. Проте в них не порівнювалися ефективності шахт з дифузним і дзеркальним відбиванням світла, а також не розглядався вплив коефіцієнта світловідбивання світлової шахти на її оптимальні пропорції.

**Формулювання цілей та завдання статті.** В даній роботі поставлена мета – показати вплив коефіцієнта світловідбивання на ефективність світлових шахт у вигляді паралелепіпеда квадратного перерізу з дифузним і дзеркальним відбиванням світла за однакових геометричних параметрів шахт, а також запропонувати спосіб вибору одного з параметрів шахти таким чином, щоб забезпечити максимальний ККД, створений відбитим світлом, при заданому значенні коефіцієнта світловідбивання.

**Основна частина.** Світловий потік на виході з шахти створюється прямим світлом від небозводу і світлом, відбитим від внутрішньої поверхні шахти. Оскільки світловий потік, створюваний прямим світлом залежить тільки від геометричних параметрів шахти, то для шахт однакових параметрів він буде теж однаковим і не залежатиме від типу відбиваючої поверхні і значення її коефіцієнта світловідбивання. Тому ККД світлових шахт однакових

геометричних параметрів з дифузним і дзеркальним відбиванням світла будуть відрізнятися лише за рахунок відбитого світлового потоку, який залежить також від значення коефіцієнта світловідбивання. З урахуванням цього, на рисунках 1 і 2 показані залежності ККД, який створюється відбитим світлом, від індексу шахти для різних значень коефіцієнта світловідбивання: 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 0,97. На рис. 1 – для шахти з дзеркальним коефіцієнтом відбивання, а на рис. 2 – з дифузним. Криві отримані в результаті реалізації в середовищі Mathcad моделі, розробленої в [4].

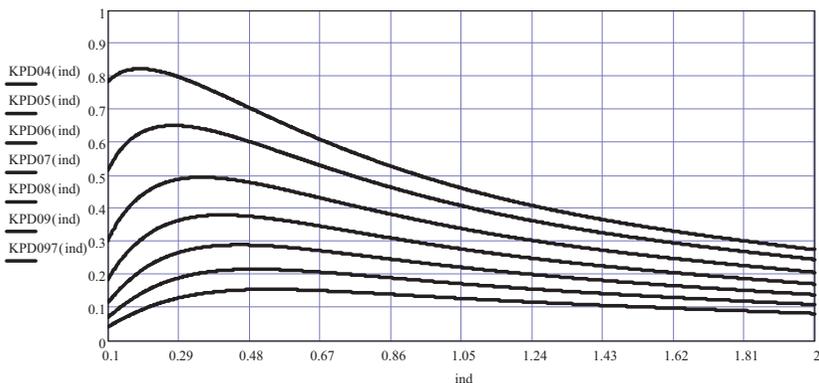


Рисунок 1. Графіки залежності ККД, створеного відбитим світлом, світлової шахти квадратного перерізу з дзеркальним відбиванням світла від значення індексу шахти при коефіцієнті світловідбиття 0,4 - 0,97

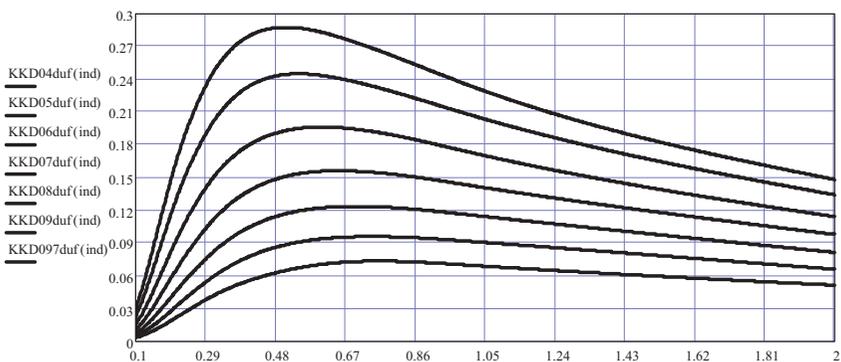


Рисунок 2. Графіки залежності ККД, створеного відбитим світлом, світлової шахти квадратного перерізу з дифузним відбиванням світла від значення індексу шахти при коефіцієнті світловідбиття 0,4 - 0,97

Під індексом шахти в будівельній світлотехніці розуміють відношення суми площ вхідного та вихідного отворів до площі бічної поверхні шахти, або, що те ж саме для шахт квадратного перерізу, відношення  $a/2H$  (де  $a$  - сторона шахти,  $H$  - її висота).

Як видно з рисунків 1 і 2, максимальні значення ККД припадають на відрізок значень індексу шахти 0.2 – 0.8, що відповідає реальним параметрам світлових шахт.

На рисунку 3 показані залежності різниці значень ККД, який створюється відбитим світлом, світлової шахти з дифузним та дзеркальним відбиттям світла від значення індексу шахти при коефіцієнті світловідбиття 0.4 – 0.97. Як видно з графіків, зі збільшенням коефіцієнта світловідбиття збільшується різниця ефективності шахт.

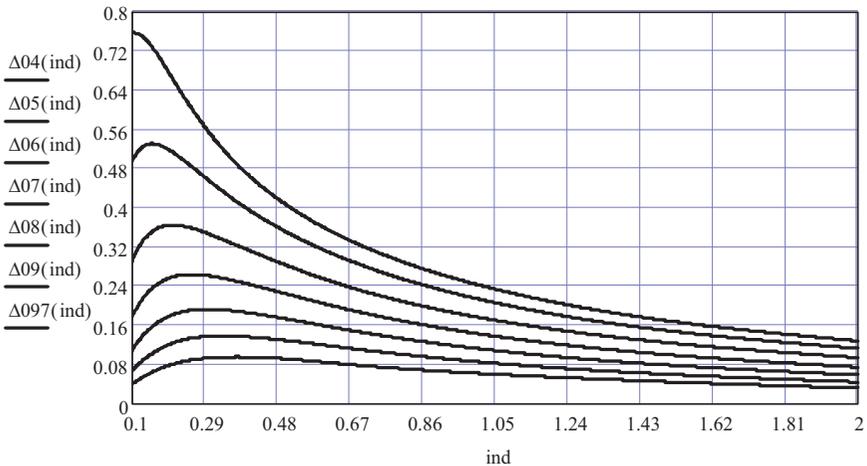


Рисунок 3. Графіки залежності різниці значень ККД, створеного відбитим світлом, світлової шахти квадратного перерізу з дзеркальним та дифузним відбиванням світла від значення індексу шахти при коефіцієнті світловідбиття 0.4-0.97

Для вибору оптимального значення індексу світлової шахти при заданому значенні коефіцієнта світловідбиття з графіків, наведених на рис. 1, 2, були зняті значення індексу, які відповідають максимальному значенню ККД, створюваному відбитим світлом. В результаті побудовані криві залежності індексу шахти від коефіцієнта світловідбиття для дзеркально і дифузно відбиваючих шахт (рис. 4). З рисунку видно, що для дифузно відбиваючих шахт при однаковому значенні коефіцієнта світловідбиття оптимальному значенню ККД відповідають шахти з більшим значенням індексу.

Для вибору одного з геометричних параметрів шахти, якщо відомі значення коефіцієнта світловідбиття (дифузного або дзеркального) і з певних

причин (технологічних, конструктивних тощо) значення одного з геометричних параметрів шахти можна скористатись графіками (рис. 4). Наприклад, нехай внутрішня поверхня шахти має коефіцієнт світловідбиття 0.9 і висота покриття будівлі, в якому влаштовується світлова шахта, становить 3 м. Тоді значенню коефіцієнта світловідбиття 0.9 відповідають значення індексу, який забезпечує максимальний ККД, що створюється відбитим світлом: для дифузно відбиваючої шахти – 0.55, а для дзеркально відбиваючої шахти – 0.28. Оскільки індекс шахти – це відношення сторони шахти до її висоти помноженої на два, то сторона шахти для дифузно відбиваючої становитиме – 3.3 м, а для дзеркально – 1.68 м. Якщо ж відомий розмір сторони шахти, то аналогічним чином можна визначити її висоту.

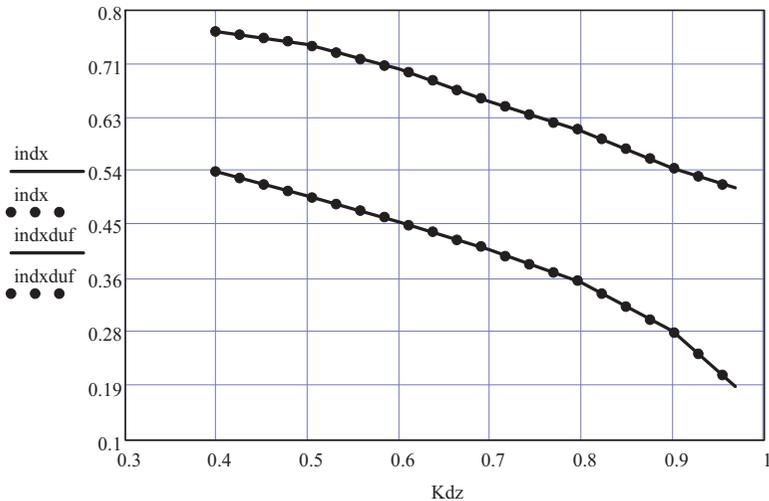


Рисунок 4. Графіки залежності значення індексу шахти, яке відповідає максимальному ККД, створеного відбитим світлом, від значення коефіцієнта світловідбиття для шахти з дзеркальним (нижня крива) та дифузним (верхня крива) відбиванням світла

**Висновки.** Порівняння ефективності світлових шахт свідчить, що дзеркально відбиваючі шахти мають значно більшу ефективність, причому максимальна різниця припадає приблизно на такі значення індексу світлової шахти, які відповідають пропорціям реальних світлових шахт.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на моделювання ККД дзеркально відбиваючих шахт інших форм та розробку методів розрахунку освітленості та інших характеристик світлового поля під світловою шахтою.

## Література

1. *Гарбарук Ю.В., Пугачов Є.В.* Ефективність світлових шахт квадратного перерізу з дзеркальним відбиванням світла // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – 2012. – Вип. 89. – С. 130 – 134.
2. *Кундрат Т.М., Пугачов Є.В.* Геометричне моделювання ефективності світлових шахт у вигляді паралелепіпеда з дифузним відбиванням світла // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – 2008. – Вип. 80. – С. 221-225.
3. *Кундрат Т.М.* Геометричне моделювання освітленості від світлових шахт з дифузним відбиванням світла: дис. ... кандидата техн. наук: 05.01.01. – Київ., 2010. –198 с.
4. *Пугачов Є.В.* Дискретне геометричне моделювання скалярних і векторних полів стосовно будівельної світлотехніки: Дис. ... докт. техн. наук: 05.01.01/К., 2001. – 353 с.

### **ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СВЕТООТРАЖЕНИЯ НА КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ СВЕТОВЫХ ШАХТ КВАДРАТНОГО СЕЧЕНИЯ**

*Ю.В. Гарбарук, Т.Н. Кундрат, Е.В. Пугачев.*

В статье сравниваются эффективности зеркально и диффузно отражающих световых шахт одинаковых геометрических параметров при одинаковых значениях коэффициентов светоотражения. Анализируется характер изменения эффективности, созданной отраженным светом, в зависимости от параметров шахты. Источником света является пасмурный небосвод по стандарту Международной комиссии по освещению (МКО). Приведены зависимости коэффициента полезного действия шахт от их индекса. Показаны кривые зависимости индекса шахты, при котором возникают максимальные значения КПД, от коэффициента светоотражения.

### **INFLUENCE OF COEFFICIENT OF LIGHT- REFLECTING BY EFFICIENCY LIGHT SHAFTS OF SQUARE SECTION**

*Julia V. Garbaruk, Taras M. Kundrat, Eugene V. Pugachov.*

The article compare efficiency of mirror and diffuse reflective light shafts with same geometric parameters, the value of the coefficient of light reflection. Review the nature of changes the efficiency, that generated by reflective light, depending on profile of light shaft. The light source is an overcast sky on the standard of the International Commission on light exposure (ICI). Shows the dependence of the efficiency of mines from their index. Demonstrated the depending curves of shafts index in what arise the maximal value of efficiency depending on coefficient of light reflection.

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ ТА МІКРОКЛІМАТ БУДІВЕЛЬ

*Національний університет „Львівська політехніка”, Україна*

*Проаналізовані та досліджені окремі чинники, які негативно впливають на мікроклімат приміщень. Розглянуто практичне застосування інструментальних, експериментальних та візуальних методів діагностики вологи в конструкціях наявних будівель під час виконання проектів енергоефективності.*

**Постановка проблеми.** Сучасна практика реставраційно-ремонтних та термомодернізаційних робіт в будівлях житлового і громадського фонду історичних міст засвідчує недостатність знань енергоаудиторів щодо засад захисту внутрішнього мікроклімату будівель. Створення комфортного та здорового для людини середовища, особливо в будівлях, віднесених до пам'яток архітектури і історії, обов'язково вимагає застосування досвіду минулого й сучасності в питаннях захисту приміщень і конструкцій від вологості. Це дозволить зберегти сутність санації і створювати середовище, що відповідає сучасним вимогам.

За дослідженнями, проведеними в різних кліматичних зонах, накопичено достатньо епідеміологічних даних про те, що для людей, які тривалий час перебувають в житлових, громадських або промислових будівлях з підвищеним рівнем вологості, вогкості, наявності грибків та цвілі, характерна схильність до збільшення респіраторних порушень та втрати працездатності [1].

Залежність України від постачання енергоносіїв з інших країн спрямовує спільноту до пошуку оптимальних енерговдосконалень у масовій термомодернізації будівель [2,3]. Однак, якщо самоціллю застосування низки заходів архітектурного енергозбереження стає демонстрація економічного та енергетичного ефекту, то часом це призводить до значного погіршення мікроклімату приміщень, і, як наслідок, здоров'я мешканців та працівників.

**Мета статті.** Розглянути аналіз та діагностування вологості в конструкціях як невід'ємну частину проведення термомодернізації будівель.

**Основна частина.** Сучасні програмно-інформаційні розробки дозволяють виключно енергоменеджерам або енергоаудиторам-енергетикам кількісно оцінювати енергетичні переваги термомодернізаційних проектів та їх економічний ефект. Такі спеціалісти застосовують і розраховують типовий набір архітектурно-конструктивних рішень. Бажання інвестора здешевити процес виключає участь архітекторів у проведенні енергоаудитів, а в реальних проектах термомодернізації – зводить до мінімуму. Проте, питання енергоощадності наявної забудови мають вирішувати у першу чергу архітектори. Адже для будівель, що є пам'ятками архітектури та історії, беззастережне застосування типових архітектурно-конструктивних рішень, скажімо, утеплення стін ззовні,

заміна дерев'яних вікон на пластикові, т.ін., щонайменше неприпустимо, а у спеціальних заходах термореновації повинні максимально використовуватись автентичні та індивідуальні матеріали, конструкції і технології [4].

В наших кліматичних умовах та архітектурно-будівельних традиціях дифузія водяної пари або паропроникність (в результаті фільтрації) в огорожувальних конструкціях є механізмом максимального привнесення вологи в матеріали оболонки будинку. Встановлення потоку водяної пари від теплого (з великим парціальним тиском) до холодного (з малим парціальним тиском) середовища через стіну або горищене перекриття утворює скраплену, так звану, конденсаторну вологу. Через зміни зовнішньої температури „точка роси„ пересувається товщею конструкцій, а водяна пара перетворюється на воду і накопичується в ній. В умовах недостатнього рівня паропроникнення конструкцій вода с часом не видаляється. Під час конденсації водяної пари, енергія, попередньо витрачена на випаровування рідини, віддається оточенню та сприяє утворенню середовища для росту мікроорганізмів і грибів.

Характерними для клімату України останніх десятиліть є великі коливання температури повітря. У разі стрімкого підвищення температури зовнішнього повітря після сильних морозів, температура стін з великою тепловою інерцією (притаманна всім історичним будівлям) залишається низькою. В результаті, волога конденсується на зовнішній поверхні стіни. Вода не тільки зволожує конструкції будинку, але й замерзає. Поперемінне замерзання та відтаювання призводить до руйнування захисного і оздоблювального покриття фасаду будинку, елементів декору й скульптури. Під час різкого пониження зовнішніх температур, або якщо температура внутрішньої поверхні конструкції значно нижча за температуру повітря приміщення, конденсація відбувається на внутрішній поверхні конструкції, що створює умови для розмноження грибків, актиноміцетів і інших, вкрай шкідливих для здоров'я людей, бактерій. За умов недостатнього повітрообміну (особливо за меблями або килимами) на внутрішній поверхні стіни можливе навіть замерзання води.

Авторами було проведені та відпрацьовані дослідження вищенаведених чинників в процесі обстеження будівель, що підлягають термореновації. Під час проведення обстежень накопичення вологи в конструкціях були визначені за характерними видимими ознаками:

- ✓ плями або вологі місця поверхні оболонки будинку, особливо в кутах та інших місцях з недостатнім рівнем теплоізоляції;
- ✓ шар криги на внутрішній поверхні стіни;
- ✓ шари цвілі (переважно двох видів: сіро-зеленого або рожевого кольору) на поверхні стін, стелі, підлоги;
- ✓ характерна плямистість внутрішньої площини одношарової панелі стіни великопанельного будинку, переважно для керамзитобетонних панелей, де „проявляються” зволожені крапкові фракції керамзиту в бетоні за рахунок їх високої теплопровідності;
- ✓ сирість у вигляді смужок проявляє тримальні ребра тришарових великих панелей;
- ✓ запах цвілі в приміщенні, задуха, вогкість повітря;

- ✓ присутність грибків на поверхні;
- ✓ видиме руйнування матеріалу конструкції під впливом вологи.

Але не завжди присутність надлишкової вологості в конструкціях можна визначити візуально. Про зволоження теплоізоляційних та інших шарів стіни чи стелі можна дізнатися за допомогою тепловізійної зйомки [5] або за наступними опосередкованими ознаками. Наприклад, розшарування покриття з керамічної плитки та керамзитобетону в стінових панелях є наслідком накопичення вологи в тілі бетону. Руйнування фасадів панельних будинків є типовим для району Сихів у м. Львові, забудованого ДБК-1 з одношарових панелей з покриттям керамічною плиткою для захисту від дії метеорологічної вологи. Атмосферна волога (дощ, сніг, град) разом з вітровим напором також спричиняє насичення конструкції водою. Косі дощі можуть продукувати до 12 літрів води за 1 хвилину на один квадратний метр поверхні стін. І якщо зовнішня поверхня стіни покрита паронепроникним шаром фарби, плитки, пластику, металу, скла, а покрівля – будь-яким гідроізоляційним матеріалом, то волога в конструкції, навпаки, зростає через відсутність повітрообміну між середовищами. Це призводить до суттєвих втрат теплозахисних властивостей. Навіть в тришарових конструкціях (бетон, утеплювач, покриття фасаду) в теплоізоляції утворюється надлишкова волога, яка візуально не спостерігається. В сумішених дахах надлишкову вологу інколи можна діагностувати за допомогою пухирів, що утворюються на поверхні гідроізоляційного покриття.

Але у більшості випадків волога прихована в товщі перекриття або стіни і візуально не визначається. Діагностування прихованої вологості стін або стель автори провадять за допомогою методики інфрачервоної термографії. Вологі ділянки знаходять завдяки різниці температур на поверхнях конструкції, яка для сухих та вологих її частин різна. Частини конструкцій з однаковими значеннями розрахункового опору теплопередачі через наявність вологи в шарах часом можуть мати відмінності фактичного опору до 35%.

Багаторазові зволоження та промерзання термоізоляційного шару в конструкціях оболонки будівель провокує руйнування структури матеріалу, втрачання теплозахисних властивостей, конденсацію водяної пари на поверхнях конструкцій і всередині приміщень. Тривала підвищена вологість створює сприятливі умови для розвитку цвілі, домових грибків, інших мікроорганізмів, розчиненню і накопиченню у вологому повітрі приміщень радону.

Наступним джерелом зволоження елементів будинку є інфільтрація - рух потоків теплого або холодного повітря ззовні в середину приміщень завдяки повітропроникненню крізь товщу матеріалів та щілини в конструкціях при неякісному їх виконанні: нещільність стиків панельних будинків, незаповнені розчином шви цегляної кладки. Рух повітря виникає при різниці тисків між внутрішнім та зовнішнім середовищем якщо перевищується опір повітрепроникнення матеріалу або конструкції. Такий фактор важко розрахувати, тому для діагностики краще застосовувати експериментальні відомості. Необхідний рівень опору повітрепроникнення повинен визначатися та відповідати оптимальним величинам комфорту та енергозощадування. Низький рівень повітропроникності негативно впливає на вологісний режим та

повітрообмін приміщень, що знижує комфорт внутрішнього середовища. Високий рівень – збільшує тепловитрати і є фактором енергоекономічним.

Сучасну практику енергозбереження побудовано на високоякісній ізоляції. Ущільнення наявних вікон, дверей або заміна, переважно, на пластикові конструкції – поширений та доступний метод термореновації будинків в Україні. Але односторонній підхід приводить до протилежних наслідків: збільшенню витрат тепла на обігрівання приміщень. Щільна ізоляція помешкань підвищує вологість та рівень забруднення повітря, провокує виникнення зворотної тяги у витяжних вентиляційних каналах. Такі фактори вимагають примусового провітрювання. Традиційно провітрювання здійснюють відкриванням вікон, дверей, квартир, але така система вентиляції збільшує тепловитрати на 30-50%. Нові пластикові вікна та двері надзвичайно щільні, та, у порівнянні з традиційними вікнами з роздільними стулками, у кілька разів тонші за конструкцією і потребують додаткового утеплення та ущільнення місць примикання до стін. Як правило, стіни, в місцях встановлення нових вікон, не ущільнюються і не утеплюються, що сприяє їх зволоженню, додатковим втратам тепла, росту мікроорганізмів.

Недостатній рівень руху повітря в багатошарових конструкціях оболонки будинку, в тому числі горищного покриття, або велика теплопровідність сумішених дахів, спричиняє інтенсивне утворення бурульок та підвищення вологості повітря приміщень верхніх поверхів, додатковому зволоженню стін і дахів. Досвід доводить переваги застосування вентиляованих фасадів та дахів. Технічні підвали багатопверхових будинків – також реальне джерело вологи для кімнат перших поверхів та потребують реконструкції, обслуговування і осушування.

Зволоження матеріалів конструкцій будівельною вологою притаманне не тільки новозбудованим, але й наявним будівлям та насамперед залежить від величини водопоглинання і водопроникнення матеріалів.

Вирішення вищенаведених проблем можливо:

- шляхом комплексного підходу до архітектурних рішень при одночасному проектуванні примусової вентиляції;
- шляхом створення системи рекуперації тепла з метою забезпечити вимоги енергозаощадності та комфорту приміщень.

**Висновки і рекомендації.** Виконання проектів енергоефективності будівель вимагає діагностики і правильного проектування огорожувальних конструкцій для запобігання впливу вологості та росту мікроорганізмів і, як наслідок, профілактики захворювань людей.

Державні будівельні норми і правила України не приділяють достатньої уваги вимогам забезпечення і комфортного рівня вологи, вогкості, опору повітрянпроникнення, контролю за надлишком вологісного стану конструкцій приміщень будівель. Продовжити наукові дослідження та розробити норми в царині впливу вологості на епідеміологічний стан приміщень і профілактику захворювання людей, відповідно до вимог ВООЗ.

У практиці проведення термомодернізаційних робіт відслідковуються відступи від вимог об'ємно-просторової композиції об'єкту, спроби самовільного та нефахового її трактування енергоменеджерами. Термореновація будинків, що є пам'ятками архітектури і історії, повинна провадитись з

урахуванням архітектурних рішень та з індивідуальним підходом до кожної будівлі для забезпечення комфортного середовища і вимог енергозощадження.

Необхідно розробити та розкрити закономірність створення мікроклімату середовища через вплив вологості в процесі термореновації будівель без зміни архітеконики об'єкту. Розробити та застосовувати методику діагностики і захисту будівель від поширення вологи, які не впливали б на сутність санації об'єкту, у тому числі засобами інфрачервоної термографії, як в процесі проектного обстеження об'єкту, так і контролю якості виконаних робіт.

### **Література**

1. Руководство ВОЗ по качеству воздуха в помещениях: сырость, плесень. Резюме. Publications WHO Regional Office for Europe, Denmark, 2009. – 7с.
2. Вороновський Г.К., Денисюк С.П. Энергетика світу і України. Цифри та факти. – К.: НАНУ відділ фізико-технічних проблем, 2005.– т.І. – 346 с.
3. Фаренюк Г.Г. Теплова надійність огорожувальних конструкцій та енергоефективність будинків при новому будівництві та реконструкції. Автореф. дис...д-ра т.н.:05.23.01.-Полтава: ПНТУ ім. Ю.Кондратюка,2009.-36с.
4. Szuldan L. Osobliwości przeprowadzenia energetycznych badan' pomników architektury na przykładzie Rady Miejskiej m. Lwowa // Materiały międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji “Energooszczedności sfer nieprodukcyjnego przeznaczenia”, Polska, Kraków, 1999. – S. 31–36.
5. Бродський М., Гой В., Зелянвський Ю., Кондратов П. Тепловізійний аудит промислових та житлових об'єктів // Проблеми економії енергії. – Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2001. – С.197-198.

### **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ И МИКРОКЛИМАТ ЗДАНИЙ М.О.Бродський, Л.О.Шулдан**

Проанализированы и исследованы отдельные факторы, негативно влияющие на микроклимат помещений. Рассматривается практическое применение инструментальных, экспериментальных и визуальных методов диагностики влаги в конструкциях существующих зданий во время выполнения проектов энергоэффективности.

### **EFFICIENT of ENERGY ARCHITECTURAL SOLUTIONS AND INDOOR CLIMATE of BUILDINGS M.O. Brodskij, L.O. Shuldan**

Analysed and explored individual factors that have negative effect on the microclimate in buildings. Were consider revising the practical application of instrumental, experimental and visual ways of diagnostics of moisture in constructions of existing buildings during energy efficiency project.

## СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ ОРАНЖЕРЕИ В ТЕПЛОМ БАЛАНСЕ МАЛОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,  
Украина, Симферополь*

*В статье предложен способ количественной оценки на стадии проектирования доли солнечной энергии оранжереей в тепловом балансе энергоэффективного малоэтажного здания. В расчётах используются данные солнечной радиации за каждый месяц отопительного периода в Южных областях Украины.*

За последние 20 лет широкое распространение получили «солнечные дома», хозяйства от коттеджа до поместья, большая часть энергетических потребностей которых обеспечиваются солнечной энергией.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Концепция Active House получает сегодня все большее распространение в странах Европы и представляет собой комплексную систему, цель которой – достижение баланса между энергосбережением, комфортным проживанием и бережным отношением к природе

- Концепция Active House подразумевает эффективное использование энергии благодаря снижению теплопотерь и использованию энергии из возобновляемых источников.
- Проектирование по принципам Active House учитывает климатические и географические особенности местности.

Самую большую надежду ученые возлагают на солнечный свет. По мнению лауреата Нобелевской премии Жореса Алферова, являющегося ярким сторонником его использования в качестве альтернативного источника энергии, за солнечной энергетикой — будущее человечества.

Для того, чтобы оценить насколько удачно архитектору удалось решить задачи по проектированию энергоэффективного здания необходимо иметь объективную количественную характеристику достигнутого результата [1,4].

Солнечное тепло может поступать в здание через:

- пристроенную к южному фасаду здания солнечную теплицу (оранжерея, зимний сад);
- южную остекленную теплоаккумулирующую стену Тромба (или другие устройства);
- окна южной ориентации.
- активные солнечные системы

**Целью** данной статьи является определение доли тепловой солнечной энергии в тепловом балансе малоэтажного здания в южных областях Украины.

**Основная часть.** Рассмотрим подробнее оценку повышения энергоэффективности здания за счёт пристроенных к южному фасаду здания оранжерей (помещений для нагрева воздуха).

В расчётах поступления солнечного тепла в здание используются данные солнечной радиации для выбранного района застройки. В строительных нормах «Строительная климатология» [3] приведены данные солнечной радиации для ясного неба (рис. 2) для Симферополя. Судя по графику солнечной радиации для южного вертикального фасада, в летние месяцы количество солнечной радиации меньше чем в весенние и осенние месяцы. Этот факт необходимо учитывать при проектировании энергоэффективных зданий.

Трёхмерная модель наглядно демонстрирует, что наибольшее количество солнечной радиации поступает на вертикальную плоскость юго-восточной, южной и юго-западной ориентаций в сентябре, октябре и ноябре.

Эти данные необходимо учитывать при расчёте теплового баланса ежемесячно, что позволит определять долю энергии в этом балансе, генерируемой отопительными приборами. В свою очередь, эти результаты могут быть учтены при повышении энергоэффективности жилого здания за счёт соответствующего архитектурно-планировочного решения и подбора активных и пассивных солнечных коллекторов на стадии проектирования здания[4].

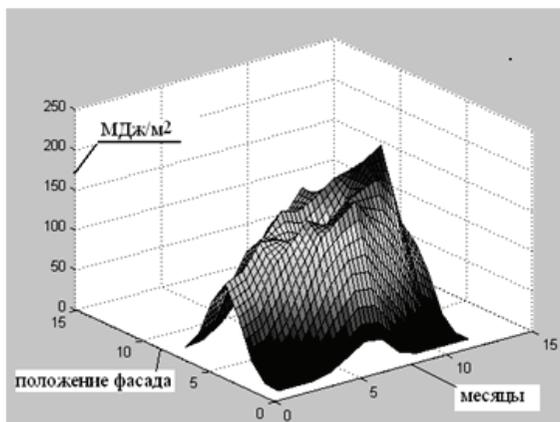


Рис.2. Интенсивность солнечной радиации в Симферополе

В пассивных солнечных системах прямого обогрева улавливается солнечное излучение, поступающее внутрь здания через светопрозрачные ограждающие конструкции с южной стороны (рис. 4). Помещения для воздушного нагрева могут быть в виде оранжерей, атриумов, остеклённых террас, парников.

В настоящей работе предлагается расчёт теплоступлений через светопрозрачные ограждающие конструкции производить ежемесячно для отопительного периода.

С учетом теплопередачи общее количество солнечной энергии, пропущенной через окно за день, определяется по формуле

$$I_{\text{ост}} = I_s \pm E_{\text{пот}}$$

$E_{\text{пот}} = K(t_b - t_n) F$  - потери тепловой энергии через светопрозрачные конструкции.

Так, например, для января  $E_{\text{пот}} = K(t_b - t_n) = 1,7(22 - (-18)) = 68 \text{ Вт/м}^2$  – потери энергии в холодную пятидневку для Симферополя.

Где,  $K$  - коэффициент теплопередачи через светопрозрачные конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ;

$t_b$  - температура внутреннего воздуха;

$t_n$  - температура наружного воздуха выбирается из таблицы 2 как среднемесячная температура [3];

$F$  - площадь солнцезащитного остекления южной стены,  $\text{м}^2$ .

Поступление тепловой солнечной энергии определяется по формуле:

$$I_s = I \times F \times \zeta \times \varepsilon,$$

где  $I$  – энергетическая освещённость вертикальной плоскости для января месяца, которая выбирается по таблице 10 [3] и пересчитывается с учётом облачности (Таблица 26) [3]. Для остальных месяцев данные взяты из работы проф. Сергейчука О.В. [5];

$F$  – площадь светопроёма, ориентированного на соответствующие стороны горизонта;

Таблица 1.

Значения удельной остаточной тепловой энергии в оранжерее.

	$\Sigma$ за 6 часов. $\text{Вт}/\text{м}^2$	Солнечная радиация $\text{Вт}/\text{м}^2$ с учётом облачности в час в течение 6 часов	$\zeta \times \varepsilon$ 0,43	Среднемесячн. $t^0$	$E_{\text{пот}}$ $\text{Вт}/\text{м}^2$	$I_{\text{ост}}$ $\text{Вт}/\text{м}^2$ в час в течение суток
Октябрь	3210	$3210 * 0,73/6 = 390$	168	11	18,7	$149/4 = 37$
Ноябрь	3345	$3345 * 0,52/6 = 290$	125	6,1	27,2	$98/4 = 26$
Декабрь	2880	$2880 * 0,43/6 = 206$	89	2,1	34	$55/4 = 14$
Январь	3086	$3086 * 0,47/6 = 242$	104	-0,3	37,4	$67/4 = 17$
Февраль	3270	$3270 * 0,53 /6 = 289$	124	-0,4	37,4	$87/4 = 22$
Март	3042	$3042 * 0,61/6 = 309$	133	3,7	30,6	$102/4 = 26$
Апрель	2342	$2342 * 0,72/6 = 281$	121	10	20	$101/4 = 25$

$\zeta$  - коэффициент, учитывающий затенение светопроема, который принимается по табл. Н.1 (2);

$\varepsilon$  - коэффициент относительного проникновения солнечной радиации для светопрозрачных конструкций, который принимается по паспортным данным или по табл. Н.1(2).

Для семи месяцев посчитаны значения удельной остаточной тепловой энергии в оранжерее (таблица 1). Наглядно эти значения изображены на гистограмме (рис. 3).

Одноэтажный дом с цокольным этажом, открытой террасой, оранжереей (помещение для нагрева воздуха) и отапливаемой площадью  $290 \text{ м}^2$  в декабре месяце имеет теплопотери 3,5 кВт. В расчёты заложены значения минимально допустимых сопротивлений теплопередачи ограждающих конструкций здания (Таблица 1) [4].

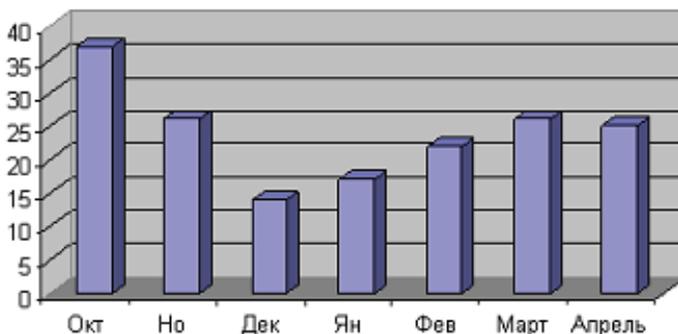


Рис.3. Гистограмма остаточных удельных теплопоступления в оранжерее Вт/м<sup>2</sup>

Таблица 2.

Доля теплопоступлений в оранжерее в тепловом балансе здания

Месяцы	Потери Квт. Без буф. Помещ.	С потерями на вентиляцию 30%	Теплопоступления. Оранжерея	Доля в тепловом балансе, %
Октябрь	1,4	1,8	1,0	55
Ноябрь	2,1	2,7	0,7	26
Декабрь	2,7	3,5	0,4	11
Январь	3	3,9	0,5	13
Февраль	3	3,9	0,6	15
Март	2,4	3,1	0,7	23
Апрель	1,5	2	0,7	35

Тепловая солнечная энергия, поступающая в оранжерею в декабре месяце  
 -  $Q_{ор} = I_{ост} * F = 14 \text{ Вт/м}^2 * 28 \text{ м}^2 = 0,4 \text{ Квт.}$

$I_{\text{ост}}$  -интенсивность остаточной солнечной радиации Вт/м<sup>2</sup> берётся из таблицы 1.  
F – площадь светопрозрачного ограждения оранжереи. Для выбранного примера  $F = 14\text{м} * 2\text{м} = 28\text{ м}^2$ .

Тестирование оранжереи (рис. 4) и «солнечного дома» в Симферопольском районе начато в 2011 году (Таблица 2). В этом доме, потребление органического топлива сокращено на 40% за счёт «солнечной» архитектуры и устройств солнечного нагрева теплоносителей.



Рис. 4. Оранжерея

**Выводы.** Предложенный способ количественной оценки теплопотерь и теплопоступлений в оранжереи позволяет на стадии проектирования оценить долю солнечной энергии оранжереи в тепловом балансе здания.

За счёт использования солнечной энергии в холодное время года можно существенно повысить энергоэффективность жилого здания и существенно уменьшить сжигание органического топлива. В предложенном способе расчёты ведутся по данным среднемесячных температур и солнечной радиации.

### Литература

1. Табунчиков Ю. А., Бродач М. М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности. - М.:АВОК - ПРЕСС, 2002г
2. ДБН В.2.6. - 31:2006. Тепловая изоляция зданий. Государственные строительные нормы Украины. Конструкции зданий и сооружений. Киев 2006.
3. ДСТУ – Н Б В.1.1 – 27:2011. Строительная климатология. Киев 2011.
4. Дворецкий А. Т. Энергоэффективный коттедж с максимальным использованием солнечной энергии/ Дворецкий А.Т., Максименко А.Е.,Денисова Т.В.// Материалы международного симпозиума «Устойчивая архитектура», Москва, ноябрь 2011. С. 142.

5. *Сергейчук О. В.* Геометрична комп'ютерна модель” Atmospheric Radiation” для енергоефективного будівництва. Енергосбереження в будівництві та архітектурі. .-Київ:-2011 -вип. 1.- С 22-28.

**СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ ОРАНЖЕРЕЇ В ТЕПЛОВОМУ БАЛАНСІ  
МАЛОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ**

**А. Т. Дворецкий, Д. А. Дворецкий**

У статті запропонований спосіб кількісної оцінки на стадії проектування частки сонячної енергії оранжереї в тепловому балансі енергоефективної малоповерхової будівлі. У розрахунках використовуються дані сонячної радіації за кожен місяць опалювального періоду в Південних областях України.

**THE SUN ENERGY SHARE OF THE PASSIVE COLLECTOR IN  
THERMAL BALANCE OF SMALL - FLOOR BUILDING**

**A. T. Dvoretzky, A. T. Dvoretzky**

The method of quantitative estimation of sun energy share of the passive collector in thermal balance of energy affective small - floor building on the design stage is offered in the article. Information of sun radiation for each month of heating period in the Southern regions of Ukraine is used in calculations.

## ДОСВІД МОДЕРНІЗАЦІЇ ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

*В статті йдеться про модернізацію водогрійних котлів систем централізованого теплопостачання шляхом заміни пальників та систем автоматизації і управління роботою котлів. Проведено аналіз проблем, що виникають при заміні пальників, наведено досвід закордонних фірм по модернізації котлів, вироблених у СРСР. Наведені конкретні показники роботи модернізованих котлів.*

Системи централізованого теплопостачання міст України не відповідають сьогоднішнім вимогам з енергоефективності. Викликано це тим, що вони були спроектовані і побудовані, в кращому випадку, сорок років тому. Відповідно, технічні рішення закладені в них та технічні засоби їх реалізації у більшості випадків застарілі і досить часто не відповідають сьогоднішньому рівню розвитку техніки в цій галузі.

Будучи єдиним технічним організмом система централізованого теплопостачання для аналізу перспективи її модернізації або реконструкції з метою підвищення енергоефективності може бути розкладена на три основні підсистеми: джерело теплоти, система трубопроводів для передачі теплоти споживачу (теплова мережа) та пристрої перетворення теплоти у її споживача (абонентські вводи або індивідуальні теплові пункти). Для кожної з підсистем можна знайти свої напрямки модернізації. При цьому для розробки шляхів підвищення ефективності роботи основних підсистем їх можна розкласти на більш дрібні елементи. Так, джерела теплоти – водогрійні котельні – можна розкласти на ряд підсистем: власне котли та допоміжні підсистеми (насосні групи, система паливоподачі, водопідготовка, електропостачання) хоча, безумовно, найбільший ефект дає модернізація саме котлів. Для аналізу використаємо загальноприйняте рівняння теплового балансу котла [1]:

$$q_p^p = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 \quad (1)$$

Аналіз проводимо тільки для газомазутних котлів, тому  $q_4$  та  $q_6$  з аналізу виключаємо.

Для зменшення  $q_2$  є два відомих шляхи зменшення температури газів, що доходять навіть до організації конденсаційного режиму роботи котлів та зменшення присосів. Другий спосіб пов'язаний зі зменшенням  $q_5$ , чого можна досягнути шляхом вдосконалення конструкції обмуровки та використання більш ефективних теплоізоляційних матеріалів.

Особливу цікавість викликає проблема зменшення  $q_3$ , яка пов'язана з якістю організації процесів горіння в топках котлів. Рівень організації цього процесу, а відповідно і теплова ефективність топки котла залежить як від

ступеня досконалості пальника, так і від відповідності пальника геометричній конфігурації та конструктивним особливостям топки [2].

Водогрійні котли, які використовуються в котельних централізованих систем тепlopостачання середньої та великої потужності – це, в основному, котли серій КВГМ та ПТВМ. В них використовуються пальники типу ГМГ та РГМГ, які розроблені півстоліття тому. На момент розробки вони цілком відповідали існуючим тоді уявленням вимог до пальників і за деякими параметрами випереджали навіть зарубіжні аналоги. Однак, наразі вони вже не задовольняють жорстким вимогам, висунутим зараз до пальників і поступаються за своїми характеристиками аналогічним виробам таких світових лідерів у цій області, як Weishaupt, Pillard, SAACKE, RAY, Oilon, Riello, проте як і стандарту, вимогам якого останні відповідають [3].

Здавалось б, є простий вихід – зробити заміну застарілих пальників разом з системою автоматики, які не задовольняють навіть деяким вимогам СНиП на проектування котельних установок [4]. Однак, таке спрощене уявлення часто призводить до великої витрати коштів без досягнення позитивного ефекту, а найчастіше і до негативних результатів. Таке стає можливим, якщо попередньо не зробити моделювання температурного поля в топці котла, в якому планується заміна встановлених пальників на інші, оскільки самий найкращий пальник, призначений для використання в котлах (наприклад, при використанні пальників для котлів з глибокими топками в котлах з короткою топкою), може призвести до негативних результатів. Тому світові лідери в виготовленні промислових пальників досить обережно підходять до пропозицій використовувати їх пальники для модернізації котлів, що використовуються в котельнях централізованих систем тепlopостачання в Україні та інших державах СНД. Результати моделювання роботи топок котлів, що використовуються у нас, з імпортованими пальниками часто призводять до необхідності вносити певні корективи в конструкції пальників і не всі виробники легко на це погоджуються. Аналіз проведених модернізацій, які здійснювались в основному на водогрійних котлах серій КВГМ та ПТВМ в країнах бувшого СЕВ, Прибалтики та частково РФ показує, що простіше пройшла модернізація котлів серії КВГМ. Так, фірма SAACKE ГмВН має досвід прямої заміни пальників для КВГМ–10, 20, 30, 50. Фірма Five Pillard має досвід прямої заміни пальників на котлах КВГМ–100. Фірма Elko при модернізації котла КВГМ–20 у Латвії була вимушена використовувати два пальники меншої потужності замість одного штатного, оскільки конструкції її пальників необхідної потужності передбачались для жаротрубних котлів, що мають більш глибоку топку. Складніше справа йде з котлами серії ПТВМ. Ці котли мають вертикальну топку і за проектом оснащені великою кількістю пальників відносно невеликої потужності – від шести для ПТВМ–30 до двадцяти для ПТВМ–180.

Різні виробники показали різні підходи до модернізації котлів цієї серії. Так, Fives Pillard в Литві та Естонії для котлів ПТВМ–50 провели заміну 12 штатних пальників на 12 своїх пальників. При цьому в одному випадку для кожного пальника був передбачений власний дуттьовий вентилятор, а в іншому

випадку використовувались два дуттьових вентилятора – по одному на кожні шість пальників.

Фірма RAY GmbH для модернізації такого котла використала два газомазутні пальники, розташовані на одній стінці топки одна над другою.

Для котлів ПТВМ–100 фірма SAACKE GmbH використала 6 пальників замість 16 штатних. Ці 6 пальників були розташовані у два яруси на одній стінці по 3 пальника в ярусі. Фінським Oilon у Софії при реконструкції котлів ПТВМ–100 використано 6 пальників, розташованих по різні боки топки по 3 на стіні, розміщені на різних рівнях та напрямлені під кутом в сторону поду топки. Необхідно відмітити, що в цьому випадку мова йшла про реконструкцію котла зі збільшенням розмірів топки з відповідним збільшенням площ поверхонь нагріву для досягнення потужності 128 Гкал/год. Пальники використані зі зниженим рівнем генерування NO<sub>x</sub>.

Фірма Weishaupt в Угорщині при модернізації котла ПТВМ–30 використала замість шести штатних пальників, розташованих по три штуки на двох протилежних бічних стінах котла, всього три блочних пальника, що розташовані в поду котла.

Таким самим шляхом пішло підприємство «Спецінжбуд», розташувачи два пальника фірми SAACKE GmbH в поду котла ПТВМ-30, залишивши штатні вентилятори.

У Латвії котли ПТВМ–100 модернізовані з використанням пальників фірми «Todd», які в кількості чотирьох штук розташовані на одній стінці котла. При цьому використовується один дуттьовий вентилятор на всі пальники.

В Естонії два котла ПТВМ–100 модернізовані різними способами. Один котел модернізовано шляхом оснащення всіх 16 штатних пальників індивідуальними дуттьовими вентиляторами та автоматикою, що забезпечує автоматичне розпалювання кожного пальника та їх почергове включення. Другий котел оснащений пальниками фірми Hamworthy, розташованими на двох протилежних стінах під кутом в напрямку поду і на різних рівнях.

Аналіз результатів досліджень показав, що при роботі на природному газі підвищувався середньозважений ккд, тобто середній по всьому діапазону навантажень, у всіх випадках покращились екологічні показники роботи котлів. Нижче приведено значення викидів для деяких котлів після заміни пальників:

- для котлів ПТВМ–100 з пальниками SAACKE NO<sub>x</sub> менше 150 мг/м<sup>3</sup> викидів NO<sub>x</sub> та CO біля 50 мг/м<sup>3</sup>;
- з пальниками Hamworthy NO<sub>x</sub> 180 мг/м<sup>3</sup> і CO 50 мг/м<sup>3</sup>;
- з пальниками РГМГ з індивідуальними дуттьовими вентиляторами та автоматикою NO<sub>x</sub> 140 мг/м<sup>3</sup> і CO 80 мг/м<sup>3</sup>;
- з пальниками Oilon (з врахуванням збільшення потужності котла до 120 Гкал/год) – NO<sub>x</sub> 200 мг/м<sup>3</sup> і CO 200 мг/м<sup>3</sup>.

Для котлів ПТВМ–50 існує три варіанта:

- два пальника фірми RAY GmbH показники NO<sub>x</sub> 160 мг/м<sup>3</sup> і CO 40 мг/м<sup>3</sup>

- дванадцять пальників Fives Pillard з двома дуттьовими вентиляторами по одному на шість пальників дали  $\text{NO}_x$  200  $\text{мг/м}^3$  і  $\text{CO}$  50  $\text{мг/м}^3$
- для котлів ПТВМ–30 з трьома пальниками фірми Weishaupt маємо  $\text{NO}_x$  140  $\text{мг/м}^3$  і  $\text{CO}$  30  $\text{мг/м}^3$
- з двома пальниками SAACKЕ отримані викиди дали  $\text{NO}_x$  150  $\text{мг/м}^3$  і  $\text{CO}$  10  $\text{мг/м}^3$

У Російській Федерації також є досвід модернізації котлів серії ПТВМ. Однак російські спеціалісти не обмежуються заміною пальників зі зменшенням їх кількості, але й пропонують реконструювати конвективну частину з заміною труб на труби 38x4 із зовнішнім оребренням, замінити штатні вентилятори на сучасні більшої одиничної потужності [5]. Багато уваги в РФ приділяють збільшенню потужності котлів шляхом збільшення площі поверхонь нагріву, при цьому для зменшення викидів  $\text{NO}_x$  та підвищення надійності експлуатації системи повітропостачання пропонується застосовувати рециркуляцію димових газів, подаючи їх на всмоктування дуттьовими вентиляторами [6]. Стверджується, що концентрація викидів азоту може впасти до 80  $\text{мг/м}^3$  при роботі на природному газі.

Таким же шляхом в 2010 році в Німеччині вже вдруге були модернізовані котли ПТВМ-100 з пальниками фірми SAACKЕ після п'ятнадцяти років експлуатації, оскільки з моменту першої модернізації у 1995 році у Європі були введені більш жорсткі норми з викидів  $\text{NO}_x$  та  $\text{CO}$ .

В усіх випадках була повністю замінена система автоматизації і управління роботою котлів, без чого заміна пальників втрачає сенс.

## Література

1. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. – М.: Энергия, 1973. – 295 с.
2. Гурвич А. М., Блох А. Г. О температуре топочного пространства // Энергомашиностроение, 1956. – № 6. – С. 11 – 15.
3. Hansen M., Jeschar R. Verbrennung bei gleichzeitiger Wärmeübertragung // Archiv für das Eisenhüttenwesen, 1959. – № 7. – P. 397 – 406.
4. Поляк Г. Л., Шорин С. Н. О теории теплообмена в топках. – Изв. АН СССР. ОТН, 1949. – № 12. – С. 1832 – 1847.
5. Щелоков В. М., Ладыщев В. В., Лисейкин И. Д., Тодорович А. В. Модернизация водогрейных котлов типа ПТВМ и КВГМ <http://pk-imperia.ru/articles/modernizacia-vodogreinyx.htm>
6. Щелоков В. М., Ладыщев В. В., Лисейкин И. Д., Тодорович А. В. Модернизация водогрейных водотрубных котлов типа ПТВМ и КВГМ // Новости теплоснабжения, 2011. – № 4.

## **ОПЫТ МОДЕРНИЗАЦИИ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ**

*П. М. Гламаздин, Д. П. Гламаздин*

В статье идет речь о модернизации водогрейных котлов систем централизованного теплоснабжения путем замены горелок и систем автоматизации и управления работой котлов. Проведен анализ проблем, возникающих при замене горелок, приведен опыт зарубежных фирм по модернизации котлов, произведенных в СССР. Приведены конкретные показатели работы модернизированных котлов.

## **AN EXPERIENCE OF MODERNIZATION OF GREAT CAPACITY'S WATER-HEATING BOILERS**

*Pavel M. Glamazdin, Dmitry P. Glamazdin*

In the article the speech goes about modernization of the boilers of district heating systems by replacing the burners and automation and control systems of boilers. The article analyzes problems arising during the replacement of the burners, an experience of foreign companies with modernization of the boilers, manufactured in the USSR is given. Specifications of the upgraded boilers are given.

## ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОВІТРООБМІНУ ТА ПОВІТРОРОЗПОДІЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ЗІ СКЛАДНОЮ ГЕОМЕТРІЄЮ

*Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна*

*Розглянуто вплив організації повітрообміну і повітророзподілення на енергоефективність систем кондиціонування повітря та вентиляції. Запропоновано застосування напрямляючих щитів в приміщеннях зі складною геометрією для зміни напрямку і витрати припливних струмин.*

**Постановка проблеми.** Головним напрямком енергоефективного виконання будівель та їх експлуатації є комплексний підхід. Він передбачає фахове визначення енергоефективності всіх інженерних систем будівлі при будь-якому їх конструктивному виконанні (системи опалення, гарячого водопостачання, вентиляції, кондиціонування, освітлення) за певних характеристик теплової оболонки будівлі. Усі ці складові єдиного ланцюга з вимогами до його інспектування на сьогодні унормовані європейськими нормами [1...9]. Зазначений підхід прийнято до реалізації і в Україні. Однак, на даний час Міненергбудом прийнято норми, які охоплюють питання енергоефективності як при проектуванні, так і при експлуатації лише систем опалення. Що стосується енергоефективності при проектуванні та експлуатації систем вентиляції та кондиціонування повітря, то ці питання неунормовані та підлягають опрацюванню.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В роботі [10] на основі системного підходу до систем кондиціонування (СКП) та вентиляції (СВ) показано, що підсистема організації повітрообміну та повітророзподілення принципово відрізняються від інших підсистем СКП та СВ тим, що безпосередньо формує параметри повітряного середовища у приміщенні. Це єдина підсистема, яка одночасно впливає на всі техніко-економічні показники (витрату теплоти, холоду, повітря, води на його зволоження) та експлуатаційно-енергетичні показники (витрату електроенергії, матеріалів, надійність роботи та інші).

Комплексний підхід до оцінки підсистеми організації повітрообміну і повітророзподілення застосовано А.А. Римкевичем [11] та Т.А. Верховою [12]. Сучасні схеми і засоби повітророзподілення, сучасні методи розрахунку дозволяють вибирати такі рішення [13, 14], які забезпечують нормативні параметри повітряного середовища в робочій зоні приміщень різного призначення та конструкції. При цьому для одних і тих самих умов можливо запропонувати декілька рішень, що відрізняються техніко-економічними показниками. Для вибору оптимального варіанту необхідна їх оцінка та порівняння на базі обґрунтованого комплексу показників. Г.М. Позінім [15] було запропоновано метод комплексної оцінки ефективності систем

повітророзподілення за допомогою коефіцієнта повітрообміну  $K_l$ , що являє собою безрозмірний симплекс, що пов'язує температури повітря – витяжного  $t_l$ , припливного  $t_{in}$  та робочої зони  $t_{wz}$ :

$$K_l = \frac{t_l - t_{in}}{t_{wz} - t_{in}} = \frac{\Delta t_l}{\Delta t_{wz}}. \quad (1)$$

Чим більший коефіцієнт  $K_l$  - тим раціональніше організовано повітрообмін в приміщенні. Співвідношення для знаходження кількості припливного повітря з врахуванням коефіцієнта повітрообміну має вигляд:

$$L_{in} = L_{wz} + \frac{Q - c \cdot L_{wz} \cdot \Delta t_{wz}}{c \cdot K_l \cdot \Delta t_{wz}} = L_{wz} + \frac{\bar{Q} - L_{wz}}{K_l}, \quad (2)$$

де  $\bar{Q} = \frac{Q}{c \cdot \Delta t_{wz}}$  - відношення надлишків повної до надлишків явної

теплоти.

Значення коефіцієнта  $K_l$  безпосередньо впливає на витрати тепла та холоду в приміщенні. Так для приміщень, що обслуговуються системами з рециркуляцією повітря, в яких мають місце тепловиділення, при нагріві припливного повітря відношення витрат теплоти при  $K_l \neq 1$  ( $Q'_T$ ) до витрат теплоти при  $K_l = 1$  ( $Q_T$ ) визначається за виразом:

$$\frac{Q'_T}{Q_T} = 1 + \frac{\frac{G_H^{\min}}{G_0} Q_{надл} \left(1 - \frac{1}{K_l}\right)}{Q_T}, \quad (3)$$

де  $G_H^{\min}$  - мінімально необхідна витрата зовнішнього повітря за санітарними нормами або за умов компенсації витяжної вентиляції;  $Q_{надл}$  - теплонадлишки в приміщенні;  $G_0$  - витрата повітря, що подається в приміщення.

Витрата холоду в залежності від коефіцієнта повітрообміну  $K_l$  має вигляд:

$$\frac{Q'_X}{Q_X} = 1 + \frac{\frac{G_{Flex}^{\min}}{G_0} Q_{надл} \left(\frac{1}{K_l} - 1\right)}{Q_X}, \quad (4)$$

де  $Q'_X$  - витрата холоду при  $K_l \neq 1$ ;  $Q_X$  - витрата холоду при  $K_l = 1$ .

**Постановка задачі.** В даній статті розглянуто метод комплексної оцінки енергоефективності схем організації повітрообміну за допомогою коефіцієнта повітрообміну  $K_l$  для приміщень зі складною геометрією.

**Основна частина.** Коефіцієнт повітрообміну  $K_l$  визначається експериментально або теоретично, ґрунтуючись на наближеному математичному описанні тепло-повітряних процесів у вентильованих приміщеннях.

Для теоретичного способу визначення коефіцієнта  $K_l$  застосовують наближені математичні моделі, що складаються з систем рівнянь збереження енергії, витрати та тиску. Розробка математичної моделі включає в себе чотири етапи:

- 1) виявлення розрахункової моделі теплообміну;
- 2) складання системи рівнянь збереження тепла і маси;
- 3) приведення системи балансових рівнянь до розрахункового вигляду;
- 4) постановка конкретної задачі та рішення системи рівнянь.

В розрахунковій схемі з необхідним ступенем деталізації виявляються всі характерні об'єми та поверхні теплообміну, враховуються потоки теплоти та маси, взаємодія яких формує мікроклімат в приміщенні. Для всіх характерних об'ємів та поверхонь у відповідності до розрахункової схеми складаються рівняння збереження тепла та маси. Сукупність співвідношень тепло-повітряних балансів утворює систему рівнянь, що являє собою математичну модель тепло-повітряних процесів у вентилярованому приміщенні. В результаті вирішення даної системи знаходяться шукані значення потоків тепла, маси та значення коефіцієнта повітрообміну  $K_l$ .

В разі, якщо система балансових рівнянь є доволі складною, доцільно будувати номограми, графіки, таблиці та застосовувати ЕОМ.

Розглянемо значення коефіцієнтів повітрообміну  $K_l$  для схеми повітророзподілення зосередженими горизонтальними струминами та схеми з використанням напрямляючих щитів для приміщення, розділеного на зони.

Робоча зона приміщення розділена на дві зони (зони I, II), в яких необхідно підтримувати нормативне значення температури  $t_{wz}$  (Рис.1). Припливне повітря з температурою  $t_{in}$  в кількості  $L_{in}$  подається горизонтальною струминою на відмітці  $h < 0,85 * H_n$ , де  $H_n$  – висота приміщення. В другому критичному перерізі струмина має найбільшу витрату  $L_{fl}$ . Температура повітря в струміні за другим критичним перерізом не змінюється і дорівнює  $t_{fl}$ . Видалення повітря в кількості  $L_l = L_{in}$  відбувається з верхньої зони. Температура витяжного повітря  $t_l$ . Тепловиділення в зонах I та II ( $Q_{wzI}$  та  $Q_{wzII}$ ) в даному прикладі прийнято рівними:

$$Q_{wzI} = Q_{wzII}, \quad Q_{wzI} + Q_{wzII} = Q_{wz}. \quad (5)$$

У верхній зоні приміщення виділяється теплота в кількості  $Q_{uz}$ .

При складанні балансових рівнянь для випадку зосередженої подачі повітря в приміщенні, розділеному на дві зони, виділяються 4 характерні об'єми (Рис.1.): I, II – перша та друга робочі зони (зони зворотнього току, що розташовані нижче струмини); III – припливна струмина; IV – верхня зона (зона зворотнього току над струминою).

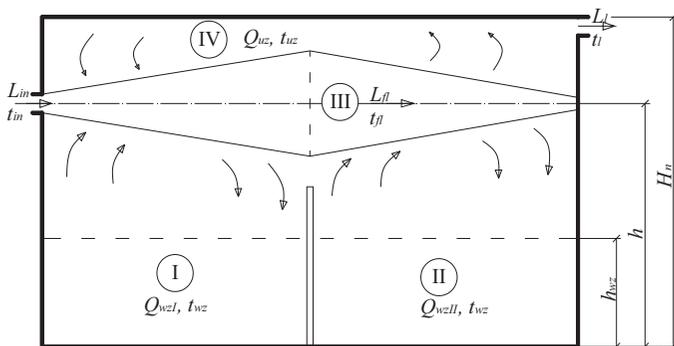


Рис.1. Розрахункова схема приміщення для визначення коефіцієнта ефективності повітрообміну при схемі повітророзподілення зосередженими горизонтальними струминами

Вирішуючи систему балансових рівнянь та застосовуючи формули переходу, отримано значення коефіцієнта повітрообміну:

$$K_l = \frac{0,5 \cdot \bar{L}_{fI}}{2 \cdot \bar{Q}_{wzI} + 2 \cdot \bar{Q}_{wzII} + 0,5 \cdot \bar{L}_{fI} - 1}, \quad (6)$$

де  $\bar{L}_{fI} = \frac{L_{fI}}{L_{in}}$ ,  $\bar{Q}_{wzI} = \frac{Q_{wzI}}{Q}$ ,  $\bar{Q}_{wzII} = \frac{Q_{wzII}}{Q}$ ,  $Q = Q_{wzI} + Q_{wzII} + Q_{wz}$ .

Для визначення коефіцієнта ефективності повітрообміну схеми з використанням напрямляючих щитів використовуються вихідні дані, аналогічні попередньому прикладу (Рис.2.). Над першою та другою робочими зонами розташовано напрямляючі щити. На вході в першу та другу робочі зони струмина має параметри  $L_{fII}$ ,  $t_{fII}$  та  $L_{fIII}$ ,  $t_{fIII}$ . Площа струмини на вході в першу та другу робочі зони дорівнює  $F_{fII}$  та  $F_{fIII}$  відповідно.

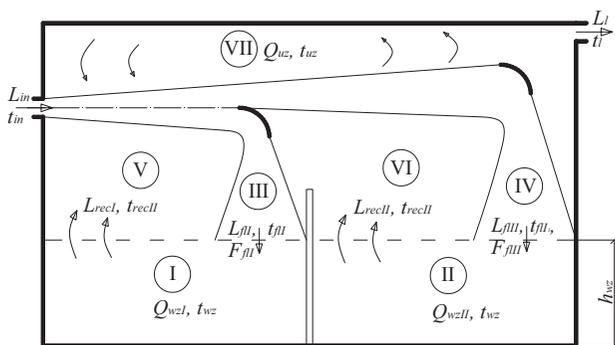


Рис.2. Розрахункова схема для визначення коефіцієнта ефективності повітрообміну приміщення з напрямляючими щитами

При складанні балансових рівнянь виділяються сім характерних об'ємів (Рис.2.): I, II – перша та друга робочі зони; III, IV – припливні струмини до

верхнього рівня робочої зони; V, VI – зони зворотнього току; VII – верхня зона (зона зворотнього току над струминою).

Вирішуючи систему балансових рівнянь та застосовуючи формули переходу, отримано значення коефіцієнту повітрообміну:

$$K_l = \frac{\bar{L}_{fl} + \bar{L}_{fll}}{\bar{L}_{fl} + \bar{L}_{fll} + \bar{Q}_{wzl} \left(1 - \frac{F_{fl}}{F_n}\right) + \bar{Q}_{wzll} \left(1 - \frac{F_{fll}}{F_n}\right) - 1}, \quad (7)$$

де  $\bar{L}_{fl} = \frac{L_{fl}}{L_{in}}$ ,  $\bar{L}_{fll} = \frac{L_{fll}}{L_{in}}$ ,  $\bar{Q}_{wzl} = \frac{Q_{wzl}}{Q}$ ,  $\bar{Q}_{wzll} = \frac{Q_{wzll}}{Q}$ ,  $Q = Q_{wzl} + Q_{wzll} + Q_{uz}$ .

Складено графіки залежностей коефіцієнта повітрообміну від відношення теплонадходжень в робочій зоні до загальних теплонадходжень в приміщенні  $Q_{wz}/Q$  (Рис. 3.) та від відношення витрати струмины до витрати припливного повітря  $L_{fl}/L_{in}$  (Рис. 4).

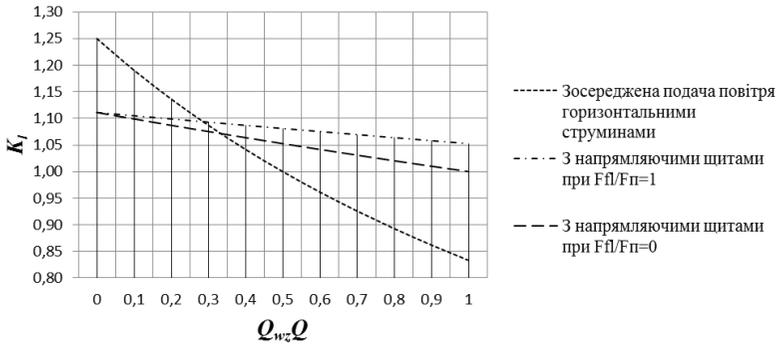


Рис. 3. Залежність коефіцієнтів ефективності повітрообміну від співвідношення теплонадходжень в приміщенні

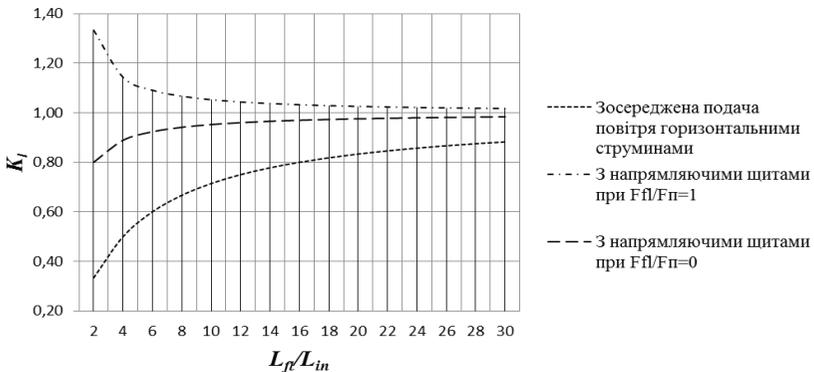


Рис. 4. Залежність коефіцієнтів ефективності повітрообміну від співвідношення витрат повітря в приміщенні

Отримані результати засвідчують, що у випадку, коли теплонадходження в робочій зоні перевищують теплонадходження у верхній зоні приміщення ( $Q_{wz}/Q$ )>0,5, коефіцієнт повітрообміну для зосередженої подачі повітря  $K_f < 1$ , а для схеми з напрямляючими щитами  $K_f > 1$ . Враховуючи те, що в більшості приміщень I-го класу теплонадходження до робочої зони значно перевищують теплонадходження до верхньої зони  $Q_{wz} \gg Q_{uz}$ , стає очевидною перевага схеми з напрямляючими щитами над традиційною схемою з зосередженою подачею повітря. Найбільше значення коефіцієнт повітрообміну  $K_f = 1,33$  має при схемі повітророзподілення з напрямляючими щитами за умов:  $L_{pl}/L_{in} = 2$  та  $F_{pl}/F_n = 1$ .

Для оцінки тепло-повітряних процесів у вентилятованих приміщеннях зі складною геометрією доцільно використовувати програмні продукти на основі методів обчислювальної гідродинаміки – CFD (Computational Fluid Dynamics). Дані програмні продукти виконують розрахунок течій рідин і газів шляхом чисельного розв'язання рівнянь Нав'є-Стокса і рівняння нерозривності, що описують найбільш загальний випадок руху цих середовищ (для турбулентних течій - рівнянь Рейнольдса).

В програмному продукті SolidWorks 2012 було розроблено математичну модель процесів повітрообміну з застосуванням напрямляючих щитів у приміщенні, розбитому на дві зони. Візуалізацію розрахунків даної математичної моделі наведено на Рис.5.

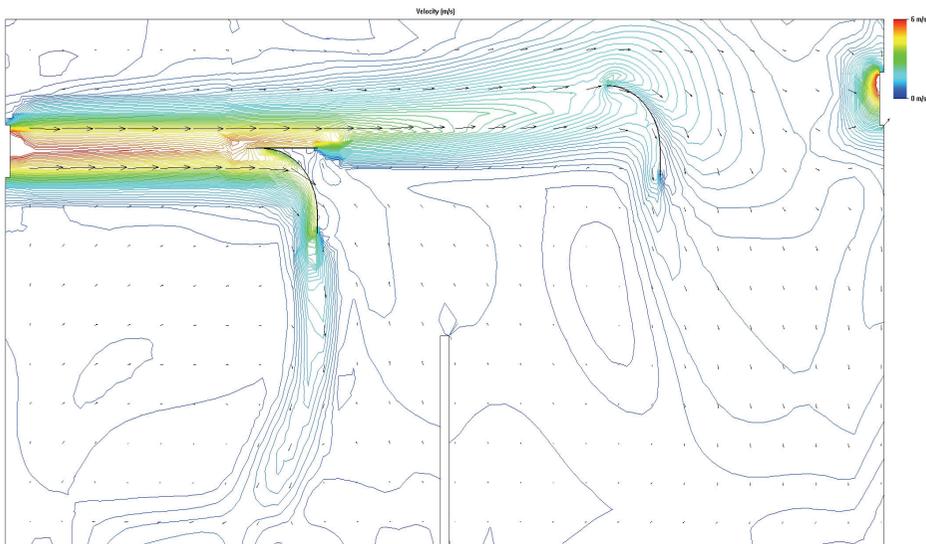


Рис. 5. Візуалізація процесів організації повітрообміну приміщення з застосуванням напрямляючих щитів

Аналіз результатів математичного моделювання в програмному продукті SolidWorks 2012 засвідчує повну відповідність обраної розрахункової схеми до

математичної моделі процесів повітрообміну в приміщеннях зі складною геометрією.

**Висновки.** Загальна енергоефективність систем СКП та СВ значною мірою залежить від ефективності підсистем організації повітрообміну та повітророзподілення. Аналіз отриманих даних засвідчує, що схема повітророзподілення з застосуванням напрямляючих щитів навіть за найнесприятливіших умов ( $F_{pl}/F_n=0$ ) буде більш ефективною за традиційну схему з зосередженою подачею повітря горизонтальними струминами: значення коефіцієнта ефективності повітрообміну для схеми з напрямляючими щитами знаходиться в межах  $K_f=0,8\dots 1,33$ , для схеми з зосередженою подачею повітря  $K_f=0,33\dots 0,88$ .

## Література

1. *CEN/TR 15615* Explanation of the general relationship between various European standards and the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) – Umbrella Document.

2. *EN 15217* Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and energy certification of buildings.

3. *EN 14336:2004* Heating systems in buildings – Installation and commissioning of water-based heating systems.

4. *EN 15316-3-1:2007* Heating systems in buildings– Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3-1: Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements).

5. *EN 15316-3-2:2007* Heating systems in buildings– Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3-2: Domestic hot water systems, distribution.

6. *EN 15316-4-5:2007* Heating systems in buildings– Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 4-5: Space heating generation systems, the performance and quality of district heating and large volume systems.

7. *EN 834:1994* Heat cost allocators for the determination of the consumption of room heating radiators – Appliances with electrical energy supply.

8. *EN 15239:2007* Ventilation for buildings – Energy performance of buildings – Guidelines for inspection of ventilation systems

9. *EN 15240:2007* Ventilation for buildings – Energy performance of buildings – Guidelines for inspection of airconditioning systems

10. *Сотников А.Г.* Процессы, аппараты и системы кондиционирования воздуха и вентиляции / Теория, техника и проектирование на рубеже столетий / В двух томах. Том II, г. 2, С.-Петербург, 2007г. - 512с.

11. *Римкевич А.А.* Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха./Изд.1-е. М.: Стройиздат, 1990г. - 300 с. Изд 2-е, доп. И испр. АВОК – С.-З., 2003г. - 271 с.

12. *Верхова Т.А.* Исследование методов комплексной оценки конструируемых способов воздухораспределения для помещений небольшой высоты./Автореферат кандидатской диссертации. Л.: ЛТИХП, 1980г. – 23с.

13. *Довгалюк В.Б., Милейковський В.О.* Ефективність організації повітрообміну в тепло напружених приміщеннях у стиснутих умовах, Будівництво України: Науково-виробничий журнал №3, 2007г. – с. 36-39.

14. *Довгалюк В.Б., Рудзинський В.О., Наконечний В.І.* Підвищення ефективності повітрообміну за допомогою напрямляючих щитів у приміщеннях зі змінними об'ємно-планувальними рішеннями. Міжвідомчий науково-технічний збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка»/Випуск №89. – К.: КНУБА, 2012р. – с. 166-172.

15. *Позин Г. М.* Принципы разработки приближенной математической модели тепловоздушных процессов в вентилируемых помещениях – Известия вузов. Строительство и архитектура. 1980, № 11. – с. 122-127.

## **ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУХООБМЕНА И ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ СО СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ**

*В. Б. Довгалюк, В. О. Рудзинский*

Рассмотрено влияние организации воздухообмена и воздухораспределения на энергоэффективность систем кондиционирования воздуха и вентиляции. Предложено применение направляющих щитов в помещениях со сложной геометрией для изменения направления и расхода приточных струй.

## **ASSESS EFFICIENCY OF AIR EXCHANGE AND AIR DISTRIBUTION FOR SPACES WITH COMPLEX GEOMETRY**

*V.B. Dovgalyuk, V.O. Rudzinskiy*

The influence of air exchange and air distribution on the energy efficiency of air conditioning and ventilation systems is considered. Proposed use of the guiding shields for spaces with complex geometry for changing the direction and flow rate of air jets.

## ОПТИМІЗАЦІЯ БАГАТОГРАННОЇ ФОРМИ ТА ПАРАМЕТРІВ УТЕПЛЮВАЧА ПРИБУДОВАНОЇ ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНОЇ БУДІВЛІ

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,  
Кременчук, Україна*

*Анотація – пропонується спосіб оптимізації багатогранної форми та параметрів утеплювача прибудованої енергоекономічної будівлі з метою підвищення енергоефективності протягом опалювального періоду. Кількість граней будівлі, об'єм, кількість утеплювача залишаються незмінними.*

**Постановка проблеми.** При проектуванні нових прибудованих об'ємів до енергоефективних та енергоекономічних будівель постає задача підвищення їх енергоефективності за рахунок використання оптимальної енергоефективної гранної форми з точки зору мінімального енергетичного балансу огороджувальних конструкцій з атмосферою та землею, існуючим будинком та оптимізації параметрів утеплювача (при визначеній його кількості). При цьому враховуються як тепловтрати через огороджувальні конструкції, так і надходження тепла від сонячної радіації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вирішенню питання підвищення енергоефективності будівель присвячено роботи [1–3], але в них визначалися оптимальні пропорції будівель з точки зору мінімізації тепловтрат через огороджувальні конструкції за одним параметром пропорцій. У роботах [4, 5] окремо оптимізувалася форма будівлі та окремо параметри утеплення непрозорих конструкцій будівлі з точки зору мінімального теплового балансу огороджувальних конструкцій. У роботі [6] розглядалася багатопараметрична оптимізація енергоефективних будівель. У роботі [7] оптимізувалася форма циліндричної будівлі та розподіл утеплювача для опалювального періоду.

**Постановка задачі.** Для підвищення енергоефективності прибудованих будівель запропонувати спосіб оптимізації багатогранної форми та параметрів утеплювача (при визначеній кількості граней та кількості утеплювача) з метою мінімізації теплового балансу огороджувальних конструкцій з навколишнім середовищем протягом опалювального періоду.

**Основна частина.** Для розрахунків оптимальної багатогранної форми прибудованого будинку, де змінними є координати вершин граней, необхідно провести наступні розрахунки. Просторова орієнтація кожної грані (рис. 1) з вершиною у точці  $G$  визначається наступним чином: за координатами трьох точок грані розраховується рівняння площини (що проходить через грань) та за коефіцієнтами рівняння – її просторова орієнтація.

Переведення координат точок (вузлів грані) з глобальної горизонтальної у локальну горизонтальну систему координат  $X'Y'Z'$  (з вершиною в точці  $G$ ) розраховується:

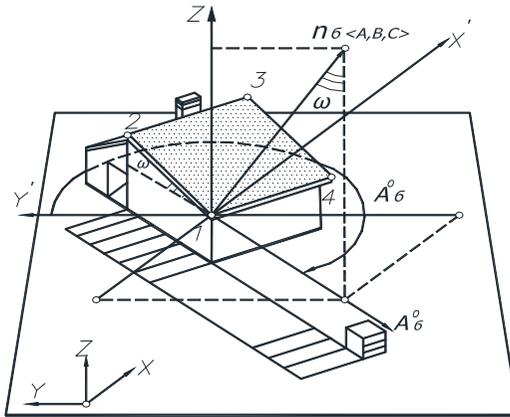


Рис. 1 Будівля – багатогранник

$$X'_I = X_I - X_G, \quad Y'_G = Y_I - Y_G, \quad Z'_I = Z_I - Z_G. \quad (1)$$

Рівняння площини відповідно [8]:  $A(X - X_G) + B(Y - Y_G) + C(Z - Z_G) = 0.$  (2)

Оскільки площина проходить через початок координат  $XYZ$ , то  $D = 0$

$$A = \begin{vmatrix} Y'_2 - Y'_1 & Z'_2 - Z'_1 \\ Y'_3 - Y'_1 & Z'_3 - Z'_1 \end{vmatrix} \quad B = - \begin{vmatrix} X'_2 - X'_1 & Z'_2 - Z'_1 \\ X'_3 - X'_1 & Z'_3 - Z'_1 \end{vmatrix}$$

$$C = \begin{vmatrix} X'_2 - X'_1 & Y'_2 - Y'_1 \\ X'_3 - X'_1 & Y'_3 - Y'_1 \end{vmatrix} \quad D = - (A_{X'_1} + B_{Y'_1} + C_{Z'_1}), \quad (3)$$

де  $\overline{n}_\sigma \langle A, B, C \rangle$  – коефіцієнти нормального вектора площини  $\sigma$ . Кут  $\omega$  нахилу грані з площиною горизонту визначається:

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{\sqrt{A^2 + B^2}}{C}, \quad \cos \omega = \frac{|C|}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}, \quad \sin \omega = \frac{\sqrt{A^2 + B^2}}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}. \quad (4)$$

Азимут  $A_\sigma$  відсіку площини  $\sigma$  розраховується:

$$\cos A_\sigma = \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}}; \quad \sin A_\sigma = \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}; \quad \operatorname{tg} A_\sigma = \frac{A}{B}. \quad (5)$$

Площу грані можливо визначити наступним чином: ділянку площини  $\sigma$  послідовним обертанням (на кут  $A_\sigma$  навколо осі  $Z'$  та на кут  $\omega$  навколо осі  $X'$ ) суміщують з площиною  $X'GY'$ .

Згідно з [ 8 ] визначаються координати  $W$  – точок вершин грані та за ними її площа  $S$  грані :

$$S = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=0}^{i=w} (X_i - X_{i+1}) \cdot (Y_i - Y_{i+1}) \right|, \quad \text{де } (X_0 Y_0) = (X_w Y_w). \quad (6)$$

Об'єм трикутної піраміди з вершинами в точках  $P_1, P_2, P_3, P_4$  дорівнює

$$V = \frac{1}{6} \begin{vmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & Z_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & Z_3 & 1 \\ X_4 & Y_4 & Z_4 & 1 \end{vmatrix} . \quad (7)$$

Цільова функція теплового балансу грані згідно з [6] визначається

$$\Delta Q_i = \left[ \frac{1}{R_{cmi}} \right] * [ S_{cmi} ] \cdot (t_{ei} - (t_{zi} + \frac{r_i \cdot Q_{cpi}}{\alpha_{зcmi}})) \cdot 183 + \left[ \frac{1}{R_{ei}} \right] * S_{ei} * D_{di} - Q_{cpi} \cdot K_i \cdot \zeta_i \cdot \varepsilon_{oi} \cdot S_{ei} . \quad (8)$$

Тепловий баланс будівлі

$$\Delta Q_a = \sum \Delta Q_i , \quad \Delta Q_b \rightarrow \min . \quad (9)$$

Система обмежень:

кількість утеплювача залишається незмінною, обмежуються параметри опору теплоВтратам утеплювача та зміна координат точок

$$\sum R_{cmi} \cdot S_{cmi} + \sum R_{ei} \cdot S_{ei} = const , \quad (10)$$

$$1 \leq R_{cmi} \leq 7 , \quad 0.5 \leq R_{ei} \leq 0.7 , \quad Z_K = 0, Z_E = 0, Z_D = 0 . \quad (11)$$

За наведеним алгоритмом для трикутної піраміди об'ємом  $96 \text{ м}^3$  ( для 50 градуса північної широти ) ( рис. 2 ) з використанням програми *SOLAROPTIM* оптимізувалася гранна форма та розподіл утеплювача по поверхні. У системі координат  $X'Y'Z'$  вісь  $Y'$  збігається з напрямком на північ.

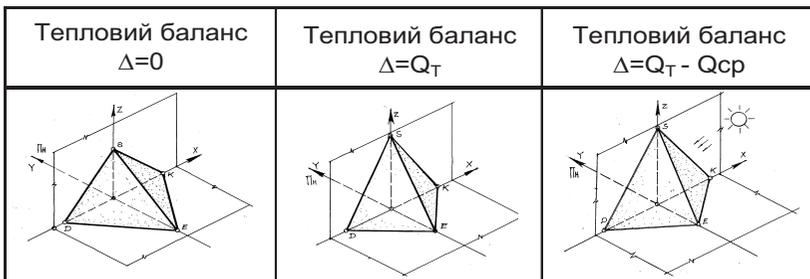


Рис. 2 Оптимізація форми та розподілу утеплювача по поверхні прибудованої трикутної піраміди ( а – вихідні дані при тепловому балансі граней  $\Delta=0$ , б – оптимальна форма при  $\Delta=Q_T$ , в – оптимальна форма при  $\Delta=Q_T - Q_{CP}$ ).

Було взято наступні вихідні дані. Трикутна піраміда з координатами вершин ( D(-6, 0, 0 ), E(0,-8, 0 ), S ( 0, 0, 6 ), K( 6, 0, 0)). Опір теплоВтратам ( $R_{SDE}=2,8 \text{ м}^2 \text{ К}^0/\text{Вт}$ ,  $R_{SEK}=2,8 \text{ м}^2 \text{ К}^0/\text{Вт}$ ,  $R_{SKD}=0,05 \text{ м}^2 \text{ К}^0/\text{Вт}$ ,  $R_{DEK}=3,5 \text{ м}^2 \text{ К}^0/\text{Вт}$  ).

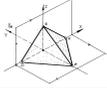
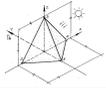
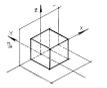
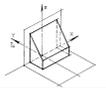
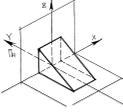
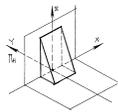
Після оптимізації з точки зору теплоВтрат через огорожувальні конструкції (  $\Delta=Q_T$  ) оптимальні параметри утеплювача ( $R_{SDE}=3,6,8 \text{ м}^2 \text{ К}^0/\text{Вт}$ ,  $R_{SEK}=3,6,8 \text{ м}^2 \text{ К}^0/\text{Вт}$ ,  $R_{SKD}=0,1 \text{ м}^2 \text{ К}^0/\text{Вт}$ ,  $R_{DEK}=3,2 \text{ м}^2 \text{ К}^0/\text{Вт}$  ).

Координати вершин становили ( D (-5,36.14, 0, 0 ), E(0,-5.37, 0 ), S (0, 0, 9.70 ), K ( 5,37, 0, 0)). Ефект за рахунок зменшення тепловтрат становив 22,52 відсотка.

Після оптимізації з точки зору тепловтрат через огорожувальні конструкції та теплонадходження від сонячної радіації ( $\Delta = Q_T - Q_{CP}$ ) оптимальні параметри ( $R_{SDE}=3,37 \text{ м}^2 \text{ К}^0/\text{Вт}$ ,  $R_{SEK}=3,37 \text{ м}^2 \text{ К}^0/\text{Вт}$ ,  $R_{SKD}=0,1 \text{ м}^2 \text{ К}^0/\text{Вт}$ ,  $R_{DEK}=3,54 \text{ м}^2 \text{ К}^0/\text{Вт}$  ). Координати вершин становили ( D (-6.14,0, 0 ), E(0,-5,16, 0 ), S (0, 0, 9.43 ), K ( 6.14, 0, 0)). Ефект за рахунок зменшення тепловтрат становив 24,72 відсотка.

Таблиця 1.

Оптимізація форми прибудованих багатогранників та теплового балансу кожної грані

	Вихідна форма	Оптимізована форма		Вихідна форма	Оптимізована форма
Баланс	$\Delta=0$	$\Delta=Q, Q_{sp}$	Баланс	$\Delta=0$	$\Delta=Q, Q_{sp}$
Тетраедр			Куб		
Змінні параметри	$X_i, Y_i, Z_i, R_n, R_{cti}$	$X_i, Y_i, Z_i, R_n, R_{cti}$	Змінні параметри	$X_i, Y_i, Z_i, R_n, R_{cti}, R_{\text{дах}}$	$X_i, Y_i, Z_i, R_n, R_{cti}, R_{\text{дах}}$
Баланс	$\Delta=0$	$\Delta=Q, Q_{sp}$	Баланс	$\Delta=0$	$\Delta=Q, Q_{sp}$
Тетраедр			Куб		
Змінні параметри	$X_i, Y_i, Z_i, R_n, R_{cti}, R_{\text{дах}}$	$X_i, Y_i, Z_i, R_n, R_{cti}, R_{\text{дах}}$	Змінні параметри	$X_i, Y_i, Z_i, R_n, R_{cti}, R_{\text{дах}}$	$X_i, Y_i, Z_i, R_n, R_{cti}, R_{\text{дах}}$
Баланс	$\Delta=0$	$\Delta=Q, Q_{sp}$			
Призма					
Змінні параметри	$X_i, Y_i, Z_i, R_n, R_{cti}, R_{\text{дах}}$	$X_i, Y_i, Z_i, R_n, R_{cti}, R_{\text{дах}}$			

**Висновок.** Розроблено спосіб та програму SOLAROPTIM для моделювання оптимальної форми гранної прибудованої будівлі та параметрів утеплювача огорожувальних конструкцій з точки зору мінімального теплового балансу з навколишнім середовищем.

Для гранної прибудованої будівлі у вигляді трикутної піраміди скорочення тепловтрат за рахунок оптимізації форми та розподілу утеплювача становило 24,72 відсотка протягом опалювального періоду.

## Література

1. Маркус Т. А., Морис Э. Н. Здания, климат и энергия / Т. А. Маркус, Э. Н. Морис. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 540 с.
2. Табунщиков Ю. А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач. — М. : АВОК-ПРЕСС, 2002. — 194 с.

3. *Мартинов В. Л.* Геометричне моделювання параметрів енергоактивних житлових будинків/ В. Л. Мартинов // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Геометрическое моделирование и компьютерные технологии: теория, практика, образование». – Харьков, 2009. – С. 153–158.

4. *Сергейчук О. В.* Оптимізація розподілу утеплювача по поверхні будівлі при заданому класі його ефективності/ О. В. Сергейчук // Матеріали VI Міжнародної Кримської науково-практичної конференції «Геометричне та комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн». – Сімферополь, 2009. – С. 44–49.

5. *Сергейчук О. В.* Оптимізація форми енергоефективної будівлі, зовнішня оболонка якого n-параметрична поверхня / О. В. Сергейчук // Матеріали VII Міжнародної Кримської науково-практичної конференції «Геометричне моделювання та комп'ютерний дизайн». – Сімферополь, 2010. – С. 150–155.

6. *Мартинов В. Л.* Багатопараметрична оптимізація граничних енергоефективних будівель / В. Л. Мартинов // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Геометричне моделювання, комп'ютерні технології та дизайн : теорія, практика, освіта». – Ужгород, 2011. – С. 135–139.

7. *Мартинов В. Л.* Оптимізація циліндричної форми енергоефективних будівель та розподілу утеплювача / В. Л. Мартинов // Матеріали XIII Міжнародна науково-практичної конференції “Актуальні проблеми геометричного моделювання”. – Мелітополь, – 2011. – С. 133–138.

8. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. –М.: Наука, 1977. – 832 с.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОГРАННОЙ ФОРМЫ И ПАРАМЕТРОВ УТЕПЛИТЕЛЯ ПРИСТРОЕННОГО ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНОГО ЗДАНИЯ**

*В. Л. Мартынов*

Аннотация - предлагается способ оптимизации многогранной формы и параметров утеплителя пристроенного энергоэкономичного здания с целью повышения энергоэффективности в течение отопительного периода. Количество граней здания, объем, количество утеплителя остаются неизменными.

## **OPTIMIZATION MULTIFACETED FORMS AND HEATER PARAMETERS ADJUSTED ENERGY-EFFICIENT BUILDINGS**

*V.L. Martynov*

Abstract - offer a versatile way to optimize the shape and parameters of the built energy efficient building insulation to improve energy efficiency during the heating period. The number of facets of the building, volume of insulation remain unchanged.

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ З НАВІСНИМИ ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ПАНЕЛЯМИ

*ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»,  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,  
Україна*

*У статті наведена оцінка експлуатаційних якостей огорожувальних конструкцій багатоповерхових будівель з навісними залізобетонними панелями та розробка рекомендацій щодо їх термомодернізації.*

**Постановка проблеми.** Наявні будинки України складаються з будинків різних періодів будівництва та являють собою величезну матеріальну цінність країни. Але в значній більшості існуючий фонд проектувався й будувався за принципами економії будівельних матеріалів, енергозатратних технологій і конструктивних рішень, і не передбачав у достатній мірі мінімізацію енерговитрат у період їх експлуатації. Тому опір теплопередачі огорожувальних конструкцій цих будівель у 2,5 - 3 рази нижчий від того, що зазначений у діючих нормативах [1]. Подальша експлуатація цих будівель без теплової модернізації призводить до понаднормової втрати теплової енергії щорічно.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зовнішні стінові конструкції існуючих будівель, виконані з цегли, панелей та блоків, мають незадовільний технічний стан. Опір теплопередачі таких стінових конструкцій значно менший за нормативний, також присутні «містки холоду» в зоні обпирання міжповерхового перекриття. Головним недоліком бетонних панелей, крім низької теплоізоляції, є термічна неоднорідність, що обумовлена наявністю стикових з'єднань, а саме їх промерзання і протікання.

У результаті досліджень теплового режиму та перевірочних розрахунків зовнішніх огорожувальних конструкцій визначено, що дійсний опір теплопередачі нижчий за нормативний до 40%.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Метою роботи є оцінка експлуатаційних якостей огорожувальних конструкцій багатоповерхових будівель з навісними залізобетонними панелями та розробка рекомендацій щодо їх термомодернізації. Для її реалізації були визначені такі завдання:

- провести натурні обстеження та перевірочні розрахунки зовнішніх огорожувальних конструкцій, виявити основні недоліки даних конструкцій;
- розробити конструктивні рішення та проектні пропозиції щодо підвищення теплотехнічних властивостей конструкцій та термомодернізації будівель у цілому.

**Основна частина.** У результаті натурних досліджень зовнішніх

огороджувальних конструкцій лабораторного корпусу одного з полтавських заводів були виявлені ряд дефектів та пошкоджень (рис. 1).

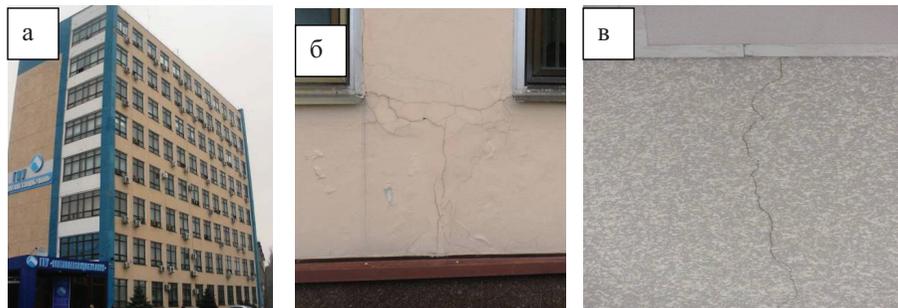


Рис. 1. Загальний вигляд будівлі (а), розкриття тріщин (руйнування швів) між стіновими панелями ззовні (б) та всередині будівлі (в).

Всі пошкодження відмічені в ході обстеження будівлі, можна класифікувати таким чином:

– вертикальні і горизонтальні тріщини у швах стінових панелей (рис. 1, б);

– вертикальні тріщини у перегородках будівлі із шириною розкриття до 5,0 мм (рис. 1, в);

– випадання розчину із швів між стіновими панелями і плитами перекриття у результаті замокання та динамічних впливів при проведенні робіт (рис. 2, а, б);

– замокання будівельних конструкцій покриття (ригелів, плит) (рис. 2, в).

– замокання стінових панелей у місцях вставки віконних блоків (рис. 3);



Рис. 2. Руйнування та випадіння швів між плитами та поздовжнім ригелем (а), сліди замокання панелей покриття (б), зволоження зовнішньої огороджувальної конструкції (в).



Рис. 3. Замокання стінових панелей у місцях встановлення віконних рам.

У результаті аналізу температурно-вологісного режиму існуючих стінових конструкцій визначено, що у даній огорожувальній конструкції протягом січня можлива конденсація вологи в третій площині, тобто на внутрішній стороні керамзитобетонної панелі (рис. 4).

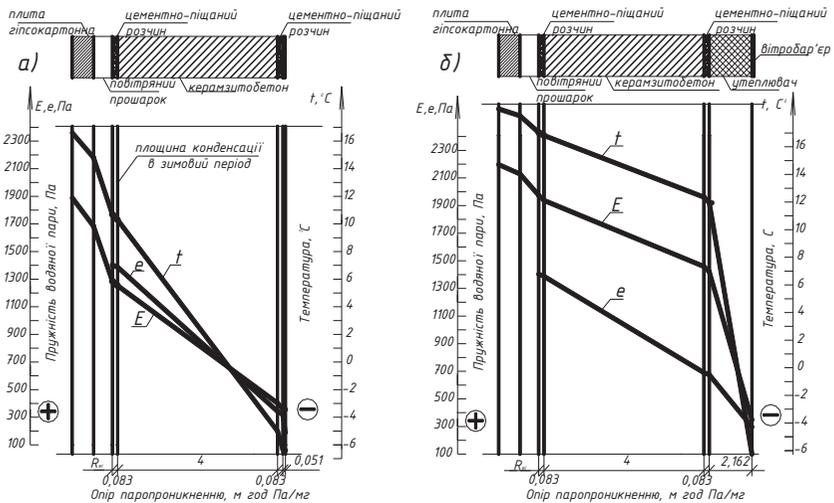


Рис. 4. Температурно-вологісний режим стінової конструкції у зимовий період:  
а) існуюча стіна; б) після термомодернізації.

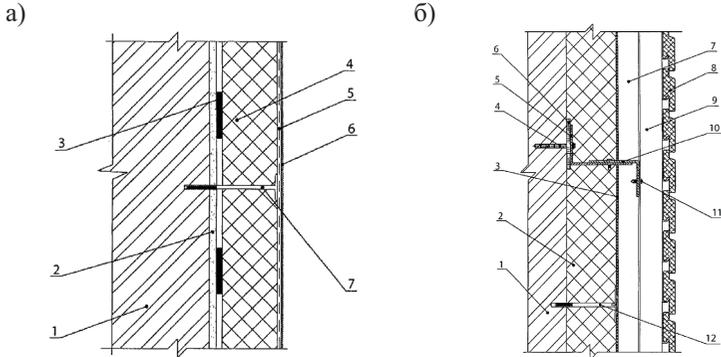
У той же час недостатні теплоізоляційні властивості стінових панелей привела до утворення конденсату та замочувань на внутрішній поверхні стінових конструкцій будівлі (рис. 2, в). У зв'язку з цим та понад 40 річним терміном експлуатації будівлі закладні деталі кріплення навісних стінових панелей до каркасу підлягали корозійному зносу. Тому для забезпечення безаварійної роботи вузлів кріплення стінових панелей рекомендується виконати підсилення цих вузлів, шляхом встановлення тяжів по фасаді будівлі. Підсилення рекомендується виконувати на верхніх поверххах будівлі – під вузлами примикання ригеля до колони.

У вітчизняній практиці для реконструкції будівель застосовуються такі конструктивно-технологічні рішення зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією

відповідно до норм [2 - 4]:

1. Системи з опорядженням штукатуркою – СФТО класу А. Теплова ізоляція навішена на несучу частину стіни, захисний штукатурний шар нанесено на теплову ізоляцію (рис. 5, а).

2. Системи з опорядженням непрозорими тонкостінними елементами – СФТО класу В. Теплова ізоляція навішена на несучу частину стіни, встановлена з утворенням повітряного прошарку між її зовнішньою поверхнею та опоряджувальним шаром (рис. 5, б).



а) 1 – несуча частина стіни; 2 – вирівнювальний штукатурний шар + клейовий шар; 3 – теплоізоляційний шар; 4 – дюбель; 5, 7 – захисний шар, армований скловолокнуною сіткою; 6 – сітка скловолокна; 8 – декоративний розчин.

б) 1 - несуча частина стіни; 2 - шар теплової ізоляції; 3 - повітрязахисна мембранна плівка; 4 - анкер; 5 - кронштейн; 6 - прокладка паронітова; 7 - повітряний вентиляований прошарок; 8 - індустриальні личкувальні елементи (ламіновані панелі); 9 - стояк; 10 - ригель; 11 - з'єднувальний елемент; 12 - елемент механічного кріплення утеплювача

Рис. 5. Конструктивна схема збірної системи: а) з опорядженням штукатурками; б) з вентиляованим повітряним прошарком

Для громадських будинків частіше використовується конструкція фасадної теплоізоляції з вентиляованим повітряним прошарком, які поділяються на слабовентильовані і вентиляовані. Вентильований повітряний прошарок є конструктивним елементом системи, який створюється між теплоізоляційним шаром і личкувальним шаром для запобігання волого накопичення в товщі конструкції. Конструктивні параметри повітряного прошарку встановлюються в залежності від експлуатаційного вологісного режиму приміщень, кліматичної зони експлуатації будинку, його поверховості, конструктивних рішень опоряджувального шару та каркасу його кріплення.

Вентильовані повітряні прошарки мають бути завтовшки не менше ніж 40 мм., не більше ніж 150 мм. Оптимальна товщина вентиляованого повітряного прошарку у стінах складає від 60 мм до 100 мм. У результаті перевірочних теплотехнічних розрахунків зовнішніх огорожувальних конструкцій було прийнято рішення про реконструкцію даної будівлі з використанням СФТО класу В з вентиляованим повітряним прошарком[4, 5].

Згідно розрахунків використовуються плити фірми ROCKWOOL ALFAROCK товщиною 0,08 м (два шари мінераловатних плит з товщиною 0,04 м) що забезпечують термічний опір конструкції  $R=2,87 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , при номінальній середній густині матеріалу  $60 \text{ кг}/\text{м}^3$ , та розрахунковому коефіцієнті теплопровідності –  $0,037 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ . Дані мінераловатні плити потребують використання вітробар'єру, який кріпиться до зовнішньої поверхні мінераловатних плит.

**Висновки.** Таким чином, у роботі наведено оцінювання експлуатаційних якостей огорожувальних конструкцій громадських будівель та наведені рекомендації щодо їх термомодернізації. У результаті аналізу експлуатаційних властивостей, проектного рішення, натурних обстежень, перевірочних теплотехнічних розрахунків зовнішніх огорожувальних конструкцій лабораторного корпусу одного з полтавських заводів розроблені конструктивні рішення та проектні пропозиції щодо термомодернізації будівлі.

### **Література**

1. ДБН В.2.6-31: 2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. –К., Мінбудархітектури України, 2006. – 71с.
2. ДБН В.2.6-33:2008. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації. – К.: Мінбудархітектури України, 2009. – 24 с.
3. ДСТУ В.2.6-36:2008. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. – К.: Мінбудархітектури України, 2009. – 43 с.
4. ДСТУ В.2.6-35:2008. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляваним повітряним прошарком. – К.: Мінбудархітектури України, 2009. – 29 с.

### **ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ НАВЕСНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ**

*Г. Г. Фаренюк, О. В. Семко, О. Б. Борисенко*

В статье приведена оценка эксплуатационных качеств ограждающих конструкций многоэтажных зданий с навесными железобетонными панелями и разработка рекомендаций по их термомодернизации.

### **FEATURES THERMO MODERNIZATION MULTISTORY BUILDINGS WITH AUXILIARY CONCRETE PANELS**

*G. G. Farenjuk, A. V. Semko, O. B. Borysenko*

The article describes the evaluation of the performance of a multi-storied buildings walling with mounted concrete panels and develop recommendations for their thermal modernization.

## СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯМИ

*ЛНТУ, КНУСА, Украина*

*В статье представлен сравнительный анализ системы теплоснабжения с использованием в качестве теплоносителя водяного пара и термомасла.*

В настоящее время во многих технологиях необходимо производить процессы при температурах порядка 200 °С и выше. Традиционно теплоносителем для таких технологий применяется водяной пар. Однако паровые системы обладают целым рядом отрицательных качеств, среди которых необходимо назвать такие как сильная зависимость давления насыщения от температуры пара. Так, при температурах 200 °С давление насыщения составляет 1,5 МПа, а при 250 °С уже 4,0 МПа. Соответственно резко возрастают требования к арматуре и ее стоимость. Паровые системы подвержены гидроударам, что снижает надежность их эксплуатации и увеличивает эксплуатационные расходы. Для термомасляных систем (термомасло – название высокотемпературных органических веществ в странах ЕС и США) подобные недостатки отсутствуют. При температурах вплоть до 400 °С давление насыщения этих теплоносителей близко к атмосферному, а их вязкость близка к вязкости воды.

Но основные преимущества термомасляных систем сосредоточены в самом оборудовании теплогенерирующей установки. Для сравнения возьмем теплогенерирующую установку, которая должна выдавать 80 МВт теплоты на уровне 250 °С в систему подогрева мазута в нефтетерминале для перевалки мазута.

Принимаем, что в котельной в базовом варианте с термомасляными котлами устанавливается 4 котла по 20 МВт. Основное оборудование такой котельной:

- котлы термомасляные;
- блок циркуляционных насосов;
- система автоматического управления работой оборудования с комплектом контрольно-измерительных приборов;
- емкости расширительная, коллекторная и аварийного слива термомасла;
- трубы дымовые по одной на каждый котел.

Альтернативой выступает паровая котельная установка такой же мощности. Основное оборудование альтернативной котельной:

- котлы паровые;
- сепараторы непрерывной продувки;
- редуционно-охладительная установка;

- блок подготовки исходной воды:

насосы и подогреватели сырой воды;

установка химической подготовки воды, состоящая из:

фильтров осветительных;

фильтров ионного обмена (двухступенчатых);

декарбонизаторы;

устройства для промывки фильтров и гидроперегрузки с собственными насосами;

емкости для хранения и подготовки реагентов;

деаэрационно-питательной установки с питательными насосами, охладителями и подогревателями питательной воды, баком запаса деаэрированной воды;

установка сбора конденсата с конденсатными баками, перекачивающими насосами и охладителями конденсата.

- система автоматического управления работой оборудования с комплектом контрольно-измерительных приборов;

- трубы дымовые по одной на каждый котел.

Из рассмотрения исключены устройства хозяйственного теплоснабжения (системы горячего водоснабжения, теплоснабжения калориферов, отопления, вентиляции), поскольку можно принять, что стоимость этого оборудования для обоих рассмотренных вариантов будет сопоставима.

Определяем тип и мощность котлов. При потребной температуре теплоносителя 250 °С, давление насыщенного пара 4,0 МПа (40 кг/см<sup>2</sup> или атмосфер). При таких параметрах насыщенного пара паро-производительность котлов должна составлять 30 т/час для получения тепловой мощности 20 МВт плюс затраты на собственные нужды и покрытие потерь в трубопроводах и в арматуре. Затраты на собственные нужды котельной составляют для расхода пара 30 т/час:

- на деаэрацию 2,25 т/час;

- на непрерывную продувку 1,5 т/час;

- потери через неплотности арматуры и соединений трубопроводов 0,15 т/час.

Итого расход пара на собственные нужды составляет : 3,9 т/час.

Кроме того, потери в паропроводах вне котельной состоят из потерь через термоизоляцию и потерь от увеличения влажности пара в паропроводах. Потери через термоизоляцию принимаем равными потерям от трубопроводов с термомаслом и в расчет принимаем только потери от снижения степени сухости пара (увеличение его влажности). При давлении 4,0 МПа и длине наружных паропроводов более ста метров потери в них можно принимать на уровне 2,5% (как минимум). Тогда в абсолютных цифрах эта потеря составит ~ 0,9 т/час.

В сумме потребная паропроизводительность котла составляет 35,8 т/час. Принимаем 36 т/час.

Таким образом, чтобы получить требуемые 20 МВт полезной тепловой мощности мы должны установить паровой котел тепловой мощностью 23 МВт.

Стоимость такого котла производства европейских фирм составит 500 000 € без воздухоподогревателя. Стоимость воздухоподогревателя составит около 20 000 €.

Имеет стоимость основного оборудования паровых котлов в пять раз выше стоимости термомасляных. Кроме того, стоимость дополнительного оборудования для паровой котельной значительно превышает стоимость подобного оборудования для термомасляной, что видно хотя бы из списка оборудования.

Кроме разности в стоимости оборудования в пользу термомасляных котлов, очевидна и большая стоимость эксплуатации паровой котельной, начиная с большими расходами на топлива из-за расхода теплоты на собственные нужды и заканчивая платой за воду и сливы в канализацию от непрерывной продувки. Необходимо учесть и увеличение выбросов из-за увеличения установленной мощности котлов.

Вся система пароснабжения подвержена гидроударам, что снижает ее надежность.

Таким образом, сравнительный анализ показывает фактическую безальтернативность термомасла для технологий с использованием высоких температур.

## **СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ З ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИМИ ОРГАНІЧНИМИ ТЕПЛОНОСІЯМИ**

*О. В. Приймак, П. М. Гламаздин*

У статті наведено порівняльний аналіз системи теплопостачання при використанні у якості теплоносія водяної пари та термомасла.

## **HEAT SUPPLY SYSTEMS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES WITH HIGH- TEMPERATURE ORGANIC HEAT-TRANSFER AGENTS**

*O. V. Prymak, P. M. Glamazdin*

This article presents a comparative analysis of the heating system using water and thermal oil as a coolant vapor.

## РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ ПРИОРИТЕТА ДЛЯ ОТБОРА ЭНЕРГОИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ

*Харьковская национальная академия городского хозяйства, Украина*

***В работе предложена методика приоритизации энергоинфраструктурных проектов при формировании портфеля, позволяющая унифицировать процедуру их отбора.***

**Постановка проблемы.** Среди главных условий стабильного развития Украины является решение проблемы рационального и эффективного использования энергоресурсов, которая на протяжении последних лет была и остается угрозой ее энергетической, экономической, а, следовательно, национальной безопасности. Последствия трансформационного кризиса, такие как ухудшение внешних условий государства, т.е. необходимость адаптации национальной экономики к рыночным ценам на энергоносители, рост внешнего долга, отсутствие обновления основного капитала, сокращение доли участия в мировой экономике явились катализатором данной проблемы, требующей оперативного реагирования. Вместе с тем стратегия выведения Украины в исторически обозримом периоде на уровень развитых стран мира предусматривает направленность, прежде всего, на развитие производства готовой продукции, способной конкурировать на внешних рынках, что достигается, в том числе, сокращением энергетической составляющей в их себестоимости. Однако задекларированная приоритетность политики энергоэффективности до сих пор не подкреплена институциональным обеспечением, механизмами, позволяющими производителям продукции реализовывать данное направление.

Наличие огромного количества задач рационализации и повышения эффективности энергопользования в реальном секторе экономики диктует необходимость применения комплексного подхода к их решению. В данном случае наиболее приемлемой является методология портфельного управления, регламентирующая процессы отбора, формирования и реализации комплекса энергоинфраструктурных проектов, позволяющего достичь стратегических целей повышения энергоэффективности и энергобезопасности предприятий в оптимальных условиях. В тоже время в условиях финансовых и ресурсных ограничений в процессе формирования портфеля энергоинфраструктурных проектов предприятия сталкиваются с проблемой их выбора, которая проявляется в необоснованности принимаемых управленческих решений в пользу тех или иных инвестиций, и вызвана отсутствием унифицированного механизма отбора наиболее приоритетных проектных решений в масштабе всего предприятия.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Вопросы приоритизации проектов при создании портфелей достаточно широко представлены в работах зарубежных ученых [1,2,3]. Однако в них в основном

рассмотрены задачи ранжирования инвестиционных проектов либо по качественным критериям (например, важность и срочность реализации), определяемым экспертным методом, либо по экономическим критериям эффективности (например, внутренняя норма доходности, период окупаемости и т.д.). В случае с энергоинфраструктурными проектами ни один из рассмотренных методов не подходит в силу их масштабности, капиталоемкости и неоднозначности в определении экономического эффекта.

**Постановка задачи.** Приоритетность энергоинфраструктурных проектов в первую очередь определяется соответствием стратегии развития энергоинфраструктуры, которая включает несколько направлений, основными из которых являются: повышение энергоэффективности и надежности энергоинфраструктуры предприятия. С точки зрения внутренней среды энергоинфраструктуры предприятия эти два направления неразделимы, т.к. повышение показателей энергетической эффективности в результате реализации энергоинфраструктурных проектов влечет за собой улучшение показателей внутренних факторов энергетической безопасности энергоинфраструктуры предприятия, и наоборот. В тоже время второе стратегическое направление также имеет своей целью повышение внешних параметров энергетической безопасности предприятия, реализация которой регламентируется законодательными и нормативными требованиями.

В связи с этим главная сложность приоритизации энергоинфраструктурных проектов заключается в сравнении проектов, реализация которых направлена на достижение разных стратегических целей. Поэтому возникает необходимость в инструменте отбора проектов, который обеспечивал бы такие их оценку и сравнительный анализ, чтобы в портфель попали энергоинфраструктурные проекты с разными целями, но обязательно соответствующие стратегии развития энергоинфраструктуры.

**Основная часть.** Таким инструментом является ранжирование энергоинфраструктурных проектов, представляющее собой процесс сравнения и распределения в порядке убывания приоритета проектов при формировании портфеля для достижения стратегических целей в рамках существующих условий финансирования.

Наиболее распространенным решением при выборе проектов является применение перечня условий, которые обязательно должны выполняться. Это могут быть требования к уровню доходности проектов, степени проработки проектной документации и т.д. После получения множества проектов соответствующих поставленным требованиям, их дальнейший отбор осуществляется на основании субъективных оценок лиц принимающих решения. Проблемой в данном случае является отсутствие количественной оценки соответствия проектов стратегическим целям предприятия и принятие решений на основании общих представлений о необходимости развития каждого стратегического направления.

В связи с этим предприятиям необходим инструмент для выбора энергоинфраструктурных проектов, учитывающий соответствие проектов стратегическим целям, т.е. создание универсального решения для

формирования портфеля энергоинфраструктурных проектов, использующего преимущества общепринятых методов ранжирования, обеспечивающего выбор проектов на основании соответствия стратегии развития энергоинфраструктуры, исключающего субъективные оценки при выборе проектов, а также практически применимого с точки зрения простоты и трудоемкости.

В ходе создания данного решения были сформулированы требования к ранжированию, как инструменту отбора энергоинфраструктурных проектов:

- определение значимости проектов в соответствии со стратегическими целями развития энергоинфраструктуры предприятия;
- комплексная оценка, учитывающая различные эффекты от реализации энергоинфраструктурного проекта;
- определение приоритета проекта в виде итоговых оценок;
- использование процедур, исключающих субъективное принятие решений.

Основой предложенного подхода является оценка энергоинфраструктурных проектов в зависимости от их характеристик. Данное решение обусловлено тем, что энергоинфраструктурные проекты обладают рядом различий: неодинаковые эффекты и условия реализации, получение эффектов в рамках энергоинфраструктуры предприятия или для энергосистемы региона в целом. Поэтому некорректно использовать для всех энергоинфраструктурных проектов одинаковые критерии, так как часть этих проектов, обладающих специфическими свойствами, может быть недооценена.

Оценка энергоинфраструктурных проектов возможна при их категоризации по целевой принадлежности. В результате формируется три группы энергоинфраструктурных проектов: «обязательные», «основные» и «вспомогательные».

После определения категорий определяются критерии для оценки энергоинфраструктурных проектов в рамках каждой группы, на основании которых и осуществляется их отбор.

В результате оценки, отобранные энергоинфраструктурные проекты внутри каждой группы ранжируются в порядке убывания вектора приоритета по совокупному критерию эффективности.

Общая приоритезация энергоинфраструктурных проектов в портфеле имеет ряд особенностей, т.к. предусматривается обязательное включение в состав портфеля проектов первой группы. Однако стоит отметить, что в большинстве случаев срочность реализации проектов данного вида не регламентируется, они бесспорно должны быть осуществлены, но при наличии возможностей у предприятия. Это связано с тем, что не реализация данных проектов чаще всего влечет за собой наложение штрафных санкций на предприятие (за загрязнение окружающей среды вследствие переработки энергоресурсов, не компенсацию реактивной мощности), но как правило, сумма этих штрафов значительно ниже суммы требуемых на их осуществление инвестиционных средств.

Поэтому целесообразно применять общие требования к расстановке энергоинфраструктурных проектов в портфеле, в зависимости от выбранной схемы финансирования. Т.е. включение проектов в состав портфеля начинается с наиболее приоритетных энергоинфраструктурных проектов с точки зрения общего вектора эффективности (это обычно проекты второй группы) и далее по нисходящей. Такая процедура исключает принятие субъективных решений и позволяет сформировать оптимальный портфель энергоинфраструктурных проектов.

В общем виде процедура приоритизации энергоинфраструктурных проектов при формировании портфеля включает следующие этапы:

1. Отсечение проектов не соответствующих стратегическим направлениям развития энергоинфраструктуры предприятия.

2. Распределение энергоинфраструктурных проектов по категориям.

3. Оценка и отбор энергоинфраструктурных проектов в соответствии с групповыми критериями.

4. Формирование перечней энергоинфраструктурных проектов в порядке убывания приоритета.

5. Включение проектов в состав портфеля в соответствии со схемой финансирования и на основании портфельных ограничений.

**Выводы.** Применение описанного механизма возможно при решении задач вызванных необходимостью объективной оценки энергоинфраструктурных проектов при формировании портфеля в условиях ограниченных финансовых ресурсов.

### Литература

1. Павлов А. Оптимальное решение / А. Павлов // газета «Элитный персонал», № 8 (605). – М., 2010 г.

2. Новичок И. И. Формирование методологии отбора проектов, предлагаемых к реализации: обобщение опыта / И. И. Новичок // Информационно-аналитический журнал Управление проектами № 3(16) – 2009. <http://pmmagazine.ru>

3. Бенко, Кэтлин, Мак-Фарлан, Ф. Уоррен. Управление портфелями проектов: соответствие проектов стратегическим целям компании: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 240 с.

### РОЗРОБКА МЕХАНІЗМУ ФОРМУВАННЯ ПРІОРИТЕТУ ПРИ ВІДБОРІ ЕНЕГРОІНФРАСТРУКТУРНИХ ПРОЕКТІВ

*М. К. Сухонос*

В роботі запропонована методика пріоритизації енегроінфраструктурних проектів при формуванні портфелю, що дозволяє уніфікувати процедуру їх відбору.

## О НЕКОТОРЫХ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ НАРУЖНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ

*Российский университет дружбы народов, Россия*

*В докладе исследуются пути снижения теплопотерь в здании путем устройства различных современных систем наружной теплоизоляции, таких как наружное утепление «мокрого типа», систем с навесным фасадом, а также систем с применением теплоизолирующих штукатурок.*

**Постановка проблемы.** Россия находится на одном из первых мест по производству электроэнергии, но значительно отстает от западных стран в вопросах рационального использования энергоресурсов. На отопление из расчета на единицу площади в России расходуется в 2 – 3 раза больше тепла, чем в странах Западной Европы. В начале 2000 года в России вступили в силу новые требования к теплозащите ограждающих конструкций.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Последние исследования показали, что тепловые потери происходят через все основные конструктивные элементы здания: через фасады (14%), полы (15%), покрытия (14%), окна (31%), «мостики холода» (8%), вентиляцию (17%) [1]. Для повышения энергоэффективности здания требуется увеличение термического сопротивления его конструктивных элементов, сокращение количества «мостиков холода», а также повышение теплозащитных характеристик окон без снижения их светопропускной способности (путем нанесения на поверхности стекол теплоотражающих покрытий, заполнения межстекольных промежутков специальными газами или за счет использования нагревательного элемента, устанавливаемого между стеклами или на поверхности внутреннего стекла) [2], [3].

**Постановка задачи.** Утепление с наружной стороны стенооптимально для поддержания нормального температурно-влажностного режима в помещении, т.к. снижение температуры по толщине стены происходит плавно, а зона отрицательных температур находится в толще слоя дополнительной теплоизоляции. Для наружного утепления ограждающих конструкций зданий применяются как хорошо известные технологии (наружное утепление «мокрого типа» или с вентилируемым фасадом), так и новые технологии типа теплоизолирующих штукатурок.

**Основная часть.** Наружное утепление «мокрого типа». Технологии утепления «мокрого типа», в которых защита утеплителя производится при помощи армированного штукатурного слоя, появились на российском рынке более 10 лет назад. Штукатурная система утепления фасадов, например система «Текс-Колор», предусматривает крепление теплоизоляционного материала к существующей стене при помощи анкеров, дюбелей и клеевых составов, с последующим нанесением штукатурного слоя по армирующей сетке (рис. 1, где 1 - кирпичная кладка; 2 - внутренняя штукатурка; 3 - клеевой слой для крепления теплоизоляции; 4 - утеплитель; 5 - выравнивающий слой; 6 - армирующая стек-

лосетка; 7 - дюбель для крепления плит утеплителя; 8 - грунтовка; 9 - декоративная минеральная штукатурка; 10 - дополнительное армирование в зоне оконного проема (стеклосетка и уголок); 11 - герметик; 12 - оконный блок; 13 - уплотняющий материал).

Армирование базового слоя производится специальной щелочестойкой сеткой из стекловолокна. Применяемые современные декоративные защитные штукатурки могут быть минеральные обычные, полимерные на основе синтетических смол, силикатные, силиконовые. Они подвергаются постоянному атмосферному воздействию, поэтому к ним предъявляются повышенные требования по надежности и долговечности при эксплуатации. Наиболее перспективно применение декоративных штукатурок на основе силиконовой смолы, несмотря на то, что их стоимость несколько выше по сравнению с другими типами. Силиконовая штукатурка имеет низкое водопоглощение, легко колеруется в объеме (т.е. перед нанесением), имеет высокую устойчивость к загрязнениям и хорошую адгезию к любым видам строительного основания.

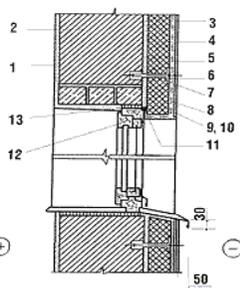


Рис. 1

Утеплитель - основной компонент любой системы теплоизоляции. Неправильно выбранный утеплитель или его неграмотная установка приводят к серьезным проблемам с теплоизоляцией здания. Для подбора типа теплоизоляции для систем с наружным штукатурным слоем выработаны критерии его выбора - прочность на отрыв слоев, прочность на сжатие и требования к качеству волокна. Во многих системах мокрого типа в качестве утеплителя используется пенополистирол - материал недорогой, с ним легко работать, т.к. крупногабаритные плиты имеют малый вес и т.д. Но паропроницаемость пенополистирола низкая, поэтому его использование на кирпичной кладке или на легкобетонных заполнителях затрудняет удаление влаги из ограждающих конструкций.

Наружная теплоизоляция «мокрого типа» представляет собой единую систему, все элементы и детали которой подобраны определенным образом, обеспечивая длительную совместную работу всех составляющих. Поэтому для утепления фасадов должны использоваться только сертифицированные материалы, а работы должны выполняться специалистами, хорошо знакомыми с технологией производства работ. Наличие мокрых процессов приводит к необходимости выполнять работы при температуре наружного воздуха не ниже +5 °С.

Плиты из минеральной ваты на основе базальтового волокна или стекловаты наклеивают вплотную друг к другу без образования щелей, обеспечивая перевязку стыков по типу кирпичной кладки. Крепление плит утеплителя к стене производится механическим способом с помощью полиамидных или пластмассовых дюбелей «тарельчатого» типа (8-12 дюбелей на 1 м<sup>2</sup> с заглублением в толщу бетонных стен на 35-50 мм, кирпичных - на 50 мм, в кладку из пустотного кирпича и легкобетонных блоков - на 90 мм). Армирующую сетку укладывают поверх прикрепленных к фасаду плит с перехлестом полотнищ. Особое вни-

мание следует обратить на усиление сеткой углов оконных и дверных проемов. При утеплении углов нужно обеспечить перевязку торцов теплоизоляционных плит и защитить их металлическим перфорированным уголком для предохранения кромок углов от сколов. Нижний край штукатурки следует располагать на высоте 500 мм от поверхности земли, должна быть обеспечена качественная горизонтальная гидроизоляция между цоколем и утепляемой стеной. В места примыканий утепления к карнизу верхнюю часть утеплителя необходимо защитить специальной уплотнительной лентой. Толщина слоя утеплителя зависит от конструкции утепляемой стены и от вида утеплителя.

При использовании в качестве теплоизоляции минераловатных плит необходимо учитывать влажностный режим, в котором будет работать конструкция. Так ограждающие конструкции из ячеисто-бетонных блоков или из кирпича имеют высокую паропроницающую способность, и влага может проникать в толщу утеплителя, скапливаться у поверхности штукатурки, что может привести к нарушению декоративного слоя и его отслоению. Если для утепления будет использоваться пенопласт, то перед монтажом системы следует просушить несущую стену, иначе выход влаги из нее будет затруднен. Также важна защита поверхности утеплителя, т.к. при больших скоростях воздуха может наблюдаться эрозия поверхности (унос волокна).

Системы «мокрого типа» малоприменимы для утепления старых кирпичных зданий, фасадные поверхности которых имеют существенные повреждения, т.к. неровность стен делает невозможным применение систем на основе пенополистирола или минеральной ваты.

*Вентилируемые фасады.* Все современные технологии утепления фасадов пришли в Россию из-за рубежа. Однако в России другие климатические условия, опасность замерзания конденсированных паров в слое утеплителя значительно выше, чем в других странах. Актуальны системы с вентилируемой воздушной прослойкой, в которых утеплитель защищен от негативных воздействий окружающей среды декоративным экраном, расположенным на откосе.

Существует мнение, что вентилируемые системы имеет смысл применять лишь при строительстве зданий с влажным или мокрым режимом эксплуатации помещений. Использование систем утепления с воздушной прослойкой следует считать оправданным при проектировании зданий с повышенной влажностью (текстильных фабрик, бассейнов, аквапарков и др.).

Для систем с вентилируемым зазором, четких критериев выбора теплоизоляционных материалов на сегодняшний день нет. Нельзя использовать очень легкие теплоизоляционные материалы, имеющие большую воздухопроницаемость, что приводит к формированию конвективных потоков и к неоправданным потерям тепла. Поэтому в системах вентфасадов легкие минераловатные или стекловолокнистые плиты следует комбинировать с более плотными материалами. Нельзя забывать, что высокая плотность увеличивает вес теплоизоляции, и тем самым дает дополнительную нагрузку на конструкции. Плотность является определяющим параметром для теплоизоляционных материалов, но не единственным. В зарубежной практике в качестве такой характеристики используют показатель воздухопроницаемости. Часто используется

двухслойная изоляция, при этом плитами второго слоя теплоизоляции перекрывают стыки плит первого слоя, снижая теплопотери.

Устройство навесных систем весьма проблематично на старых кирпичных стенах, т.к. прочность материала основания недостаточна для надежной работы дюбелей. К тому же стоимость вентилируемого фасада весьма высока.

Теплоизолирующие штукатурки. Еще в 1970-е годы в Германии была разработана система «Родитерм» для доутепления зданий, основанная на применении легких штукатурных растворов типа штукатурки «Родипор», которая прекрасно зарекомендовала себя при реконструкции жилых массивов из панельных домов в Германии и Словакии. Бесшовное теплоизолирующее покрытие («моноклит со стеной») закрыло промерзающие стыки - серьезную проблему панельного домостроения, полностью исключив риск возникновения «мостиков холода», что в итоге значительно улучшило теплоизоляцию наружных стен.

Теплоизолирующая штукатурка - композитный материал, отличающийся отобычной штукатуркивидом заполнителя: он на три четверти состоит из расширенных гранул пенополистирола, а песок вообще отсутствует. Специальные химические добавки позволяют добиться однородности структуры, обеспечивают такие свойства, как удобоукладываемость, схватываемость, хорошую адгезию к любым стеновым материалам и т.д., придают оштукатуренной поверхности водостойкость. Теплоизоляционная штукатурка позволяет снизить толщину стены до 40%, что существенно облегчает нагрузки на фундамент и приводит к снижению затрат при новом строительстве или реконструкции, а также позволяет значительно продлить срок службы объекта.

Материалы типа «Родипор» поставляются в виде сухой смеси, которая перед употреблением затворяется водой. Преимущества - малый вес самого раствора ( $240 \text{ кг/м}^3$ ), простота контроля готовности смеси, при работе не требуются специальные навыки, нет необходимости производить армирование или дюбелирование, применять особые инструменты и приспособления. Для получения требуемой адгезии первый слой материала наносят с помощью штукатурных машин. Бригада из 4 человек за смену может утеплить  $120\text{-}180 \text{ м}^2$  фасада (при толщине слоя 50-60 мм). Финишный слой можно наносить через сутки после монтажа основного слоя. Утепление коттеджа по этой технологии занимает всего 7-10 дней, причем фасадные работы можно производить без отселения жильцов. Поверх теплоизоляционной штукатурки накладывается выравнивающий слой, а затем минеральная штукатуркаширокой цветовой гаммы.

Теплоизоляционная штукатурка может использоваться как в комплексе с традиционными системами наружного утепления, так и самостоятельно. Эта технология актуальна, когда нужно дополнительно утеплить в существующем здании его выступающие части (балконы, лоджии), ликвидировать локальные «мостики холода», утеплить углы и промерзающие торцы, в тех случаях, когда фасад имеет значительные неровности, затрудняющие монтаж плит утеплителя,

а также при утеплении изнутри реконструируемых зданий, фасад которых представляет историческую ценность и не должен видоизменяться.

Штукатурка однородна, поэтому ремонт повреждений участков не вызывает трудностей. Воздушные поры в теплоизоляционной штукатурке занимают 35-45% объема, и водяные пары быстро выводятся из помещения наружу, что позволяет обеспечить комфортные условия внутри утепленного здания, избавиться от сырости, сэкономить на обогреве и кондиционировании.

Основным недостатком применения теплоизолирующих штукатурок является высокая стоимость сухих смесей, однако появляется возможность сэкономить на трудозатратах. Снизить стоимость системы позволит замена немецкой теплоизолирующей штукатурки «Родипор» на российские аналоги, например, на выпускаемую в Подмосковье штукатурку «Максмир».

В настоящее время аналогичную продукцию на основе композитов выпускают десятки фирм во многих странах мира. В России теплоизолирующие штукатурки применяются с 2002 г. В Москве такие системы использовались при утеплении и отделке фасадов нескольких панельных домов строительной компанией ДСК-1, Онкологического центра, ресторана на улице Петровские линии, офисного здания (Загородное ш., д. 10, к. 8), здания ГИБДД в Люберцах, здания завода «Электрокабель» в г. Кольчугино (Владимирская обл.), более сотни частных коттеджей в Подмосковье, а также большого количества балконов, лоджий и квартир. В Ростове-на-Дону теплоизоляционный материал «Родипор» включен в муниципальную программу утепления объектов ЖКХ.

**Выводы.** С целью сокращения теплотерь необходимо грамотно выбрать тип наружного утепления ограждающих конструкций, тщательно проанализировав все особенности применения той или иной системы утепления, изучить всю техническую документацию, оценить условия, в которых будет работать конструкция, тщательно соблюдать все требования технологии производства работ, использовать только сертифицированные материалы и привлекать к выполнению работ только специально обученный персонал.

## Литература

1. *Лыгач И., Мордич М.* Новые материалы и технологии для строительства зданий из легких энергоэффективных конструкций. //Архитектура и строительство №3 (202) 2009 г.

2. *Пилипенко В.М., Кузьмичев Р.В.* Эффективные конструктивно-технологические решения при реконструкции и возведении зданий. //Строительная наука и техника. –2007, №4. –С. 26–32.

3. *Подольян Л.А.* Энергоэффективность жилых зданий нового поколения. Дис. кандидата техн. наук: 05.23.01. -Москва, 2005. -185 с.

## **ПРО ДЕЯКІ СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗОВНІШНЬОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ БУДІВЕЛЬ**

*С. Л. Шамбіна*

В роботі досліджуються шляхи зниження тепловтрат у будівлі шляхом влаштування різноманітних сучасних систем зовнішньої теплоізоляції, таких як зовнішнє утеплення «мокрого типу», система з навісним фасадом, а також систем із застосуванням теплоізоляційних штукатурок.

### **SOME MODERN SYSTEMS OF THE EXTERNAL THERMAL INSULATION OF BUILDINGS**

*S. Shambina*

In the report the following problem is investigated: ways of decrease in heat losses in a building by using of various modern systems of external thermal insulation, such as external warming of «wet type», systems with a hinged facade, and systems on the base of heatinsulating plasters.

## АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ЖИТЛА У М. ПОЛТАВІ

*КНУБіА, Україна*

*Стаття присвячена аналізу сучасного стану житлового фонду міста Полтава з визначенням відповідності існуючого житла сучасним вимогам, дослідженню перспектив розвитку і реконструкції житла та встановленню міри необхідності підвищення показників енергоефективності, з метою виявлення передумов проектування енергоефективного житла, враховуючи специфіку м. Полтави.*

З розвитком житлового середовища підвищувались вимоги до теплотехнічних, експлуатаційних, санітарно-гігієнічних, естетичних, екологічних, техногенних та соціально-культурних показників. В зв'язку з цим існують різні підходи до проектування житлового середовища, спрямовані на покращення житла за одним пріоритетним показником. Так як на даний момент проблема раціонального використання енергії стоїть на одному з перших місць, в даній сатті показник енергоефективності розглядається як пріоритетний.

Метою даної статті є дослідження сучасного стану житлової проблеми в м.Полтаві з врахуванням місцевих особливостей (природно-кліматичних, містобудівельних, екологічних, економічних, соціально-культурних, архітектурно-планувальних, конструктивних, інженерних) та виявлення на їх основі передумов проектування енергоефективного житла в м.Полтаві.

За останні роки проблемами енергозбереження в будівництві та архітектурі в Україні і за кордоном займались на рівні теоритичних та практичних розробок, були захищені докторські та кандидатські дисертації. Проблемами житла та його реконструкції займались Л.Г.Бачинська, В.М.Вадімов, Г.О.Осиченко, Ю.Г.Репін, Д.Н.Яблонський; дослідженням впливу клімату на проектування будівель займались С.В.Зоколей, В.И.Оболенський, І.Н.Скриль, С.І.Скриль, Ф.А.Терновський; дослідженням проблеми енергоефективності в будівництві та архітектурі займались М.А. Айзен, В.С.Беляєв, О.В.Бумаженко, М.М.Бродач, Р.Ванькович, Г.П.Васильєв, В.Г.Вейцман, В.Ф.Гершкович, В.В.Гранєв, Т.О.Кашенко, Ю.Лапін, А.Л.Мелуа, О.В.Міроненко, Е.В.Сарнацький, Н.Н.Селіванов, Л.М.Стронський, Ю.В.Табунщиков, Б.Тарніжевський, Г.Ф.Черних, Г.Н.Хавхун, Л.П.Хохлова, Л.О.Шулдан. Питанням енергоефективності були присвячені докторські (А.В.Сергейчук, Г.Г.Фаренюк, П.С.Канигін) та кандидатські (Л.А.Подолан, С.М.Смірнова, О.К.Афанасьева, О.С.Ртищева, В.В.Щербаков) роботи.

Проблема енергоефективності житла в Полтаві стоїть на одному з перших місць і потребує розв'язання як для існуючого житлового фонду так і для нового. Існуючий житловий фонд міста становить 21445 будинків або 133857 квартир. На основі його досліджень за показником загальної площі було виявлено, що переважаючою є багатоквартирна (багатоповерхова) забудова. [1].

Існуючий житловий фонд м. Полтава було класифіковано наступним чином [1,2,5,6,7,9,10]:

- цегляні будинки ХІХст - І пол. ХХст. Мають задовільний технічний стан та потребують мінімальних втручань при реконструкції, з метою покращення теплотехнічних якостей;

- дерев'яні та глиняні будинки ХІХ - І пол. ХХст. Мають незадовільний технічний стан, вимагають проведення заходів комплексної реконструкції;

- цегляні будинки індустріального будівництва. Мають незначні відхилення від нормативних вимог до теплотехнічних показників, потребують заходів реконструкції та термомодернізації;

- панельні та блочні будинки індустріального будівництва (60-90рр.). Існуючий технічний стан незадовільний. Не відповідають сучасним нормативним вимогам за більшістю показників. Потребують негайної комплексної реконструкції та термомодернізації (теплоізоляція зовнішніх огорожуючих конструкцій та горища, заміна вікон, вдосконалення інженерних систем, заміна, конструктивних та огорожувальних елементів);

- сучасні цегляні житлові будинки (зведені за останні 12 років). Відповідають більшості сучасних вимог. В окремих випадках потребують проведення робіт по підвищенню енергоефективності;

- сучасні панельні та блочні житлові будинки. Не відповідають нормативним вимогам, потребують заходів термомодернізації.

Так як, відповідно до ст. 32 Закону України «Про охорону культурної спадщини» від 08.06.2000 № 1805-III, Полтава визнана історичним містом, на основі комплексного аналізу, розроблено і затверджено історико-архітектурний опорний план центральної частини, де показані національні та місцеві пам'ятки усіх видів, об'єкти історичної забудови, об'єкти природно-охоронного фонду, зелені зони та зелені насадження. Відповідно до "Правил забудови історичного центру м. Полтава", затверджених рішенням сьомої сесії Полтавської міської Ради 14.06.03., територія центральної частини міста підрозділяється на функціональні зони, а схема зонування передбачає поділ території по видам містобудівної реконструкції. На схемі зонування, за ступенем реконструкції, виділено 3 категорії будинків[1]:

- будинки, що зберігаються (пам'ятники архітектури, історично цінні споруди, фонові але цінні та архітектурно виразні, класична забудова (із сандриками над вікнами та дверима, виступаючими з поверхні стін карнизами, пілястрами та пілонами [6]) багатопверховими цегляними будинками секційного типу (з рядовими, торцевими, кутовими, поворотними секціями та точкові або односекційні), коридорного типу (гуртожитки), малоповерхова забудова цегляними будинками, що мають задовільний технічний стан);

- будинки, що зносяться (малоповерхові дерев'яні та глиняні будинки ХІХ - першої половини ХХст., ветхий житловий фонд);

- будинки, що варіантно зберігаються (на основі додаткового вивчення інформації про стан їх історичної цінності, конструкцій, інженерних систем, благоустрою, щільності тощо).

Залежно від історичної цінності територій та категорії будинків, виділені 4 райони центральної частини міста за видами реконструкції [1]:

- район, в якому забудова повністю зберігається;
- район, в якому більша частина забудова зберігається;
- район, в якому забудова частково зберігається;
- район, в якому забудова вибірково зберігається.

Аналіз структури центральної частини міста показав, що основною планувально-структурною одиницею є житловий квартал, що виник у кінці ХІХст. Історично, житловий квартал мав периметральний тип забудови, але в процесі еволюції зазнав деяких змін, внаслідок чого виникли нові підтипи з різним відсотком периметральності, використанням внутрішнього простору кварталу та різною поверховістю: периметральна забудова середньої поверховості, з малоповерховою забудовою всередині кварталу; різноповерхова периметральна забудова з різноповерховою забудовою всередині кварталу; різноповерхова периметральна з центральним наскрізним проходом; забудова з центральним навантаженням і великим відсотком вільної від забудови території всередині кварталу; одностороння периметральна різнохарактерна забудова; квартал - парк; малоповерхова розрізнена забудова. Більшість кварталів орієнтовані під кутом близько 45° до вісі Пд-Пн. [2,5,6,7,8].

На основі комплексного аналізу центральної частини міста Полтава визначені наступні групи обмежуючих факторів, що потрібно враховувати при реконструкції: історико-культурні, санітарно-гігієнічні (інсоляція та затінення, аерація будинків і територій - пануючі вітри взимку ПдЗ, З, С, ПдС, влітку ДнЗ, З, Пн, ПнС [11], інженерні системи), природно-кліматичні (помірна кліматична зона ПВ2 [11], рівнинний характер рель'єфу, ґрунти I та II типу просідання [1]), екологічні, архітектурно-планувальні (секційний та коридорний тип планувальної організації, мала та середня поверховість, низька щільність, цегляна пластика та класична стилістика фасадів), містобудівельні (орієнтація 45° до вісі Пд-Пн, рівномірне та неперервне озеленення територій), структурно-планувальні (квартальна забудова, основні транспортні магістралі під кутом 45° до вісі Пд-Пн, урахування "червоних" та "блакитних" (обмеження по висоті) ліній). При цьому реконструйовані житлові будинки повинні відповідати теплотехнічним, експлуатаційним, санітарно-гігієнічним, естетичним, екологічним, енергоефективним, техногенним, соціально-культурним вимогам і забезпечувати міцність та стійкість, необхідний рівень комфортності, теплозахисту і енергозбереження, пожежної безпеки, шумозахист та інсоляцію.

Також в Полтаві актуальним є зведення нового житла. В період з 2005 по 2009 роки у Полтаві будівництво нового житла значно збільшилось і має площу 267,5 тис. м<sup>2</sup>, при території міста 10,4 тис. га.

Передумовами будівництва житла став вплив наступних факторів:

- розрахунок проектної чисельності населення (350 тис., зараз 301,6 тис.);
- аналіз будівництва та введення в експлуатацію нового житла за період 2005 – 2009рр. показав, що загальна площа обсягів нового житла збільшилась у порівнянні з попередніми 10-ма роками у 2 – 2,5 рази.);

- наявність вільних територій для будівництва житла, а також необхідність реконструкції існуючої забудови. Для центральної частини міста передбачено вибуття 10,7 тис. м<sup>2</sup> ветхого житлового фонду під організацію центрів обслуговування та житлового будівництва, а на розрахунковий строк - 46,3 тис.м<sup>2</sup> загальної площі - це 293 будинків, де проживає 3611 осіб;

- велика кількість населення, що стоїть у черзі на отримання житла (8138 сімей та однаків - претенденти на соціальне житло);

Отже, враховуючи збільшення населення на розрахунковий строк (на 22 роки), коефіцієнт сімейності та збільшення стандартів житлової площі на перспективу, загальна потреба в новому житлі складе 1997,20 тис.м<sup>2</sup> у багатоквартирному житлі і 748,7 тис. м<sup>2</sup> у садибній забудові (5760 ділянок).

Основою для даного розрахунку для нового багатоквартирного житла генеральним планом було визначено 294,76 га, із них 171,9 га передбачається розмістити на вільних територіях, 96,2 га – на територіях, що потребують зносу об'єктів і 26,69 га на територіях, що потребують реконструкції.

Загальна площа нових багатоквартирних житлових будинків буде становити 2010,3 тис. м<sup>2</sup>, з них: 1203,8 тис. м<sup>2</sup> – на вільних територіях, 673,4 тис. м<sup>2</sup> загальної площі – на територіях, що потребують зносу об'єктів, 133,1 тис. м<sup>2</sup> загальної площі – на територіях, що потребують реконструкції [1].

На позарозрахунковий строк в генплані відведено 175,84 га територій в межах міста під багатоквартирне будівництво, з них 57% за рахунок територій, зі зносом об'єктів, а 33% на вільних територіях [1]. Так як нові житлові будинки повинні відповідати усім нормативним вимогам, включаючи вимоги по енергоефективності, при проектуванні житла необхідно використовувати існуючі технології енергозбереження, пристосовуючи їх до умов м.Полтава.

Основою для даного розрахунку на загальній інформаційній базі існуючих теоретичних та практичних розробок по розв'язанню проблеми енергоефективності в будівництві та архітектурі (наукові роботи, дисертації, проектні пропозиції), дослідженні сучасного стану житлової забудови м.Полтава, основаному на оцінці ефективності освоєння міських територій (оцінці фізичного і морального зносу будинків та інженерного обладнання, з урахуванням ступеню історико-архітектурної цінності забудови та архітектурно-планувальних рішень), а також на аналізі перспектив розвитку житлового фонду, можна зробити обґрунтований висновок про актуальність формування енергоефективного житла на основі комплексного підходу до вирішення проблеми, як при новому будівництві житла так і при реконструкції існуючого житлового фонду, що особливо актуально для центральної частини міста Полтава.

## Література

1. Полтава. Коригування Генерального плану, зміна меж міських територій. Основні положення. В.о. директора інституту О.Головань, Начальник арх.-планувального управління, ГАП В. Токар. ДП УДНДІПМ "ДІПРОМІСТО", м. Київ – 2009.

2. *Осиченко Г. О.* Методичні основи реконструкції композиційних структур історичних міст (на прикладі міст Центральної України), Харків-2006.
3. *Кащенко Т.О., Данько К.С.* Реконструкція житлової забудови з реалізацією заходів енергозбереження. Міжвідомчий наук.-техн. збірник «Пркладна геометрія та інженерна графіка». Вип. 78.-К.:КНУБА, 2007р.-446с.
4. *Данько К.С.* Формування основних елементів методики підвищення енергоефективності житлових будинків в системі житлової забудови. Наук.-техн. збірник Містобудування та територіальне планування. Вип. 30.-К.:КНУБА, 2008р.-504с.
5. *А.А. Афанасьев, Е.П. Матвеев.* Реконструкція житлових будинків. Технології відновлення експлуатаційної надійності житлових будинків.М. 2008.
6. *М.Я. Рудинський.* Архітектурне обличчя Полтави. /Передмова Л.С.Вайнгорта, О.Б.Супруненко - Полтава: Метоп, 1992.
7. *В.Е.Ясевич.* Архитектура Украины на рубеже XIX-XX веков. Киев. Будівельник. 1988г. 184с.
8. *Л.Кожяева* Морфотипы застройки – в теории и на практике. АВ. вып.2(119)2011.(Електронний ресурс: <http://archvestnik.ru/node/3064>).
9. *Табунчиков Ю.А., Бродач М.М.* «Энергоэффективные здания».М.: 2003.200с.
10. ДБН В.3.2-2-2009. Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт, розроблені інститутом "НДІпроектреконструкція"
11. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика//Госстрой СССР.-М:Стройиздат, 1983.-136с.

## **АНАЛИЗ ПРЕДПОСЫЛОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ЖИЛЬЯ В Г. ПОЛТАВЕ**

*Е. С. Данько*

Статья посвящена анализу современного состояния жилищного фонда г. Полтава с определением соответствия существующего жилья современным требованиям, исследованию перспектив развития и реконструкции жилья и установлению степени необходимости повышения показателей энергоэффективности, с целью выявления предпосылок проектирования энергоэффективного жилья, учитывая специфику города Полтавы.

## **ANALYSIS OF PRE-CONDITIONS OF PLANNING OF HABITATION WITH EFFECTIVE USE OF ENERGY IN POLTAVA.**

*K. S. Danko*

The article is devoted to the analysis of the modern state of housing fund of Poltava with determination of conforming of existent habitation to the modern requirements, to research of prospects of development and reconstruction of habitation and establishment of degree of necessity of increase of indexes of effective use of energy with the purpose of exposure of pre-conditions of planning of habitation with effective use of energy, with the specific of Poltava

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАССОПЕРЕНОСА С УЧЕТОМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ОТСТОЙНИКЕ

*Днепропетровский государственный аграрный университет*

*На базе построенной 2D численной модели выполнен расчет вертикального отстойника с перегородкой. Модель основывается на численном интегрировании уравнения конвективно-диффузионного переноса примеси и модели потенциального течения. Приводятся результаты вычислительного эксперимента.*

**Введение.** Вертикальные отстойники широко используются в настоящее время в системах водоотведения. Актуальной проблемой является разработка эффективных методов расчета этих сооружений. Сейчас для расчета вертикальных отстойников применяются либо балансовые (нуль – мерные) модели [1], одномерные кинематические модели транспорта загрязнителя [2,3], либо рекомендации СНиПа. Оба класса перечисленных моделей не позволяют учесть при проведении расчетов геометрическую форму отстойника и другие конструктивные особенности. Расчет гидродинамики течения в данных в моделях также не осуществляется.

**Целью** данной работы является разработка численной модели массопереноса в вертикальном отстойнике, позволяющей учитывать при моделировании геометрическую форму отстойника.

**Математическая модель процесса массопереноса.** Для расчета транспорта загрязнителя в вертикальном отстойнике используется осредненное по ширине сооружения уравнение переноса примеси [6]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial (v-w)C}{\partial y} + kC = \text{div}(\mu \text{grad} C), \quad (1)$$

где  $C$  – концентрация загрязнителя в воде;  $u, v$ , – компоненты вектора скорости течения;  $\mu = (\mu_x, \mu_y)$  – коэффициенты диффузии;  $t$ -время;  $w$  – скорость оседания загрязнителя;  $k$  -коэффициент, учитывающий процессы агломерации и т.п. в отстойнике.

Отметим, что при использовании модели (1) компоненты вектора скорости течения сточных вод в отстойнике должны удовлетворять уравнению неразрывности.

Стенки отстойника и различные непроницаемые объекты внутри него (перегородки и т.п.) являются граничными линиями тока. В построенной численной модели на этих границах реализуется граничное условие вида

$$\frac{\partial C}{\partial n} = 0,$$

где  $n$  – единичный вектор внешней нормали к твердой поверхности.

На входной границе (граница входа потока сточных вод в отстойник) ставится условие:

$$C|_{\text{граница}} = C_E,$$

где  $C_E$  – известное значение концентрации загрязнителя.

На выходной границе расчетной области в численной модели ставится «циклическое» (мягкое) граничное условие вида

$$C(i + 1, j) = C(i, j),$$

где  $i, j$  – номер разностной ячейки.

В начальный момент времени полагается  $C=0$  в расчетной области. Задача транспорта загрязнителя в отстойнике решается на установление решения.

Для практического использования модели (1) транспорта загрязнителя в вертикальном отстойнике необходимо рассчитать поле скорости потока внутри сооружения. Для решения этой гидродинамической задачи используется модель потенциального течения. В этом случае моделирующее уравнение имеет вид [5]:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = 0. \quad (2)$$

где  $P$  – потенциал скорости.

Для данного уравнения ставятся следующие граничные условия [5]:

- на твердых стенках отстойника, перегородках внутри него:  $\frac{\partial P}{\partial n} = 0$ , где  $n$

– единичный вектор внешней нормали к твердой границе;

- на входной границе (область втекания сточных вод в отстойник):

$\frac{\partial P}{\partial n} = V_n$ , где  $V_n$  – известное значение скорости втекания;

- на выходной границе расчетной области (область выхода осветленных вод из отстойника)  $P = P^*(x = const, y) + const.$  (условие Дирихле)

Если поле потенциала скорости определено, то компоненты вектора скорости потока сточных вод в отстойнике рассчитываются зависимостями [2]

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial P}{\partial y},$$

*Метод решения.* Для численного интегрирования уравнения транспорта загрязнителя в отстойнике используется попеременно – треугольная разностная схема [4]. Численный расчет реализуется на прямоугольной разностной сетке. Значение концентрации загрязнителя рассчитывается в центрах разностных ячеек.

Разностные соотношения данной схемы в операторном виде записываются так [4]:

- на первом шаге расщепления  $k = n + 0,5$ :

$$\frac{C_{ij}^k - C_{ij}^n}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^+ C^k + L_y^+ C^k) = \frac{1}{4}(M_{xx}^+ C^k + M_{xx}^- C^k + M_{yy}^+ C^n + M_{yy}^- C^n)$$

- на втором шаге расщепления  $k = n + 0,5$ ;  $c = n + 0,25$  :

$$\frac{C_{ij}^k - C_{ij}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^- C^k + L_y^- C^k) = \frac{1}{4}(M_{xx}^- C^k + M_{xx}^+ C^c + M_{yy}^- C^k + M_{yy}^+ C^c)$$

- на третьем шаге расщепления  $k = n + 0,75$ ;  $c = n + 0,5$  :

$$\frac{C_{ij}^k - C_{ij}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^+ C^k + L_y^- C^k) = \frac{1}{4}(M_{xx}^- C^c + M_{xx}^+ C^k + M_{yy}^- C^k + M_{yy}^+ C^c)$$

- на четвертом шаге расщепления  $k = n + 1$ ;  $c = n + 0,75$  :

$$\frac{C_{ij}^k - C_{ij}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^- C^k + L_y^+ C^k) = \frac{1}{4}(M_{xx}^- C^k + M_{xx}^+ C^c + M_{yy}^- C^c + M_{yy}^+ C^k)$$

В данных выражениях использованы следующие обозначения разностных операторов

$$\begin{aligned} \frac{\partial u^+ C}{\partial x} &\approx \frac{u_{i+1,j}^+ C_{ij}^{n+1} - u_{ij}^+ C_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^+ C^{n+1} \\ \frac{\partial u^- C}{\partial x} &\approx \frac{u_{i+1,j}^- C_{i+1,j}^{n+1} - u_{ij}^- C_{ij}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^- C^{n+1} \\ \frac{\partial v^+ C}{\partial y} &\approx \frac{v_{i,j+1}^+ C_{ij}^{n+1} - v_{ij}^+ C_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^+ C^{n+1} \\ \frac{\partial v^- C}{\partial y} &\approx \frac{v_{i,j+1}^- C_{i,j+1}^{n+1} - v_{ij}^- C_{ij}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^- C^{n+1} \\ \frac{\partial}{\partial x} (\mu_x \frac{\partial C}{\partial x}) &\approx \tilde{\mu}_x \frac{C_{i+1,j}^{n+1} - C_{ij}^{n+1}}{\Delta x^2} - \tilde{\mu}_x \frac{C_{ij}^{n+1} - C_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x^2} = M_{xx}^- C^{n+1} + M_{xx}^+ C^{n+1} \\ \frac{\partial}{\partial y} (\mu_y \frac{\partial C}{\partial y}) &\approx \tilde{\mu}_y \frac{C_{i,j+1}^{n+1} - C_{ij}^{n+1}}{\Delta y^2} - \tilde{\mu}_y \frac{C_{ij}^{n+1} - C_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta x^2} = M_{yy}^- C^{n+1} + M_{yy}^+ C^{n+1} \end{aligned}$$

и т.д. В приведенных обозначениях принято  $v = v-w$ .

Пояснение к данным разностным операторам представлено в работе [4].  
Неизвестное значение концентрации загрязнителя на каждом шаге расщепления определяется по явной формуле «бегущего счета».

Для численного интегрирования уравнения (2) используется метод установления решения по времени. Поэтому, численно интегрируется уравнение эволюционного типа

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2}, \quad (3)$$

где  $t$  - фиктивное время.

При  $t \rightarrow \infty$  решение уравнения (3) будет стремиться к «установлению», т.е. к решению уравнения (2).

Для численного интегрирования уравнения (3) используется неявная схема суммарной аппроксимации [7]. В этом случае разностные уравнения на каждом дробном шаге имеют вид:

$$\frac{P_{i,j}^{n+0,5} - P_{i,j}^n}{\Delta t} = \left[ \frac{-P_{i,j}^{n+0,5} + P_{i-1,j}^{n+0,5}}{\Delta x^2} \right] + \left[ \frac{-P_{i,j}^{n+0,5} + P_{i,j-1}^{n+0,5}}{\Delta y^2} \right],$$

$$\frac{P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+0,5}}{\Delta t} = \left[ \frac{P_{i+1,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1}}{\Delta x^2} \right] + \left[ \frac{P_{i,j+1}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1}}{\Delta y^2} \right].$$

Отметим, что значение потенциала скорости  $P_{i,j}$  в центре каждой разностной ячейки, на каждом шаге расщепления, определяется по явной формуле – методу бегущего счета [7].

В численной модели компоненты вектора скорости определяются по формулам:

$$u_{ij} = \frac{P_{i,j} - P_{i-1,j}}{\Delta x}; \quad v_{ij} = \frac{P_{i,j} - P_{i,j-1}}{\Delta y}.$$

Компоненты вектора скорости водной среды рассчитываются на гранях разностных ячеек (контрольных объемов), что позволяет построить консервативную разностную схему для уравнения транспорта загрязнителя. При решении эволюционного уравнения (3) задается поле потенциала скорости для «начального» момента фиктивного времени.

Кроме рассмотренного метода условной аппроксимации в разработанном коде также применяется метод Либмана [7] для численного интегрирования уравнения (2). В этом случае аппроксимирующее уравнение имеет вид:

$$\frac{P_{i+1,j} - 2P_{i,j} + P_{i-1,j}}{\Delta x^2} + \frac{P_{i,j+1} - 2P_{i,j} + P_{i,j-1}}{\Delta y^2} = 0$$

Тогда неизвестное значение потенциала в центре разностной ячейки определяется так:

$$P_{i,j} = \left[ \frac{P_{i+1,j} + P_{i-1,j}}{\Delta x^2} + \frac{P_{i,j+1} + P_{i,j-1}}{\Delta y^2} \right] / A,$$

где:

$$A = \left( \frac{2}{\Delta x^2} + \frac{2}{\Delta y^2} \right).$$

В разработанном коде расчет по методу Либмана реализован в отдельной подпрограмме.

Особенностью моделирования массопереноса в вертикальных отстойниках является необходимость проведения численного интегрирования уравнений модели в области сложной геометрической формы. Для формирования геометрической формы отстойника на прямоугольной разностной сетке, с учетом возможности размещения в нем перегородок и т.п., применяется метод маркирования [4]. Это дает возможность быстро формировать любую геометрическую форму отстойника, без каких либо

налагаемых на нее ограничений.

*Практическая реализация модели.* На основе рассмотренной численной модели создан код “Settler- 2”, реализованный на алгоритмическом языке FORTRAN. Данный код построен на модульном принципе.

Разработанная численная модель была использована для моделирования процесса массопереноса в модифицированном вертикальном отстойнике с перегородкой. Для иллюстрации возможностей разработанной численной модели рассматриваются два варианта отстойника: отстойник с вертикальной перегородкой (рис. 1,2) и отстойник с вертикальной перегородкой и горизонтальной пластиной, расположенной в восходящей части сооружения (рис.3). При проведении расчета для отстойника первого типа варьируется длина вертикальной перегородки. На рисунках стрелками показано место, где происходит вход и выход потока из отстойника. Цель моделирования – оценка эффективности очистки сточных вод в отстойниках рассматриваемого типа.

Расчет выполнен при таких параметрах: скорость потока на входе в отстойник 1,9 м/ч; коэффициент диффузии  $0.7 \text{ м}^2/\text{ч}$ ;  $w=0.2 \text{ м/ч}$ ;  $k=0$ ; длина отстойника 5м; глубина 3.6м. Концентрация загрязнителя во входящем в отстойник потоке равна 100ед (в безразмерном виде).

Рассмотрим результаты вычислительного эксперимента. На рис. 1

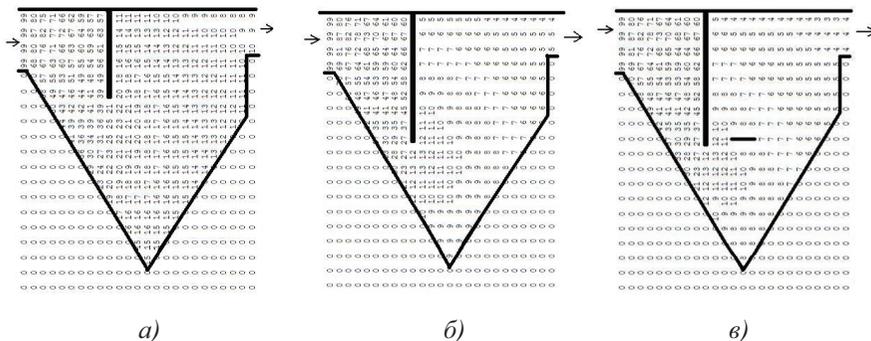


Рис.1. Распределение концентрации загрязнителя в вертикальном отстойнике: а – длина вертикальной перегородки 1,2м; б – длина вертикальной перегородки 1,8м; в – длина вертикальной перегородки 1,8м, длина горизонтальной пластины 0,6м

представлены расчетные значения концентрации загрязнителя в отстойниках рассматриваемой конструкции. Значение концентрации представлено в безразмерном виде: каждое число – это величина концентрации в процентах от величины входной концентрации. Такое представление результатов вычислительного эксперимента позволяет оперативно анализировать прогнозную информацию по оценке величины концентрации в любой части отстойника. Однако отметим, что вывод на печать результатов расчета здесь осуществляется по формату печати «целых» чисел, т.е. дробная часть числа не выдается на печать. Это значит, что если, например, в какой-то точке расчетное

значение концентрации составляет «8,78%» от концентрации на входе в отстойник, то на печать будет выведено «8». Такой подход используется для удобства проведения быстрого анализа. Для детального анализа программа расчета выдает значение концентрации по формату «действительных» чисел.

Как видно из представленных результатов, величина концентрации на выходе из каждого отстойника (что представляет основной интерес при расчете, т.к. это эффективность очистки) составит:

- для отстойника с вертикальной перегородкой длиной 1,2 м – 9%;
- для отстойника с вертикальной перегородкой длиной 1,8 м – 5%;
- для отстойника с вертикальной перегородкой и горизонтальной пластиной (длина вертикальной перегородки 1,8 м, длина горизонтальной пластины 0,6 м) – 4%.

Таким образом, увеличение длины перегородки для отстойника первого типа всего на 0,6м позволило снизить величину концентрации загрязнителя в выходном потоке практически вдвое. Это позволяет сделать вывод о сильном влиянии «геометрического воздействия» на процесс массопереноса.

Отметим, что для расчета одного варианта задачи потребовалось 15 с компьютерного времени. Таким образом, для решения многопараметрической задачи массопереноса в области сложной геометрической формы – в вертикальном отстойнике, требуются незначительные временные затраты при использовании разработанной численной модели.

**Выводы.** В работе представлена новая численная (CFD) модель для расчета процесса массопереноса в канализационных вертикальных отстойниках. Модель дает возможность рассчитывать поле скорости в вертикальных отстойниках без ограничения на их геометрическую форму. На основе построенной численной модели разработан специализированный код, который может быть использован как инструмент решения комплекса задач, возникающих при проектировании и реконструкции вертикальных отстойников. Дальнейшее совершенствование рассмотренной в работе модели необходимо проводить в направлении адаптации её к моделированию трехмерного процесса массопереноса в отстойниках.

## Литература

1. *Таварткиладзе И. М., Кравчук А. М., Нечипор О. М.* Математическая модель расчета вертикальных отстойников с перегородкой. // Водоснабжение и санитарная техника Выпуск №1, ч. 2, 2006 г., с. 39-42.

2. *Олейник А. Я., Калугин Ю. И., Степовая Н. Г., Зябликов С. М.* Теоретический анализ процессов осаждения в системах биологической очистки сточных вод. //Прикладная гидромеханика. 2004 г. Том 6 (78), №4. с.62-67.

3. *Степова Н. Г., Калугин Ю. И., Олейник О. Я.* До розрахунку вертикального відстійника з урахуванням форми його нижньої частини. // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравлики. 2010 г., Випуск №14, с.145 -151.

4. Згуровский М. З. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беляев. – К.: Наук. думка, 1997. – 368 с.
5. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 1978. – 735 с.
6. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
7. Самарский А. А. Теория разностных схем. - М.: Наука, 1983. – 616 с.

#### **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ МАСОПЕРЕНОСУ З УРАХУВАННЯМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ВЕРТИКАЛЬНОМУ ВІДСТІЙНИКУ**

*М.М. Біляєв, Е.К. Нагорная, П.В. Хорсев, С.С. Тищенко*

На базі розробленої 2D чисельної моделі виконано розрахунок вертикального відстійнику з перешкодою всередині нього. Модель базується на чисельному інтегруванні рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки та моделі потенційного руху. Наводяться результати обчислювального експерименту.

#### **THE PROCESS MODELLING OF MASSCHANGING WITH NOTING OF ENERGY EFFICIENCY IN VERTICAL RESERVOIR**

*N. Belyaev, E. Nagorniyak, P. Horsev, C. Tishenko*

The 2D numerical model was developed and used to simulate the pollutant transfer in the vertical settler. The model is based on the numerical integration of the K-gradient transport model and the model of the potential flow. The results of numerical experiment are presented.

## ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАССИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ВО II АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ КЛИМАТИЧЕСКОМ РАЙОНЕ УКРАИНЫ

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры,  
Украина*

*Анализируются особенности типологических требований к коттеджному строительству по стандарту Passivhaus для южного региона Украины на примере Одесской области. Исследуются вопросы оптимизации объёмно-планировочных решений, теплоизоляционной оболочки зданий, площади световых проёмов, солнцезащитных устройств.*

**Постановка проблемы.** Проблема энергосбережения стоит сегодня в Украине на первом месте. Жилой сектор, будучи одним из основных потребителей энергии в системе национальной экономики, имеет огромный потенциал энергосбережения. Поэтому сегодня в Украине остро назрела необходимость исследований и проектирования энергоэффективных малоэтажных жилых домов. Одним из удачных технических решений, которое зарекомендовало себя во многих странах мира являются здания, отвечающие стандарту пассивного дома, разработанного в институте пассивного дома (г. Дормштат, Германия).

**Анализ основных исследований.** Проблеме проектирования энергоэффективных пассивных домов на территории Украины посвящено много исследований [1,2,3], но общей типологической основы проектирования до сих пор нет.

**Постановка задачи.** На примере Одесской области разработать типологические основы проектирования жилых домов, отвечающих стандарту [4] для II архитектурно-строительного климатического района.

**Основная часть.** Основными направлениями снижения энергозатрат на климатизацию зданий являются:

1. Оптимизация объёмно-планировочных решений.
2. Оптимизация теплоизоляционной оболочки зданий.
3. Оптимизация площади световых проёмов
4. Проектирование и использование солнцезащитных устройств.

*Объёмно-планировочные решения.* В нормах Украины приводятся рекомендации по показателю компактности  $\Lambda$  жилых зданий [5]. Для двухэтажных и одноэтажных домов с

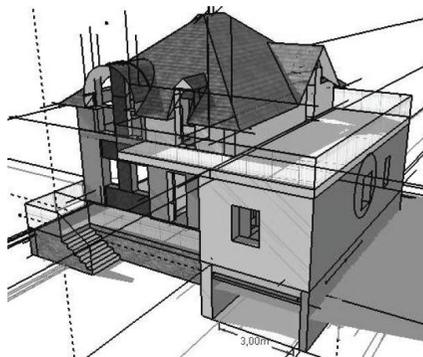


Рис. 1. Общий вид пассивного жилого дома для Одесской области

мансардой рекомендованное значение показателя компактности  $\Lambda \leq F_{\Sigma} / V_{\Sigma} = 0.9$ , где  $F_{\Sigma}$  и  $V_{\Sigma}$  – соответственно общая площадь внутренних поверхностей ограждающих конструкций и объём отапливаемой части дома.

Концепция предложенного варианта пассивного двухэтажного коттеджа – дом на семью со средним доходом. Поэтому в нём нет зимнего сада, двухсветных комнат, площади и высота комнат близки к показателям социального жилья [6]. Общая площадь дома – 208 м<sup>2</sup>, жилая площадь – 140 м<sup>2</sup>. Он характеризуется компактным объемно-пространственным решением ( $\Lambda = 0,89$ ), минимальным фронтом ограждающих поверхностей, тепловым зонирование функционально планировочных групп в доме (южная ориентация – жилые комнаты; северная – кухня - востока и подсобные помещения), максимальным использованием мансардного пространства.

*Оптимизация теплоизоляционной оболочки зданий.* Теплоизоляция оболочки пассивного дома оказывает решающее влияние на необходимое потребление тепловой энергии на отопление. В соответствии с требованиями стандарта Passive House коэффициент теплопередачи  $U$  стен и покрытий дома не должен быть больше 0,15 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [7], т.е. приведенные значения сопротивления теплопередаче  $R_{\Sigma \text{ пр}}$  этих конструкций должны быть не меньше 6,67 (м<sup>2</sup>·К)/Вт.

Однако эти рекомендации не дифференцированы в зависимости от ориентации стен и покрытия. Вместе с тем, количество солнечной энергии, которая приходит на поверхности разной ориентации различно. Также различна энергетическая освещенность этих поверхностей тепловой (длинноволновой) радиацией атмосферы. Это должно сказаться на рекомендуемых значениях тепловой изоляции конструкций в зависимости от их ориентации.

Рассмотрим как сказывается ориентация ограждающей конструкции на рекомендуемые значения сопротивления теплопередаче для пассивного жилого дома в условиях Одесской области.

Для этого были рассчитаны значения эффективной температуры воздуха около наружных поверхностей ограждающих конструкций  $T_{\text{ум}}$ , К, для четырёх ориентаций стен (север, восток, юг, запад) и покрытия (зенитная ориентация). Расчёт проводился по формуле, приведенной в [8]:

$$T_{\text{ум}} = T_3 \cdot 4 \sqrt{\frac{G(\alpha)}{G_{\text{ср}}(\alpha)}} + \rho \frac{I(\alpha, \beta) + i(\alpha, \beta)}{\alpha_s}, \quad (1)$$

где  $T_3$  – температура внешнего воздуха, К;

$G$ ,  $I$ ,  $i$  – энергетическая освещенность поверхности заданной ориентации соответственно тепловой, прямой солнечной и рассеянной радиации, Вт/м<sup>2</sup>;

$G_{\text{ср}}$  – пространственная интенсивность тепловой радиации, Вт/м<sup>2</sup>;

$\rho$  – коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхности ограждающей конструкции;

$\alpha_s$  – коэффициент теплообмена между наружной поверхностью ограждения и внешним воздухом, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Значения  $T_{ум}$  просчитывались для среднемесячных значений климатических параметров всех месяцев отопительного периода по данным [8]. Затем находились средние значения эффективных температур наружного воздуха за отопительный период. При этом рассматривались разные условия облачности – ясное небо и средние для Одессы условия облачности, а также разная отделка наружных поверхностей: светлая, темная и темные стены при светлой крыше.

Учитывая, что наиболее высокая средняя эффективная температура воздуха за отопительный период у стены южной ориентации, принято для этой стены значение сопротивления теплопередаче не уровне минимально рекомендуемого сопротивления  $R_{юг} = 6,67 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ . Для других ориентаций сопротивления теплопередачи рассчитаны, исходя из соотношения

$$R_i = \frac{(t_b - t_i)}{(t_b - t_{cp})} \cdot R_{юг}, \quad (2)$$

где  $R_i$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции рассматриваемой ориентации,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$t_b = 20$  – температура воздуха внутри здания,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_i$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период у поверхности рассматриваемой ориентации,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_b = 1,8$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, в Одессе,  $^{\circ}\text{C}$ .

По полученным значениям  $R_i$  определены необходимые значения толщины утеплителя для ограждающих конструкций разной ориентации. При этом в качестве утеплителя принято базальтовое волокно «Supergrock», с расчётным значением теплопроводности  $\lambda_{вт} = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  [9].

Результаты расчёта сведены в табл. 1. На рис. 2. показаны графики зависимости изменения рекомендуемого сопротивления теплопередаче поверхностей разной ориентации по отношению к южной стене, полученные по формуле (2).

Анализ проведенных расчётов показывает, что рациональная толщина утеплителя в ограждающих конструкциях пассивного дома в условиях П архитектурно-строительного климатического района Украины зависит от ориентации поверхности. Если для стен разной ориентацией этой зависимостью можно пренебречь (расхождение составляет меньше 3%), то для покрытий это расхождение уже существенно (при ясном небе составляет около 20%, а при средних условиях облачности – около 10%). На толщину утеплителя также влияет цветовая отделка поверхностей. Самая большая дифференциация рациональной толщины утеплителя наблюдается при темной отделке стен и светлой кровле.

Таблица 1.

Расчет сопротивления теплопередаче и толщины утеплителя для ограждающих конструкций в условиях Одессы

Ориентации поверхности	Наименование материала и состояние поверхности	$\rho$	$t_i$	$R_i$	$\delta_i$	% расхождения $R$ и $\delta$	
<i>Тёмная отделка наружных поверхностей</i>							
Средние условия облачности	Юг	штукатурка темная	0,73	2,75	6,32	0,22	0
	Север	штукатурка темная	0,73	2,39	6,45	0,23	2,05
	Восток	штукатурка темная	0,73	2,52	6,4	0,23	1,29
	Запад	штукатурка темная	0,73	2,52	6,4	0,23	1,32
	Зенит	сталь кровельная, окрашенная в темно-красный цвет	0,75	1,16	6,9	0,25	9,21
	<i>Светлая отделка наружных поверхностей</i>						
	Юг	штукатурка белая	0,25	2,42	6,44	0,23	0
	Север	штукатурка белая	0,25	2,29	6,49	0,23	0,74
	Восток	штукатурка белая	0,25	2,34	6,47	0,23	0,41
	Запад	штукатурка белая	0,25	2,35	6,46	0,23	0,38
Зенит	сталь кровельная, окрашенная в светлый цвет	0,44	0,92	6,99	0,25	8,54	
<i>Тёмная отделка стен, светлая кровля</i>							
Ясное небо	Юг	штукатурка тёмная	0,73	2,75	6,32	0,22	0
	Север	штукатурка тёмная	0,73	2,39	6,45	0,23	2,06
	Восток	штукатурка тёмная	0,73	2,52	6,4	0,23	1,27
	Запад	штукатурка тёмная	0,73	2,52	6,4	0,23	1,27
	Зенит	сталь кровельная, окрашенная в светлый цвет	0,44	0,92	6,99	0,25	10,6
	<i>Тёмная отделка наружных поверхностей</i>						
Ясное небо	Юг	штукатурка белая	0,73	3,05	6,21	0,22	0
	Север	штукатурка тёмная	0,73	2,7	6,34	0,23	2,07
	Восток	штукатурка тёмная	0,73	2,72	6,33	0,23	1,96
	Запад	штукатурка тёмная	0,73	2,84	6,29	0,22	1,28
	Зенит	сталь кровельная оцинкованная, окрашенная в темно-красный цвет	0,75	0,16	7,27	0,26	17,1
	<i>Светлая отделка наружных поверхностей</i>						
	Юг	штукатурка белая	0,25	2,73	6,33	0,23	0
	Север	штукатурка белая	0,25	2,62	6,37	0,23	0,66
	Восток	штукатурка белая	0,25	2,64	6,36	0,23	0,49
	Запад	штукатурка белая	0,25	2,65	6,35	0,23	0,43
Зенит	сталь кровельная оцинкованная, окрашенная в светлый цвет	0,44	-0,07	7,35	0,24	16,2	
<i>Тёмная отделка стен, светлая кровля</i>							
Ясное небо	Юг	штукатурка тёмная	0,73	3,05	6,21	0,22	0
	Север	штукатурка тёмная	0,73	2,7	6,34	0,23	2,07
	Восток	штукатурка тёмная	0,73	2,72	6,33	0,23	1,96
	Запад	штукатурка тёмная	0,73	2,84	6,29	0,22	1,28
	Зенит	сталь кровельная, окрашенная в светлый цвет	0,44	-0,07	7,35	0,24	18,4

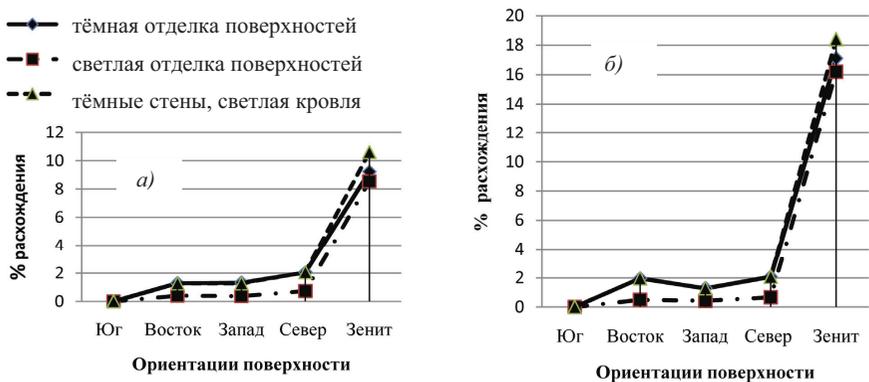


Рис. 2. Зависимость изменения сопротивления теплопередаче поверхностей разной ориентации по отношению к южной стене  
*a* – при средних условиях облачности *б* – при ясном небе

*Оптимизация площади световых проёмов.* Является спорным рекомендация [10] о целесообразности увеличения площади светопрозрачных конструкций южной ориентации. Это связано с тем, что в пассивных домах используются окна с высокими показателями теплоизоляции, добиться которых можно только при использовании стекол с низкоэмиссионным покрытием. Эти стекла работают как тепловые зеркала, отражая тепловую энергию в сторону, откуда она поступает. Поэтому зимой вклад прошедшей внутрь дома солнечной энергии в уменьшение затрат на отопление будет минимальным и, навряд ли, тепловая энергия от солнца компенсирует те дополнительные теплопотери, которые будут обусловлены увеличенной площадью светопроёмов.

В этой связи, концепцией проектирования светопроёмов в пассивных домах должна базироваться на максимальном уменьшении их площади. В рассматриваемом проекте оптимизация площади окон было проведено на основе усовершенствованной методики расчета КЕО, которая закреплена в Изменении № 2 к ДБН В.2.5-28-2006 (вступает в действие с 01.09.2012), участие в разработке которой принимал автор [10].

*Проектирования и использование солнцезащиты.* Отличительной особенностью народного жилища Одесской области является устройство ставен [11]. Их основным назначением была защита жилых помещений от внешних температурных воздействий. Зимой в холодные ветреные дни ставни защищали помещения от продувания, а летом, в жару – от перегрева солнечными лучами.

В современной архитектуре ставни незаслуженно забыты. На наш взгляд, они должны быть возвращены в коттеджное строительство в качестве регулируемых солнцезащитных конструкций и дополнительного утепления окон в тёмное время суток зимой. Конечно, их конструкция, внешний вид, материал, а, возможно, и система регулирования закрыванием должны претерпеть существенное изменение.

**Выводы.** Проектирование домов, удовлетворяющих требованиям Passivhaus, во II архитектурно-строительном климатическом районе Украины должно базироваться на особенностях климатических, культурных, национальных, экономических и других требованиях этого региона. Это касается таких вопросов, как оптимизация распределения утеплителя, определения рациональной площади остекления, выбор и проектирование солнцезащиты. Аналогичные вопросы должны быть рассмотрены и в других районах Украины, что предполагается сделать в дальнейших исследованиях.

## Литература

1. *Сергейчук О.В.* Особливості об'ємно-планувальних, конструктивних та інженерно-технічних рішень будинків за стандартом „PASSIVE HOUSE“ в умовах України / Олег Васильович Сергейчук // Градостроительство и территориальное планирование: Наук.-техн. сборник. – К.: КНУСА, 2004. – Вип. 17. – С. 299- 304.
2. *Диб М.З.* Кліматичне районування України для пасивного будівництва / Мохамад Закарія Діб // ЕКОІнформ: 2 (262) <2011> с.52-53. [3].
3. *Плоский В.О.* Формування садибного житла на основі принципу енергоефективності на території північного регіону України / Віталій Олексійович Плоский // Енергозбереження в будівництві та архітектурі:Наук.-техн. сборник. – К.: КНУСА, 2011. – Вип. 2. – С. 131- 138.
4. *Пакет проектирования пассивного дома RHPP 2007 / Passivhaus Institut (Институт пассивного дома (PHI)), [Электронный ресурс] — Режим доступа <http://www.passive-on.org/en/cd.php>*
5. *Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006. — [Чинні від 2007-04-01] / Мінбуд України — К.: Мінбуд України, 2006. – 65 с.— (Державні будівельні норми України).*
6. *Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2.-15-2005. [Чинні від 2006-01-01] / Держбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2005. – 50 с. – (Державні будівельні норми України).*
7. *Файст В.* Основные положения по проектированию пассивных домов / Вольфганг Файст // М. Перевод с немецкого с дополнениями под редакцией А.Е. Елохова. — Издательство Ассоциации строительных вузов, Москва 2008. -144 стр.
8. *Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2011. [Чинний з 2011-11-01] / Мінрегіонбуд України. — К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.— (Державний стандарт України).*
9. *Строительные конструкции Rockwool. [Электронный ресурс] — Режим доступа : <http://www.rockwool.ua/products/superrock> .*
10. *Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. [Чинні з 2006-10-01, зміна №2 чинна з 2011р.] / Держбуд України. — К. : Укрархбудінформ, 2006. — 76 с. — (Державні будівельні норми України).*

11. *Самойлович В.П.* Народное архитектурное творчество Украины / Виктор Петрович Самойлович // — 2-е изд., перераб. и доп. —К.:Будивэльнык,1989. — 344с.,[8] л. ил. — ISBN 5-7705-01 79-0.

**ТИПОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ПАСИВНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ В II АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНОМУ КЛІМАТИЧНОМУ РАЙОНІ УКРАЇНИ**

*Мохамад Диб*

Аналізуються особливості типологічних вимог до котеджного будівництва за стандартом Passivhaus для південного регіону України на прикладі Одеської області. Досліджуються питання оптимізації об'ємно-планувальних рішень, теплоізоляційної оболонки будівель, площі світлових прорізів, сонцезахисних пристроїв.

**FUNDAMENTAL TYPOLOGY DESIGN FOR DESIGNING OF PASSIVE HOUSE IN THE II ARCHITECTURE-CONSTRUCTION CLIMATIC REGION, OF THE TERRITORY OF UKRAINE**

*Mohamad Dib*

In this article the fundamental typological design of Passive House standards are analyzed in the South region by example the region of Odessa. The article researches' in optimization of space planning, heat insulation of the building envelope, light opening frames and sunshield element.

## ВИКОРИСТАННЯ В АРХІТЕКТУРІ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ПРЯМОГО СОНЯЧНОГО СВІТЛА

*Національний університет «Львівська політехніка», Україна*

*Розглянуто сонячні системи оптичного типу для прямого використання світла, які складаються з системи дзеркал і світловодів. Наведено приклад використання такої системи у архітектурному рішенні частково заглибленого будинку з широким планом.*

**Постановка проблеми.** Пряме використання сонячного світла має значні переваги. Концентрація сонячних променів, плоскими й криволінійними дзеркальними поверхнями, підвищує ефективність роботи геліотехнічних систем. В умовах низької щільності, падаючої на землю, сонячної радіації ускладнюється рішення архітектурних завдань, пов'язаних з необхідністю включення в структуру стаціонарних будівельних об'єктів мобільних елементів, які повертаються за сонцем, щоб одержати максимальну кількість його світлової й теплової енергії. Для усунення протиріччя між стаціонарним характером об'єкта й мобільністю його структурного елемента є кілька шляхів: 1) влаштування дзеркального концентратора у вигляді самостійного конструктивного елемента; 2) об'єднання конструктивно самостійного дзеркального концентратора з каналом-світловодом; 3) сполучення стаціонарного дзеркального концентратора або звичайного колектора з огорожуючими конструкціями будинку за умови створення другої, рухливої, конструктивно незалежної, системи відбивачів.

**Огляд публікацій.** Пряме використання сонячної енергії недостатньо розглянуто у публікаціях. Взагалі традиційно розглядаються пасивні, активні і інтегральні сонячні системи. Виникнення пасивних сонячних систем відноситься до початкового періоду розвитку. Рациональне сполучення таких факторів, як місце розташування будинку, площа його застосування, масивність конструкцій, наявність сонцезахисних пристроїв; вентиляція тощо, дозволяють створювати будинки, що накопичують корисне сонячне тепло в зиму і захищаючи їх від перегріву влітку. Значна роль у створенні пасивних сонячних систем належить застосуванню світлоприймачів. «Сонячні вікна й ліхтарі» не тільки освітлюють, але і обігрівають приміщення завдяки «парниковому ефекту». Створення активних сонячних систем пов'язане із трьома основними методами використання сонячної енергії: пряме використання світлової енергії; перетворення світлової енергії в теплову та електричну енергію, яке пов'язане із значними її втратами. Сонячні системи в найбільш розвиненому активному виді традиційно включають у свій склад три основні елементи: 1) приймач енергії, або колектор; 2) розподільну та комунікаційну мережу; 3) сховище енергії, або акумулятор [1,2,3,4,5].

**Мета статті.** Вдосконалення використання сонячного тепла і світла в архітектурних об'єктах методом зменшення втрат енергії.

**Основна частина.** Розглянемо оптичну систему, призначену для освітлення приміщень, відбитими сонячними променями, яка складається з великого, параболічного дзеркала, що приймає сонячне світло, поза фокусом якого розташоване мале дзеркало, що формує світловий пучок і направляє його через отвір у великому дзеркалі в герметичний теплоізолюваний канал-світловід, що, розгалужуючись, несе світло й тепло в будь-які точки будинку (рис. 1).

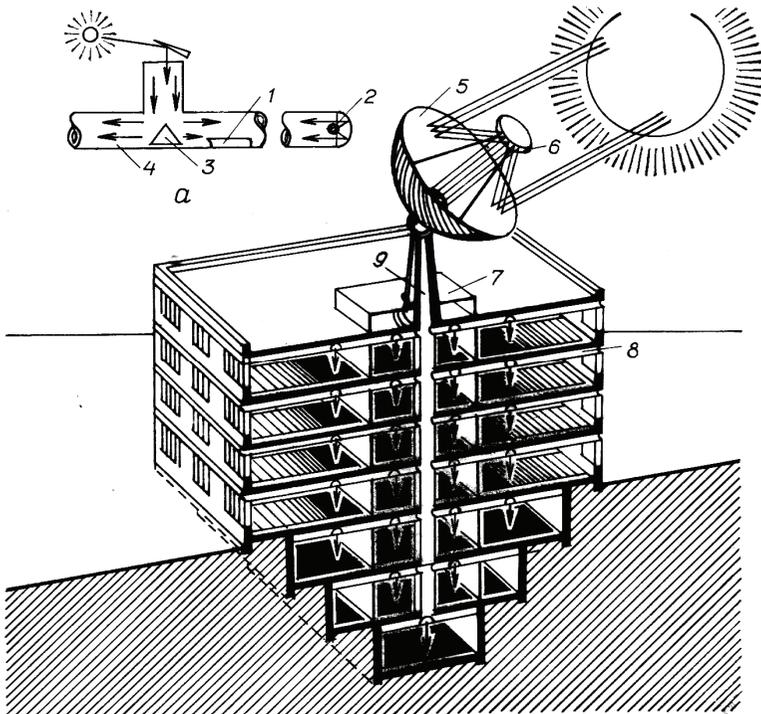


Рис. 1. Оптичний комплекс рефлекторів і світловодів для сонячного освітлення приміщень всередині будинків або в підземних спорудах, з дефіцитом або повною відсутністю природного світла: а, б - деталь світловода й схематичний розріз будинку: 1 - прозоре заповнення в місці розташування світлопрозорого пристрою; 2 - дублююче джерело штучного світла; 3 - дзеркальна призма; 4 - труба із внутрішнім покриттям металізованою плівкою; 5 - приймаючий рефлектор-концентратор; 6 - рефлектор, що формує світловий пучок; 7 - механізм керування що стежить за роботою рефлектора; 8 - світловідні канали, розташований між підвісною стелею й перекриттям; 9 - вертикальний стовбур-світловід [3].

Рефлектор – концентратор для збирання сонячних променів , обладаний системою спостереження за рухом сонця над горизонтом, у

випадку підвищеного вітрового тиску повинен припиняти свою роботу й займати безпечне положення, що забезпечує гарні аеродинамічні якості.

Особливу увагу варто звернути на якісно новий геліоархитектурний елемент - світловід, що є істотною складовою частиною описаної вище оптичної системи. Доставка світла дзеркальними оптичними каналами вносить кардинальні зміни в поняття про оптимальну глибину приміщень, ширину будинків і їхні розміри, а також про ступінь сприятливості різних сторін обр'ю й використанні підземного простору. Все це сприяє виникненню нових ідей в архітектурі. Так, французький професор Гі Ротье з Ніцци в співдружності із професором М. Туші й інженером по сонячній енергії А. Бутье на початку 70-х років розробили проект за назвою „Екополіс”. Проектоване місто терасно розташовується на пагорбі, внутрішній його простір освітлюється й опалюється сонячними променями, спрямованими за допомогою фокусуєчих сонячних колекторів у спеціальні "сонячні коридори". Житлові приміщення перебувають зовні біля терас, а суспільні, виробничі приміщення, комунікації знаходяться у середині "сонячного міста" [2, 3].

Наступний варіант геліоконцентруючої системи полягає в створенні двох шаблів рефлекторів, що мають між собою не конструктивний, а оптичний зв'язок. Перша ланка складається із приймаючих рефлекторів, що „стежать” за сонцем, і відбивають сонячні промені на стаціонарні рефлектори другої ланки, сполучені з конструкцією самого будинку або споруди. Саме за цією схемою побудована сонячна піч у місті Одейло у французьких Піренеях, що почала діяти в 1970 р. [3]. Тут на терасах, що спускаються по схилу, розміщені 63 рухомі дзеркала, кожне площею 45 м<sup>2</sup>. Всі дзеркала за допомогою фотоелементів направляють сонячні промені на величезне параболічне дзеркало висотою 40 і шириною 54 м, що складається з 9000 маленьких дзеркал. Увігнуте стаціонарне дзеркало збирає сонячні промені у фокусі, що віддалений від нього на відстань 18 м. У цьому місці перебуває спеціальна вежа із системою водяного охолодження, де й здійснюється плавка матеріалів при температурі 3300°С. Потужності сконцентрованих сонячних променів досить для того, щоб менш ніж через 5 хв пропалити отвір в 12-міліметровій сталевій пластині.

**Висновки.** Таким чином, уявлення про північну та південну сонячну кімнату застаріли. Відбиті сонячні промені після їхньої концентрації або перерозподілу можна використати не тільки для теплотехнічних цілей обігріву будинків, але й для задоволення порівняно нових світлотехнічних потреб - поліпшення умов світлового середовища в приміщеннях або ділянках забудови з недостатніми або повністю відсутнім природним освітленням і інсоляцією. Елементи системи "концентратор-колектор" при їхньому сполученні з огорожуючи ми поверхнями будинків, або у самостійному конструктивному виконанні, мають якості стаціонарності й регульованості з врахуванням принципу спостереження за сонцем, який відноситься до окремих частин або цілих будинків і споруд.

## Література

1. *Андерсон Б.* Солнечная энергия: основы строительного проектирования  
Под ред. Ю. Н. Малевского. М., 1982;
2. *Зоколей С. В.* Архитектурное проектирование, эксплуатация объектов, их связь с окружающей средой. / Пер. с англ. М.В. Никольского; Под ред. В.Г. Бердичевского, Б.Ю. Брандербурга. – М.: Стройиздат, 1984. – 671 с.;
3. *Казаков Г. В.* Принципы совершенствования гелиоархитектуры. – Львов: Свит. 1990, – 152с.;
4. *Казаков Г. В.* Архітектура енергоощадних сонячних будинків, Навчальний посібник. – Львів: НУЛП, 2009. – 84с.;
5. *Сабади П. Р.* Солнечный дом / Пер. с англ. Н.Б.Гладковой. – М.: Стройиздат, 1981. – 113с.

### **APPLICATION ARCHITECTURE OPTICAL SYSTEMS REDISTRIBUTION OF DIRECT SUNLIGHT Hennadiy V. Kazakov**

We consider solar system optical type for the direct use of light, consisting of a system of mirrors and light guides. An example of such a system in architectural decision partly deepening the house with a broad plan.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В АРХИТЕКТУРЕ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЯМОГО СОЛНЕЧНОГО СВЕТА Г. В. Казаков**

Рассмотрены солнечные системы оптического типа для прямого использования света, состоящие из системы зеркал и световодов. Приведен пример использования такой системы в архитектурном решении частично заглубленного здания с широким планом.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, РАБОТАЮЩЕЙ НА ОСНОВЕ ВИХРЕВОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА

*Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь*

*Рассматривается возможность использования вихревого теплогенератора в качестве источника теплоснабжения. Получены критериальные зависимости для оценки величины теплоотдачи в условиях естественной конвекции (горизонтальная щель). Зависимости применены для отопительных приборов системы теплоснабжения.*

**Постановка проблемы.** Необходим источник теплоснабжения, обеспечивающий автономность функционирования медицинского учреждения, работающего в условиях чрезвычайных ситуаций. Одним из таких источников является вихревой теплогенератор. Также вихревой теплогенератор можно использовать в качестве резервного источника теплоснабжения для жилых и общественных зданий.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Анализ эксплуатационных возможностей вихревых теплогенераторов, выполненный в работах докт. техн. наук, проф. А. А. Халатова чл.-корр. НАН Украины, зав. отделом высокотемпературной термогазодинамики инст. технической теплофизики НАН Украины, позволяет сделать выводы [1]:

- основными преимуществами вихревого теплогенератора являются: компактность (рис. 1, а) и исключительная простота устройства, взрыво- и пожаробезопасность, автономность работы в автоматическом режиме;
- возможность работы с использованием малых объемов неподготовленных жидкостей (техническая вода).

Такие повышенные требования к объекту требуют абсолютно независимого источника первичной энергии, в качестве которого может служить 100-сильный дизель-генератор БТР-82.

Также вихревые теплогенераторы обладают высоким коэффициентом полезного преобразования электрической формы движения материи в теплоту, т. к. преобразование направлено в сторону диссипации (вначале электрической, а затем – механической). Как показали выполненные авторами эксперименты, он составил 50 – 90%, что можно считать характеристической схемой вполне удовлетворительной (по данным работы [1] эта цифра составляет 93 – 96%).

Что касается работ [2] – [5], в которых рассматривается двойное преобразование энергии с коэффициентом преобразования  $\eta_{\text{пр}} > 1$ , то они грешат точностью эксперимента, либо же определенным непониманием процессов преобразования и недостаточной осведомленностью в области теплообмена при существенных числах  $Re$  [6].

**Постановка задачи.** Задача данной статьи заключается в изучении теплоотдачи от отопительных приборов в условиях свободной конвекции и конвекции в горизонтальной щели системы теплоснабжения, где в качестве источника используется вихревой теплогенератор.

**Основная часть.** Представленный материал является результатом экспериментальных исследований системы теплоснабжения (схема установки представлена на рис. 1, б), где в качестве источника используется теплогенератор ВТГ-2,2.

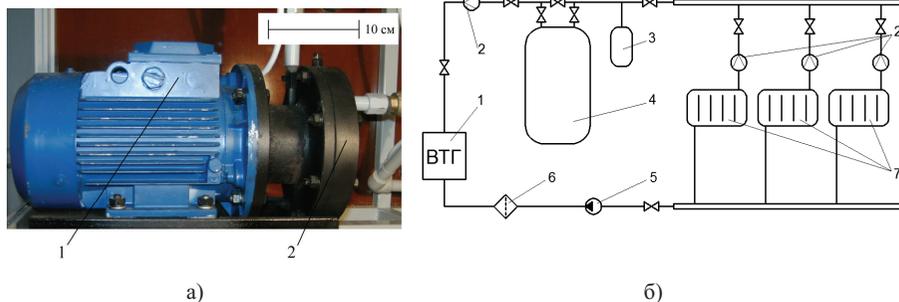


Рис. 1. Общий вид вихревого теплогенератора ВТГ-2,2 (а): 1 – электрический привод; 2 – вихревой насос ВТГ-2,2; схема экспериментальной установки (б): 1 – вихревой теплогенератор ВТГ-2,2; 2 – расходомеры; 3 – расширительный бак; 4 – бак накопитель; 5 – насос; 6 – фильтр; 7 – отопительные приборы.

Эксперимент проводился с использованием мягкого отопительного прибора (рис. 2 и [7]) в соответствии с планом эксперимента, разработанным согласно с [8] и [9] при установившемся тепловом режиме. Такой эксперимент представляет значительный интерес при условии естественной конвекции в горизонтальной щели (рис. 2 и [10]). В таких условиях отопительный прибор (рис. 2) располагается на горизонтальной поверхности (рис. 2, б).

Как видно из рис. 2, а опыты выполнялись в десяти точках и были связаны с измерением температур теплоотдающей и тепловоспринимающей поверхностей, а также температуры в щели. В качестве инструментария использовались бесконтактный пирометр AR852В и хромель-копелевые термомпары.

Средняя температура по поверхности отопительного прибора  $\bar{t}_n = 74^\circ\text{C}$ . Определяющим размером будем считать размер щели:  $l = 0,05$  м.

По результатам расчетов коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  для свободной поверхности (рис. 2, а) составил  $\alpha = 5,942 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ .

Схема теплообмена в щели представлена на рис. 2, б.

В качестве определяющего размера принимаем размер щели  $l = 0,05$  м, а в качестве определяющей температуры – температуру поверхности, на которой располагается отопительный прибор ( $\bar{t}_n = 46^\circ\text{C}$ ).

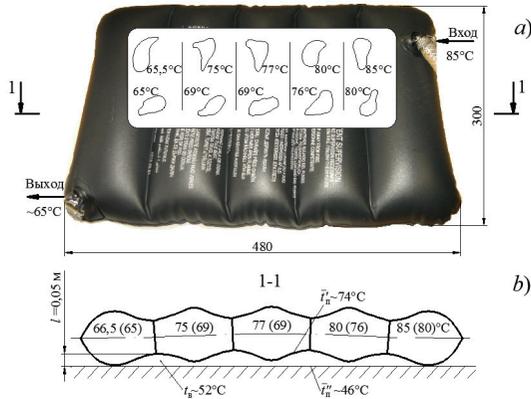


Рис. 2. Общий вид отопительного прибора (а) и расчетная схема (б):  $l$  – характерный размер;  $t'_n$  и  $t''_n$  – соответственно температуры теплоотдающей и тепловоспринимающей поверхностей

Для нахождения функции  $\lg Nu$  воспользуемся формулой для ориентированной вниз горячей поверхности в холодной среде [10]:

$$Nu = 0,24 (Gr \cdot Pr)^{0,25}, \quad (1)$$

где  $4 \cdot 10^3 \leq (Gr \cdot Pr) \leq 3 \cdot 10^6$ .

Точки, являющиеся результатом обработки данных опыта, практически укладываются на одну прямую линию. Запишем математически уравнение для линии, соответствующей значениям произведения  $\lg(Gr \cdot Pr) = 5,216 \dots 5,516$ .

Тогда

$$\lg Nu = a_0 + a_1 \lg(Gr \cdot Pr). \quad (2)$$

Определение коэффициентов при неизвестных выполним по методу наименьших квадратов [2]. Для суммы:

$$\sum (\lg Nu_x - \lg Nu)^2 = \sum (\lg Nu_x - a_0 - a_1 \lg(Gr \cdot Pr))^2,$$

где  $\lg Nu_x$  - обработанные экспериментальные данные (табл. 1).

Для того чтобы эта сумма была минимальной, необходимо, чтобы ее частные производные по параметрам  $a_0$  и  $a_1$  были равны нулю. Значения  $\lg Nu_x$  и  $\lg(Gr \cdot Pr)$  отсчитываются от их средних значений  $\overline{\lg Nu}$  и  $\overline{\lg(Gr \cdot Pr)}$ . Тогда:

$$\begin{cases} a_0 N + a_1 \sum [\lg(Gr \cdot Pr) - \overline{\lg(Gr \cdot Pr)}] = \sum (\lg Nu_x - \overline{\lg Nu}); \\ a_0 \sum [\lg(Gr \cdot Pr) - \overline{\lg(Gr \cdot Pr)}] + a_1 \sum [\lg(Gr \cdot Pr) - \overline{\lg(Gr \cdot Pr)}]^2 =, \\ = \sum [\lg(Gr \cdot Pr) - \overline{\lg(Gr \cdot Pr)}] (\lg Nu_x - \overline{\lg Nu}). \end{cases} \quad (3)$$

Таблица 1  
Обработка результатов экспериментов  
(горизонтальная щель)

Измерения в точках (рис. 1, а)	Температура поверхности, °С	Значение lgNu	Значение lg(Gr · Pr)
1	66,5	0,692	5,248
2	75	0,729	5,394
3	77	0,736	5,421
4	80	0,745	5,459
5	85	0,759	5,516
6	80	0,745	5,459
7	76	0,732	5,408
8	69	0,704	5,297
9	69	0,704	5,297
10	65	0,684	5,216

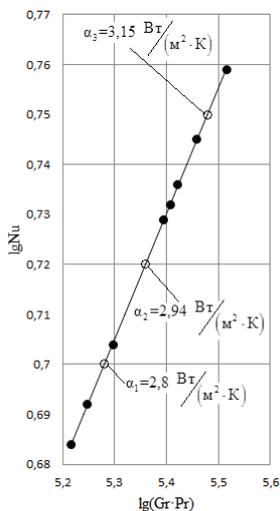


Рис. 3. График зависимости  $lgNu = f(lg(Gr \cdot Pr))$  по данным обработки эксперимента (горизонтальная щель)

где  $N = 10$  – общее число данных.

Решая данную систему уравнений в MathCAD 15, находим коэффициенты при неизвестных и подставляем в уравнение (2):

$$lg Nu = -0,628 + 0,251 \cdot lg(Gr \cdot Pr).$$

В окончательном виде расчетное критериальное уравнение запишется

$$Nu = 0,236(Gr \cdot Pr)^{0,251}. \quad (4)$$

Выражение (4) позволяет производить расчеты интенсивности теплообмена в условиях естественной конвекции в ограниченном пространстве (горизонтальная щель).

**Выводы.** Вихревой теплогенератор может быть использован в качестве источника теплоснабжения для мобильных объектов. Определен коэффициент теплоотдачи от свободной поверхности отопительного прибора. Получено критериальное уравнение для расчета интенсивности теплообмена в условиях естественной конвекции в ограниченном пространстве (горизонтальная щель).

### Литература

1. Халатов А. А. Результаты испытаний вихревого теплогенератора ТПМ 5.5-1 [Текст] / А. А. Халатов, А. С. Коваленко, С. В. Шевцов // Пром. теплотехника. – 2002. – Т. 24 – №6. – С.40–46.

2. *Потапов Ю. С.* Энергия вращения [Текст] / Ю. С. Потапов, Л. П. Фоминский, С. Ю. Потапов. – Кишинев: Молдавский центр «Ноосферные технологии» РАЕН, 2001. – 382 с.

3. Вихревые теплогенераторы // Отопительные системы нового поколения [Электронный ресурс]. – Москва, 2009. – Режим доступа: <http://www.otopiteli.nm.ru>. – Дата доступа: 10.10.2011.

4. *Шваб В. А.* Вихревой теплогенератор для систем теплоснабжения [Текст] / В. В. Шваб // Новости теплоснабжения. – 2007. – №8. – С.12–13.

5. *Козлов С. В.* Опыт внедрения автономных энергосберегающих систем отопления [Текст] / С. В. Козлов // Новости теплоснабжения. – 2007. – №8. – С.14–16.

6. *Ван - Дайк М.* Альбом течений жидкости и газа: А 56/М. Ван-Дайк. – М.: Мир, 1986. – 184 с.

7. *Несенчук А.П., Рыжова Т.В., Качар И.Л., Бегляк А.В.* // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2011, - №3. – С. 91-93.

8. Д л и н, А.М. Математическая статистика в технике. - М.: «Советская наука», 1958 - 465 с.

9. *Несенчук А.П.* Исследование конвективного теплообмена в вакууме в условиях естественной конвекции: автореф. ... дис. канд. техн. наук. – Минск: БПИ, 1962.

10. *Акельев В.Д.* Тепло- и массообмен в ограниченных пространствах строительных конструкций и сооружений : монография / В.Д. Акельев; под общ. ред. А.П. Несенчука. – Мн.: БНТУ, 2010. – 317 с.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВІДДАЧІ ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ЩО ПРАЦЮЄ НА ОСНОВІ ВИХРОВОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА**

*А. П. Несенчук, І. Л. Качар*

Розглядається можливість використання вихрового теплогенератора в якості джерела тепlopостачання. Отримано критеріальні залежності для оцінки величини тепловіддачі в умовах природної конвекції (горизонтальна щілина). Залежності застосовано для опалювальних приладів системи тепlopостачання.

## **HEATING TRANSFER INVESTIGATION OF HEATER IN HEAT SUPPLY SYSTEM WORKING ON THE BASIS OF VORTEX HEAT GENERATOR**

*A. P. Nesenchuk, I. L. Kachar*

The paper considers a possibility of vortex heat generator as a source of heat supply system. Criteria dependences for assessment of heat transfer value under conditions of natural convection (a horizontal slot) have been obtained in the paper. The dependences are applicable for heaters in heat supply systems.

## ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ ТА ПРОГРІВУ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ ЇХ ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

*Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури*

*В роботі представлено варіанти підбору цільових функцій, аналіз яких дозволяє оптимізувати процеси тепломасообміну при сушінні та прогріванні будівельних капілярнопористих виробів.*

**Постановка проблеми.** Користуючись математичними моделями фізичних процесів сушіння або прогріву вологих матеріалів, можна спрогнозувати динаміку їх перебігу та визначити оптимальні параметри діючих чинників, що сприятиме покращенню необхідних властивостей матеріалу або прискорюватиме власне процес виробництва.

Очевидно, що оптимізаційна проблема є визначальною при побудові та реалізації відповідних математичних моделей.

**Аналіз основних досліджень.** Створенню геометричної моделі процесів прогріву та сушіння капілярнопористих колоїдних тіл (якими є більшість будівельних матеріалів та виробів) присвячено ряд робіт [1;2;3], у яких було висвітлено суть та послідовність методики розрахунку дискретно представлених фізичних полів, що виникають під час тепломасообміну між досліджуваним матеріалом, прогрівачами та зовнішнім середовищем. Зокрема, у роботі [3] було показано основні принципи моделювання процесу сушіння бетонної плити за допомогою електричного струму. Моделі даного процесу є особливо складними, оскільки вимагають комплексного розрахунку суперпозиції одразу кількох видів фізичних полів: поля переміщень вологи, температурного поля рідини, що рухається, поля напруженості електричного струму та власне поля вологості досліджуваного матеріалу.

**Основна частина.** Очевидно, що оптимізація процесів тепломасообміну вимагає індивідуального підходу при виборі цільової функції, в залежності від призначення самого процесу та його технологічних особливостей. Наприклад, якщо необхідно контролювати швидкість підйому температури матеріалу в процесі примусового прогрівання, доцільно в якості цільової функції приймати *середнє значення приросту температури* ( $\Delta\theta$ ) досліджуваного тіла за прийнятий проміжок часу  $\Delta\tau$ :

$$\Delta\theta_{mid} = \frac{\sum_{i=1}^n (\theta_i^p - \theta_i^{p-1})}{n} \xrightarrow{\Delta\tau} opt \quad (1)$$

де  $\theta_i^{p-1}$  – температура  $i$ -ї точки дискретної моделі поля на попередньому етапі розрахунку;  $\theta_i^p$  – температура  $i$ -ї точки поля на даному етапі розрахунку (через період часу  $\Delta\tau$ ).

Якщо процес вимагає досягнення певної інтенсивності руху вологи у порах матеріалу, в якості цільової функції можна прийняти параметр, який відобразить ступінь деформації геометричної картини поля вологи відносно

його початкового положення (параметром може слугувати середнє значення переміщень у точках дискретної моделі рідини у порах, або *сумарне середнє значення середніх кривизн  $\kappa$  поверхонь*, що проходять через ці точки [2]):

$$\Delta\kappa = \frac{\sum_{i=1}^n \kappa_i^p \Big|_{xOy}}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n \kappa_i^p \Big|_{xOz}}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n \kappa_i^p \Big|_{yOz}}{n} \xrightarrow{\Delta\tau} opt \quad (2)$$

Якщо бажаним ефектом є максимальні втрати вологи за деякий період часу, як при сушінні, то в якості цільової функції слід використовувати *різницю маси вологи* у всьому тілі між початковим та результируючим станами:

$$\Delta m_W = \sum_{i=1}^n (m_{W_i}^p - m_{W_i}^{p-1}) \xrightarrow{\Delta\tau} max . \quad (3)$$

Значення мас вологи  $m_W$ , можуть бути визначені з формули для розрахунку вологості матеріалу  $u$ :

$$u_i^p = \frac{m_{W_i}^p}{m_{M_i}^p + m_{W_i}^p} \cdot 100\% , \quad (4)$$

де  $m_M$  – маса сухого пористого тіла, що містить вологу масою  $m_W$ .

З виразу (4) одержимо:

$$m_{W_i}^p = \frac{u_i^p \cdot m_{M_i}^p}{100\% - u_i^p} . \quad (5)$$

Однак, якщо необхідно уникнути пересушування матеріалу, то більш доцільним є прийняття цільовою функцією зміну середнього показника вологості  $u_{mid}$  по об'єму даного тіла:

$$\Delta u_{mid} = \frac{\sum_{i=1}^n (u_i^p - u_i^{p-1})}{n} \xrightarrow{\Delta\tau} opt . \quad (6)$$

Обрана цільова функція залежатиме від багатьох параметрів, наприклад:

- 1) форми досліджуваного капілярнопористого тіла;
- 2) форми прогрівачів (за їх наявності);
- 3) положення прогрівачів;
- 4) фізичних показників досліджуваного тіла (початкові температура та вологість, густина, пористість, коефіцієнт теплопровідності, показник питомої теплоємності тощо);
- 5) фізичних показників прогрівачів (аналогічно);
- 6) фізичних показників оточуючого середовища (температура, вологість повітря, атмосферний тиск тощо);
- 7) додаткових параметрів (наприклад, таких, як напрямок проходження електричного струму при електропрогріванні).

У процесах сушіння та прогрівання найчастіше розглядається вплив на цільову функцію лише окремих із вище зазначених параметрів. Інші приймаються сталими у відповідності із технологічними вимогами.

Розглядаючи оптимізацію цих двох процесів, особливу увагу слід приділити дослідженню впливу параметрів форми та положення прогрівачів на

цільову функцію. Відтак, для  $m$  прогрівачів загальна кількість параметрів становитиме:

$$N = \sum_{i=1}^m (F_i + P_i), \quad (7)$$

де  $F_i$  та  $P_i$  – це відповідно кількість параметрів форми та положення  $i$ -го прогрівача.

Геометричним відображенням залежності прийнятої цільової функції від  $N$  параметрів буде деяка гіперповерхня у просторі розмірністю  $N+1$ .

Так для прикладу сушіння бетонної плити у електричному полі постійного струму протягом  $10$  хв, розглянутого у [3], були досліджені залежності різних цільових функцій ( $\Delta\theta_{mid}$ ,  $\Delta\kappa$ ,  $\Delta m_W$ ,  $\Delta u_{mid}$ ) від параметрів положення двох рухомих електродів із одним ступенем вільності кожен (кожен електрод має можливість прямолінійного руху вздовж заданої осі у заданій площині). Відтак геометричними відображеннями цих процесів є поверхні у тривимірному просторі, зображені на рисунку 1.

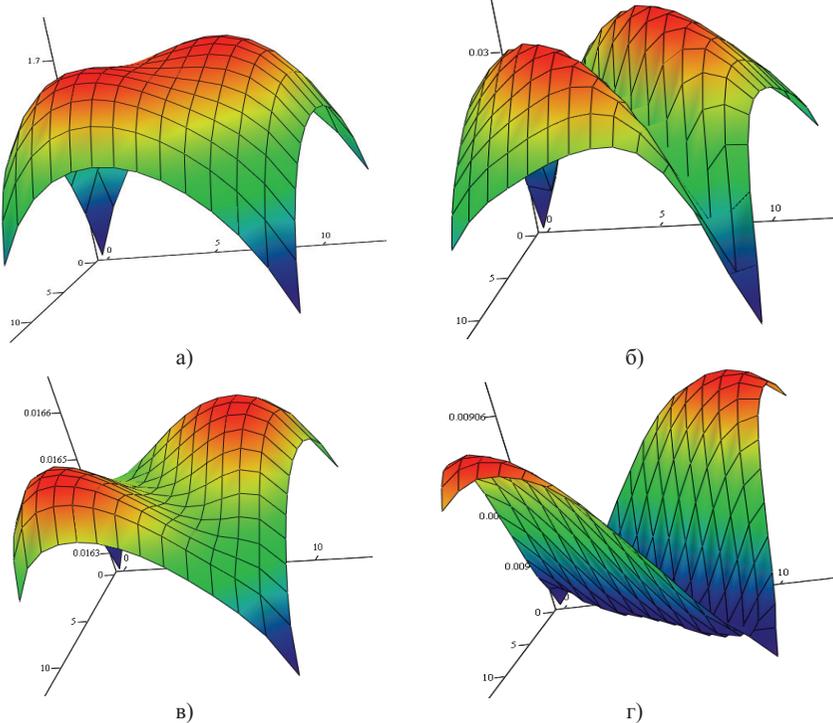


Рис.1.

Вплив параметрів положення електродів на цільову функцію в якості якої виступає:

- а) середнє значення приросту температури  $\Delta\theta_{mid}$ ;
- б) ступінь деформації геометричної моделі поля вологи  $\Delta\kappa$ ;
- в) різниця маси вологи у тілі між початковим та результируючим станами  $\Delta m_W$ ;
- г) зміна середнього показника вологості по об'єму тіла  $\Delta u_{mid}$ .

Аналізуючи зміну геометричної картини на кожному етапі розрахунку, можна підбрати оптимальне взаємне розташування електродів у відповідності до технологічних вимог.

**Висновки.** Запропонований підхід до оптимізації процесів прогрівання та сушіння будівельних капілярнопористих матеріалів дає змогу корегувати дані процеси під час їх перебігу, підбираючи їх оптимальні геометричні та фізичні параметри, та аналізувати динаміку їх розвитку з метою досягнення максимального технологічного та економічного ефектів. Такий підхід може дати змогу як зменшити швидкість перебігу процесу, так і прискорити його. З іншого боку виникає можливість уникнення небажаних фізичних явищ, таких як надмірне перегрівання та пересушування будівельних матеріалів.

### Література

1. *Скочко В. І.* Деякі аспекти геометричного моделювання НДС середовища із заданими властивостями. «Прикладна геометрія та інженерна графіка»: Наук.-техн. збірник. Вип. 87. К.: КНУБА, 2011р. – 486 с., с 347-356.

2. *Скочко В. І.* Підвищення енергоефективності процесу сушіння будівельних виробів на основі його геометричних моделей. «Енергозбереження в будівництві та архітектурі». Міжвідомчий н. т. збірник. Вип. 1. К.: КНУБА, 2011 р. 179 с., с 126-131.

3. *Плоский В. О., Скочко В. І.* Геометричне моделювання деяких процесів тепломасообміну. «Прикладна геометрія та інженерна графіка»: Наук.-техн. збірник. Вип. 89. К.: КНУБА, 2012р. – 408 с., с 285-295.

### ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ СУШКИ И ПРОГРЕВА СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

*В.И. Скочко*

В работе представлены варианты подбора целевых функций, анализ которых позволяет оптимизировать процессы тепломассообмена, возникающие при сушке и прогреве строительных капиллярнопористых материалов и изделий. Построение целевых функций осуществляется на основе геометрической модели рассматриваемого процесса.

### THE WAYS OF DRYING AND WARMING-UP PROCESSES OPTIMIZATION OF BUILDING MANUFACTURE BASED ON THEIR GEOMETRICAL MODELS

*Volodimir I. Skochko*

This article describes the variants of the criterion functions selection. The analysis of these functions allows optimizing heat-mass exchange which originate from drying and warming-up processes of the capillary-porous building materials and manufacture. The formation of the criterion functions must be accomplished on basis of geometrical model of considered process.

## ВІДНОВЛЕННЯ ГРАФІКА РІЧНОГО ХОДУ ТЕМПЕРАТУРИ ЗА ВІДОМИМИ СЕРЕДНЬОМІСЯЧНИМИ ДАНИМИ

*КНУБіА, Україна*

*В даній роботі запропонований один з методів відновлення графіка річного ходу температури за відомими середньомісячними даними, який базується на дещо зміненому алгоритмі побудови квадратичних та кубічних сплайнів.*

**Постановка проблеми.** В прикладних та теоретичних задачах будівельної кліматології доводиться застосовувати багато кліматичних показників: температура, вологість, фактор мутності атмосфери тощо. У нормативних документах [1] та довідковій літературі [3] ці показники представлені усередненими за певний проміжок часу (місяць, година), або напряму (сторони горизонту, кутова висота). При розв'язанні певних задач, наприклад, оптимізації форми енергоефективних будівель необхідно мати неперервне (у часі чи просторі) представлення цих параметрів. Тому природно постає задача поповнення відсутньої інформації.

Однією з таких задач і є відновлення графіка річного ходу температури за середньомісячними даними, які є відомими та беруться для різних міст України з ДСТУ. На перший погляд, дана задача є класичною задачею інтерполяції, що нашоєхує на думку про використання класичних відомих методів, наприклад, сплайнної чи поліноміальної інтерполяції. Але це не є можливим, так як відсутні вузли інтерполяції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У [2] були запропоновані певні методи геометричного відновлення кліматичної інформації які базуються на фізичних закономірностях кліматичних параметрів у часі та просторі. Але до цього часу не розглядалась задача відновлення первісної функції за заданим рядом значень інтегралів на суміжних відрізках аргументу. Прикладом такої задачі є побудова річного ходу температури за середньомісячними значеннями.

**Постановка задачі.** Маємо гістограму з 12-ти стовпчиків, значення яких відповідає середній температурі кожного місяця. На графіку потрібно провести криву, щоб виконувались наступні закономірності:

1. Крива має бути гладкою та періодичною. Під періодичністю розумітимемо рівність значень на початку та в кінці кривої;

2. Має бути відсутня осциляція;

3. Площа ділянки між кривою та віссю абсцис в межах кожного місяця має дорівнювати площі відповідного стовпчика гістограми.

Тобто необхідно отримати результуючу криву, подібну до тієї, що зображена на рис1.

**Основна частина.** Задачу будемо розв'язувати в загальному вигляді для  $n$  стовпчиків, зробивши таким чином її універсальною. Криву будемо шукати в кусково-гладкому вигляді та подамо два варіанти розв'язку задачі. В першому припустимо, що шукана крива на  $i$ -му відрізку аргумента гістограми представляється у вигляді дуги квадратичної параболи, тобто має вигляд полінома 2-го ступеня  $P_i(t) = a_i t^2 + b_i t + c_i$ . В другому варіанті – у вигляді дуги кубічної параболи, тобто має вигляд полінома 3-го ступеня  $P_i(t) = a_i t^3 + b_i t^2 + c_i t + d_i$ . Згідно описаних вище закономірностей, мають бути виконані наступні умови:

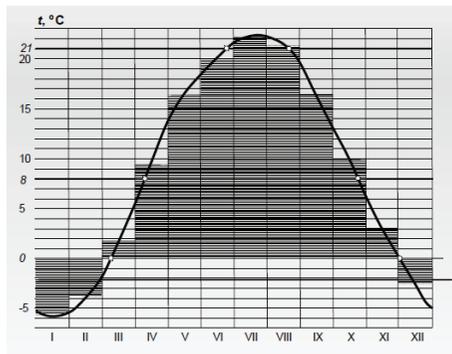


Рис. 1.

1. Нехай  $s_i$  -- відповідне значення  $i$ -го стовпчика гістограми. Тоді площа  $i$ -го стовпчика має дорівнювати  $s_i$ , тобто  $\int_i^{i+1} P_i(t) dt = s_i$ ;

2. Має виконуватись умова гладкості, тобто рівності значень, перших похідних та, для кубічної інтерполяції, других похідних на стиках  $i$ -го та  $i+1$ -го кусків поліномів, тобто  $P_i(i) = P_{i+1}(i)$ ,  $i = 1, n$ ,  $P'_i(i) = P'_{i+1}(i)$ ,  $P''_i(i) = P''_{i+1}(i)$ ,  $i = 2, n-1$ ;

3. Умова періодичності шуканої кривої, тобто рівність значень, перших та, для кубічної інтерполяції, других похідних в 0-му та  $n$ -му вузлі. Тобто  $P_1(0) = P_n(n)$ ,  $P'_1(0) = P'_n(n)$ ,  $P''_1(0) = P''_n(n)$ .

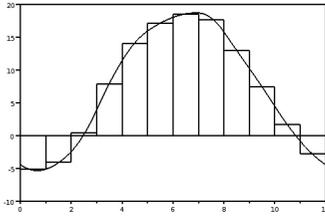
Метод зводиться до розв'язання  $3n$  лінійних алгебраїчних рівнянь з розрідженою матрицею для першого способу (за допомогою кусків квадратичних парабол) та  $4n$  рівнянь для другого (за допомогою кусків кубічних парабол). Відповідні сценарії **parabolic.sce** та **cubic.sce** були написані та реалізовані в системі комп'ютерної математики **Scilab** 5-ої серії.

Результат роботи алгоритмів показаний на рис.2 а) та б). Дані середньомісячних температур взято з ДСТУ [1] для міста Житомир та подані в табл.1.

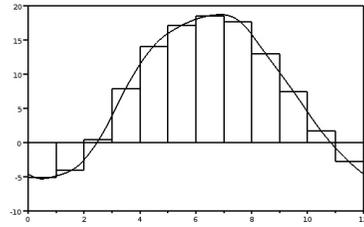
Таблиця 1

Значення середньомісячної температури для Житомира

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
t, °C	-5.1	-4.0	0.4	7.9	14.0	17.1	18.5	17.7	13.0	7.4	1.7	-2.8



а)



б)

Рис. 2. Результат роботи програм: а) parabolic.sce, б) cubic.sce  
Вісь абсцис – часова вісь, стовпчики гістограми відповідають значенням середньомісячної температури. Вісь ординат – температура, °С

Як бачимо, результати роботи першого та другого алгоритму візуально майже не відрізняються, якщо брати реальні значення середньомісячних температур. Для довільно взятих значень стовпчиків будуть незначні відмінності, що показано на рис. 4. Це пов'язано з тим, що розташування точок перегину можливе лише на стиках  $i$ -го та  $i+1$ -го кусків квадратичних поліномів в першому способі. В другому способі (за допомогою кубічної інтерполяції) розташування точок перегину можливе на всій шуканій кривій. Для поставленої задачі будівельної кліматології дана розбіжність не є суттєвою, проте вона може бути досить значущою в інших задачах (не обов'язково архітектурно-будівельної фізики).

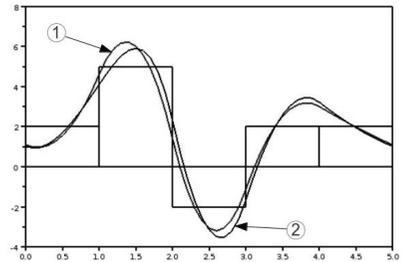


Рис.3. Відмінності в роботі алгоритмів:  
1) parabolic.sce, 2) cubic.sce

**Висновки.** В даній роботі був запропонований метод отримання неперервної кліматичної інформації за рядом усереднених дискретних значень параметрів в будівельній кліматології на прикладі задачі про відновлення графіка річного ходу температури за відомими середньомісячними даними. Слід відмітити, що поданий метод також може бути застосовний для подібних задач в інших науках (наприклад, в економетриці), де потрібно відновити графік за відомими значеннями стовпчиків гістограм.

## Література

1. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2011. [Чинний з 2011-11-01] / Мінрегіонбуд України. — К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.— (Державний стандарт України).

2. *Сергейчук О.В., Шутьок В.П.*: Геометричний аналіз кліматичних показників: Праці Тавр. держ. агротехнологічн. університету. - Вип. 4. Прикл. геом. та інж. графіка. - Т. 43. – Мелітополь: ТДАТА, 2009 – С.81-87

3. Клімат України [Наукове видання] ; за ред. *В. М. Лінінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко* / Укр. наук. досл. гідрометеорологіч. ін-т. — К. : Вид-во Раєвського, 2003. — 343 с.

## **ВОСТАНОВЛЕНИЕ ГРАФИКА ГОДОВОГО ХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ ЗА ИЗВЕСТНЫМИ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫМИ ДАННЫМИ**

*В. П. Шутьок*

В работе предложен один из методов восстановления графика годового хода температуры по известным среднемесячным данным, который основывается на несколько измененном алгоритме построения квадратических и кубических сплайнов.

## **RESUMPTION OF THE ANNUAL VARIATION TEMPERATURE GRAPHIC BASED ON CERTAIN AVERAGE MONTHLY DATE**

*Victor P. Shytiuk*

In this article one of the resumption of annual variation temperature graphic methods is presented, simulated on average monthly temperature date, and based on variation of the algorithm's quadratic and cubic spline tracing issues.

## ЕФЕКТИВНІСТЬ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ СИСТЕМ СОНЯЧНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

*Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра теплогазопостачання і вентиляції, Україна*

*Встановлено залежності між різними орієнтаціями теплопоглиначів і різними конструктивними розмірами геліонагрівника. Проаналізовано, як буде змінюватись впродовж року надходження сонячної енергії на геліопанель. Дослідження системи сонячного теплопостачання із плоскими сонячними колекторами та геліопанелями показали ефективність таких установок. Встановлено, що система сонячного теплопостачання дозволяє знизити вартість отримуваної теплової енергії, порівняно з традиційними джерелами теплопостачання (від тепломережі).*

**Постановка проблеми.** Перевагами сонячної енергії, порівняно з традиційними видами палива, є: невичерпність джерела енергії; можливість використання сонячної енергії практично на всіх ділянках земної поверхні; можливість безпосереднього перетворення сонячної енергії в теплову або електричну; можливість отримання високотемпературних теплоносіїв.

Застосування систем сонячного опалення та охолодження дозволяє значно скоротити використання енергоресурсів, що є одним з найголовніших завдань 21 ст. Сьогодні актуальним є вдосконалення існуючих сонячних колекторів та систем сонячного теплопостачання для їх максимальної інтеграції в традиційні системи та широке застосування на практиці.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Підвищенням ефективності використання сонячних колекторів та системи в цілому можна досягнути зменшення вартості систем геліотеплопостачання. Саме тому багато авторів пропонує комбіновані системи сонячного теплопостачання [2, 4].

Для зменшення вартості системи сонячного теплопостачання сонячний колектор поєднують із баком-акумулятором [4, 7].

У випадку багатоквартирних будівель невеликого і середнього розміру може відбуватись акумуляція тепла від сонячних колекторів, а в квартирах передбачено бойлери для догріву теплоносія [6].

Багато робіт [3; 5; 8] присвячено знаходженню оптимальних кутів нахилу колектора до горизонту і азимута повороту, при яких надійде найбільше енергії сонячного випромінювання. Оптимальний кут нахилу сонячного колектора до горизонту залежить від широти місцевості та призначення геліоустановки [9]. Більшість даних вимірювання сонячної радіації отримана для горизонтальної поверхні, але часто потрібно оцінити вплив орієнтації приймаючої поверхні. Для більш довгих періодів часу в місцевостях, де не проходить помітних

сезонних змін атмосферних умов, вплив орієнтації оцінюється на основі розрахунку надходження прямої радіації [1].

**Формулювання цілей та завдання статті.** Необхідно дослідити ефективність низькотемпературних систем сонячного опалення.

**Основна частина.** Для виявлення ефективних кутів встановлення сонячних колекторів були проведені лабораторні дослідження. Для проведення лабораторних досліджень ефективності геліосистеми в залежності від кутів падіння теплового потоку та його інтенсивності була розроблена та змонтована експериментальна установка. Проведено планування експерименту. Факторами були:  $x_1$  - кут нахилу сонячного колектора до горизонту,  $\beta_e^\circ$ ;  $x_2$  - азимутальний кут повороту,  $\gamma_e^\circ$ ;  $x_3$  - інтенсивність радіації, що випромінює джерело,  $I_e$  Вт/м<sup>2</sup>. Функціями відгуку обрано ефективність сонячного колектора  $\eta_{ек}$  та ефективність геліосистеми  $\eta_{ес}$ .

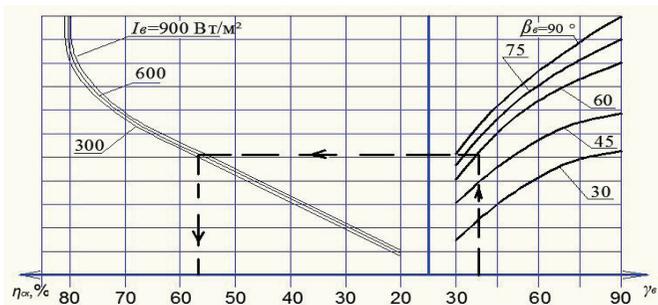


Рис.1. Залежність ефективності сонячного колектора  $\eta_{ек}$  від кутів його встановлення ( $\gamma_e^\circ, \beta_e^\circ$ ) та інтенсивності радіації, що випромінює джерело,  $I_e$

Представлена на рис.1 номограма апроксимована залежністю (1):

$$\eta_{ек} = -63.65 + 2.03 \cdot 10^{-7} \cdot I_e + 1.81 \cdot \gamma_e + 2.76 \cdot 10^{-5} \cdot \gamma_e I_e + 1.84 \cdot \beta_e - 9.33 \cdot 10^{-5} \cdot \beta_e I_e - 0.01 \cdot \gamma_e^2 - 0.0018 \gamma_e \beta_e - 6.67 \cdot 10^{-7} \cdot I_e \gamma_e \beta_e - 0.01 \cdot \beta_e^2 + 10^{-6} \cdot \beta_e^2 I_e \quad (1)$$

Дієвим рішенням підвищення ефективності стаціонарних плоских сонячних колекторів є їх встановлення із потрібною орієнтацією. Проте проведено не достатньо досліджень по виявленню оптимальних кутів встановлення сонячних колекторів такої системи теплопостачання.

Тому були проведені наступні дослідження системи сонячного теплопостачання із потрібно-орієнтованими сонячними колекторами. Факторами вибрані азимутальний кут  $\gamma$  -  $x_1$  та кут нахилу сонячного колектора  $\beta$  -  $x_2$ . Параметром оптимізації вибрано коефіцієнт ефективності  $K_{еф}$ , що показує наскільки відрізняється середня за день миттєва теплова потужність системи сонячних колекторів з потрібною орієнтацією від південно-орієнтованої системи.

Отримана емпірична формула:

$$K_{еф} = 115,3 + 3,56 \cdot \gamma - 0,59 \cdot \beta - 0,11 \cdot \gamma^2 - 0,0009 \cdot \gamma \cdot \beta + 0,0041 \cdot \beta^2 \quad (2)$$

Розрахункова залежність (2) дозволяє вибрати максимально ефективні кути встановлення системи сонячних колекторів в комбінованій системі сонячного теплопостачання.

Відомі різні конструкції геліопанелей, що містять захисне покриття, теплоізоляційний шар та розташований між ними теплопровідний шар. Перевагами таких конструкцій є те, що вони є елементами споруд, самостійно сприймають та акумулюють сонячну енергію, надійні, прості в конструкції, монтажі та обслуговуванні, що значно знижує їхню вартість у порівнянні з сонячними колекторами. Але мала поверхня дотику між трубопроводами та захисним покриттям значно знижує коефіцієнт теплопередачі між ними, висока металоемність конструкції значно підвищує собівартість панелі та знижує ефективність її використання. Тому, необхідним є дослідження геліопанелей для визначення оптимальних конструктивних особливостей і зменшення кількості збірних деталей, що дозволить знизити собівартість виробу і підвищити його ефективність.

Було складено експериментальну установку для дослідження в лабораторних умовах геліопанелі та системи сонячного теплопостачання із геліопанелями.

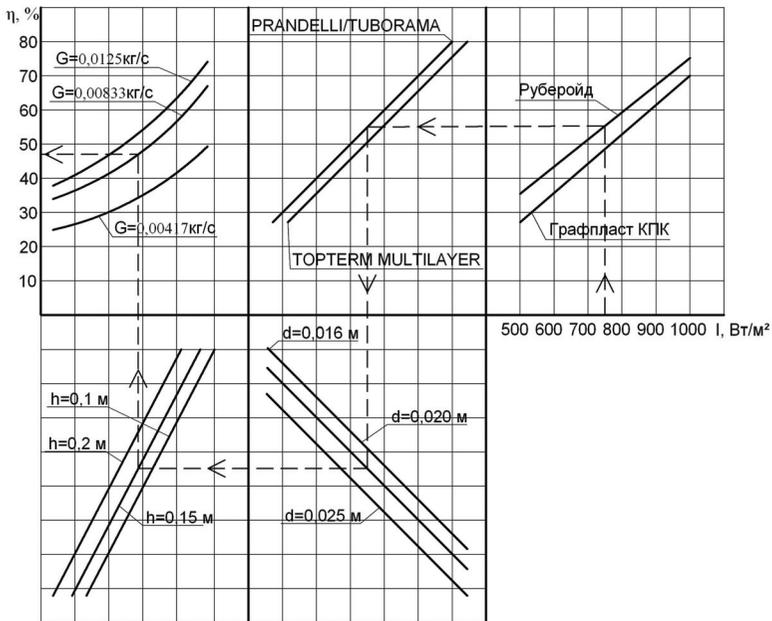


Рис. 2. Ефективність геліопанелей різних конструкцій  $\eta$ .

Фактори: -  $x_1$  діаметр трубок,  $d$ , м; -  $x_2$  крок трубок,  $l$ , м; -  $x_3$  витрата теплоносія,  $G$ , кг/с; -  $x_4$  інтенсивність потоку енергії, що випромінює джерело,

$I_6$  Вт/м<sup>2</sup>. Параметри оптимізації: -  $y_1$  , ефективність геліопанелі, при її покритті руберойдом та використанні трубок традиційної системи опалення TOPTERM MULTILAYER PIPE PEX/AL/PEX; -  $y_2$  , при покритті геліопанелі руберойдом та використанні трубок підлогового опалення PRANDELLI/TUBORAMA 02 STOP; -  $y_3$  , при покритті геліопанелі каучуко-графітовим складом Графпласт КПК та використанні трубок традиційної системи опалення TOPTERM MULTILAYER PIPE PEX/AL/PEX -  $y_4$  , при покритті геліопанелі каучуко-графітовим складом Графпласт КПК та використанні трубок підлогового опалення PRANDELLI/TUBORAMA 02 STOP.

Враховуючи ефективність низькотемпературних систем сонячного опалення доведено доцільність їх застосування, тому необхідні подальші дослідження для зниження їх вартості та терміну окупності.

**Висновки.** Дослідження системи сонячного теплопостачання із плоским сонячними колекторами та геліопанелями показали ефективність таких установок. Встановлено, що ефективність системи теплопостачання із плоскими сонячними колекторами може досягати 80%, а з геліопанелями 70%.

## Література

1. *Даффи Дж. А., Бекман У. А.* Тепловые процессы с использованием солнечной энергии: Пер. с англ. – М: Мир, 1977. – 420 с.
2. *Джамаль Камаль Хусейн.* Комбіновані системи тригенерації з використанням сонячної енергії : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.14.06 "Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика" / Джамаль Камаль Хусейн. – О., 2008. – 20 с.
3. *Касперські Я., Левкович М., Петровіч С.* Компактний даховий кондиціонер на сонячній енергії – оптимізація кута нахилу колекторів // Ринок інсталяцій. – 2008. – № 5. – С. 8 – 11.
3. Патент 2 082 922 Российская Федерация, F24J 2/04, 2/34, 2/44. Солнечный коллектор-аккумулятор / Б. В. Берг, Д. Б. Берг – опубл. 27.06.1997.
4. Патент № 53370 UA МПК F24J 2/34 (2006.01). Комбінована система сонячного теплопостачання / С. П. Шаповал // Промислова власність. – 2010. – № 19.
5. *Хрустов Б. В., Авезов Р. Р., Шафеев А. И.* Энергетически оптимальный угол наклона плоских коллекторов // Гелиотехника. – 1986. – № 5. – С. 51 – 55.
6. Централизованная система для аккумуляции солнечной энергии и производства горячей воды с индивидуальными теплопунктами с гидравлическими разделителями / [ гол. ред. А. Губарев] // Термометр. – декабрь 2010- январь 2011. – № 6 (8). – С. 53-54.
7. *Шаповал С. П.* Підвищення ефективності комбінованих геліонагрівників / С. П. Шаповал, О. Т. Возняк // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури : матеріали III Міжнародної

конференції молодих учених GAC-2010, 25-27 листопада 2010 р. – Л. : В-во НУ "ЛП", 2010. – С. 116-117.

8. *Brugues P.M.* Utilizacion de la energia solar a baja temperatura por medio de captadores planos // Instalador. – 1986. – № 21 – P. 33 – 41.

9. *Wiśniewski G., Gołębiowski S., Grycik M. i in.* Kolektory słoneczne: energia słoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle. – Warszawa : "Medium", 2008. – 201 s.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

*С. П. Шаповал, М. Е. Касинец.*

Установлены зависимости между различными ориентациями теплопоглотителя и различными конструктивными размерами гелиоагрегивника. Проанализировано, как будет меняться в течение года поступления солнечной энергии на гелиопанель. Исследование системы солнечного теплоснабжения с плоскими солнечными коллекторами и гелиопанелями показали эффективность таких установок. Установлено, что система солнечного теплоснабжения позволяет снизить стоимость получаемой тепловой энергии, по сравнению с традиционными источниками теплоснабжения (от теплосети).

## **EFFICIENCY OF LOW TEMPERATURE HEATING SYSTEMS SOLAR**

*S.P. Shapoval, M.E. Kasynets*

The dependence between different orientations of the absorber and different constructional overall dimensions a determined. Change the incoming solar energy heliopanel during the year was analyzed. Study of solar heating with flat solar collectors and heliopanel showed the effectiveness of such systems. Solar heating can reduce the cost of received thermal energy compared to traditional sources of heat (from heating) has been set.

## СИСТЕМА ПОТРІЙНО-ОРІЄНТОВАНИХ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ІЗ СЕКЦІЙНИМ БАКОМ-АКУМУЛЯТОРОМ

*Національний університет «Львівська політехніка», Україна*

*Зниження ефективності системи сонячних колекторів у післяобідній час пов'язано із значною температурою теплоносія у бакові-акумуляторі. Для підвищення ефективності запропоновано розділити бак-акумулятор на секції та дослідити, як буде впливати така конструкція бака-акумулятора на ефективність всієї системи. Отримано номограму та функціональну залежність коефіцієнта ефективності даної системи сонячного теплопостачання залежно від азимутального кута повороту сонячних колекторів та кута їх нахилу.*

**Постановка проблеми.** Сьогодні актуальним є вдосконалення існуючих сонячних колекторів та систем сонячного теплопостачання для їх максимальної інтеграції в традиційні системи теплопостачання та широке застосування на практиці. Одним із способів вирішення цього питання є застосування систем сонячного теплопостачання із потрійно-орієнтованими сонячними колекторами. Проте на сьогодні ще не достатньо вивчене питання ефективної взаємоорієнтації системи потрійно-орієнтованих сонячних колекторів, а також питання впливу відхилення азимутального кута та кута нахилу сонячного колектора відносно падаючого випромінювання та його інтенсивності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Із проведених досліджень роботи плоского стаціонарного сонячного колектора протягом дня можна зробити висновок, що ранішні та вечірні години роботи сонячного колектора є неефективними, тому пропонується встановити групу колекторів, що не лежать в одній площині. Якщо потрібна ефективна система сонячного теплопостачання із стаціонарними сонячними колекторами, яка має працювати протягом дня з необхідною потужністю, потрібно виконати її певної форми, що враховує зміну кута падіння сонячної енергії впродовж дня [1].

Відомий аналіз результатів досліджень, які показують, що застосування дельта систем, замість традиційних, дозволяє продовжити експлуатацію сонячних систем теплопостачання в середньому на 1,5 год. в добу [2]. Проте важливе значення для такої системи будуть мати азимутальні кути встановлення сонячних колекторів [3, 4].

**Формулювання цілей та завдання статті.** Аналіз попередніх досліджень показав зниження ефективності системи сонячних колекторів у післяобідній час, що пов'язано із значною температурою бака-акумулятора. Для підвищення ефективності запропоновано розділити бак-акумулятор на секції та дослідити, як буде впливати така конструкція бака-акумулятора на ефективність всієї системи.

**Основна частина.** Для більш ефективного проведення експериментів і зниження затрат на його організацію проведено планування експерименту відповідно до існуючих методик. Рівні факторів та інтервали їх варіювання подано в табл. 1.

Таблиця 1

Рівні факторів та інтервали варіювання

Назва фактора	Код. познач.	Рівні факторів			Интерв. варіюв.
		-1	0	+1	
Азимутальний кут повороту сонячного колектора, $\gamma, ^\circ$	$x_1$	0	15	30	15
Кут нахилу сонячного колектора, $\beta ^\circ$	$x_2$	$\varphi-15$	$\varphi$	$\varphi+15$	15

Ефективність системи – величина відносна, тому для її визначення застосовується коефіцієнт ефективності, що рівний відношенню корисної енергії, яка отримана із системи сонячних колекторів  $Q_{СБА}$  із секційним баком-акумулятором до енергії, яка отримана із південно-орієнтованих колекторів  $Q_{п.о.}$  без секційного бака:

$$K_{СБА} = \frac{Q_{СБА}}{Q_{п.о.}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де  $Q_{СБА}$ ,  $Q_{п.о.}$  – кількості тепла, отримані баком-акумулятором впродовж одного досліду, Дж.

За параметр оптимізації обрано коефіцієнт ефективності  $K_{СБА}$ , а факторами – азимутальний кут повороту сонячного колектора  $\gamma$  та кут його нахилу до горизонту  $\beta$ . Значення цих факторів встановлювались відповідно до проведених раніше досліджень.

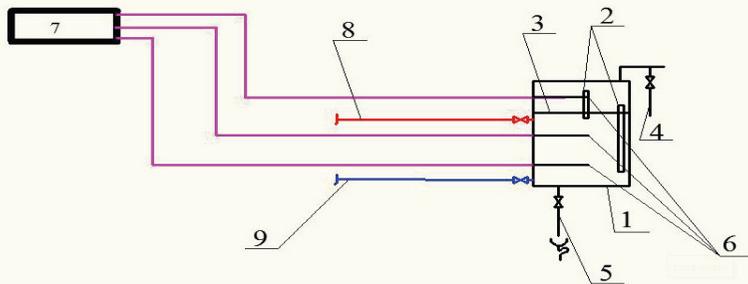


Рис. 1. Схема секційного бака-акумулятора:

- 1 – секційний бак-акумулятор; 2 – патрубок для циркуляції теплоносія;
- 3 – секційна перегородка; 4 – трубопровід подачі теплоносія;
- 5 – трубопровід заливу (зливу) теплоносія; 6 – термоперетворювач опору;
- 7 – вимірник типу РТ- 0102; 8 – трубопровід нагрітого теплоносія від сонячних колекторів;
- 9 – трубопровід охолодженого теплоносія із секційного бака акумулятора.

Була складена матриця планування ПФЕ  $3^2$  з врахуванням ефекту взаємодії факторів (табл. 2). Один дослід проводився впродовж одного дня. Вранці сонячні колектори встановлювались із заданими кутами, відповідно до матриці планування експерименту і фіксувалась витрата теплоносія та його температури в трьох точках по висоті бака-акумулятора умовно розділеного на рівні об'єми. В кінці дня за температурою теплоносія в бакові-акумуляторіві підраховувалась кількість отриманої теплової енергії .

Таблиця 2

Матриця планування ПФЕ  $3^2$

№ дослідів	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1x_2$	$K_{СБА}, \%$
1	+	-	-	+	100
2	+	0	-	0	111
3	+	+	-	-	96
4	+	-	0	0	97
5	+	0	0	0	105
6	+	+	0	0	93
7	+	-	+	-	95
8	+	0	+	0	102
9	+	+	+	+	91

Результати експериментальних досліджень у графічні формі подано на рис. 2.

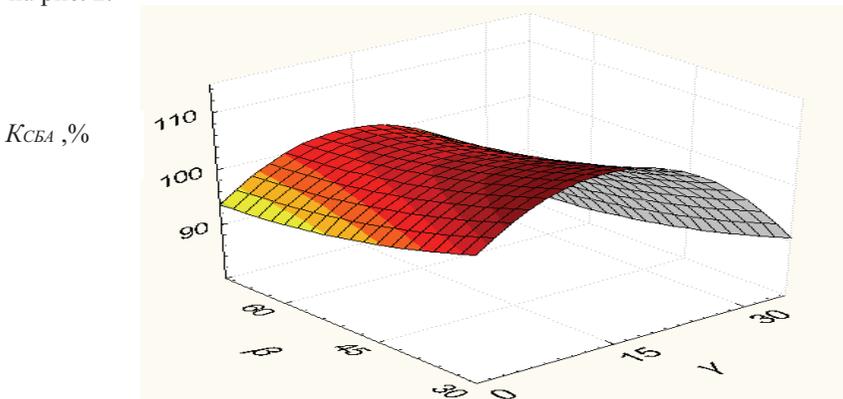


Рис. 2. Залежність коефіцієнта ефективності  $K_{СБА}$  від кута повороту сонячних колекторів  $\gamma$  та від кута його нахилу  $\beta$

Отримане рівняння регресії має наступний вигляд:

$$K_{СБА} = 98,61 - 1,22 x_1 - 22,4 x_2 - 0,022 x_1 x_2. \quad (2)$$

Як випливає з даного рівняння, збільшення обох факторів приводить до зменшення коефіцієнта ефективності.

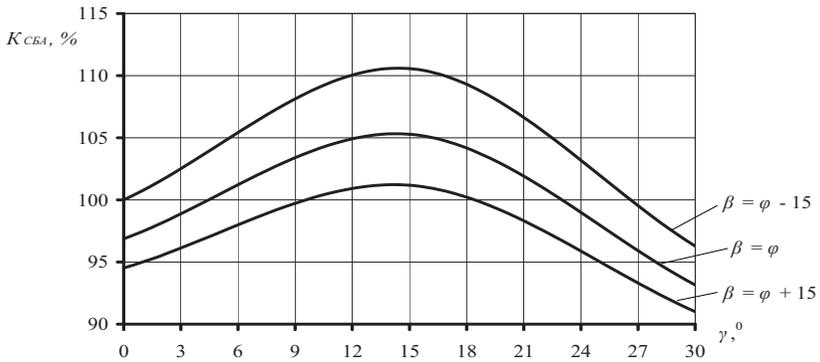


Рис. 3. Номограма залежності коефіцієнта ефективності системи сонячного теплопостачання із секційним баком-акумулятором для термоакумуляції  $K_{CBA}$  від азимутального кута повороту сонячних колекторів  $\gamma$  та кута їх нахилу  $\beta$

Номограма залежності  $K_{CBA}=f(\gamma,\beta)$  апроксимована наступною функціональною залежністю (3):

$$K_{CBA} = 118,37 + 1,19\gamma - 0,65\beta - 0,044\gamma^2 + 0,0002\beta\gamma + 0,0042\beta^2. \quad (3)$$

**Висновки.** У результаті проведених експериментальних досліджень отримано номограму та функціональну залежність коефіцієнта ефективності системи сонячного теплопостачання із секційним баком акумулятором для термоакумуляції від азимутального кута повороту сонячних колекторів та кута їх нахилу. Поєднання потрійно-орієнтованих сонячних колекторів із секційним баком-акумулятором показує ефективність застосування таких схемних рішень сонячного теплопостачання та можливість збільшення кількості отриманого тепла до 11%.

**Перспективи подальших досліджень.** Проведені дослідження потрійно-орієнтованої системи сонячних колекторів та такої системи із секційним баком-акумулятором для термоакумуляції, встановили ефективність даного рішення. Проте такі системи є дорогими і не завжди знаходять місце в системах теплопостачання, тому важливим є вдосконалення комбінованих регіонаривників, як продовження даних досліджень.

## Література

1. Солнечная энергетика / [под. ред. Ю. Н. Малевского, М. М. Колтуна]. – М. : Мир, 1979. – 390 с.
2. Новаківський С. В. Підвищення ефективності використання сонячної енергії в комбінованих системах промислового теплопостачання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.14.06 "Технічна

теплофізика та промислова теплоенергетика" / Є. В. Новаківський. – Одеса, 2004. – 22 с.

3. Козлов Я. М. Оптимізація розташування сонячних колекторів в геліосистемах / Я. М. Козлов, М. П. Сухий, К. М. Сухий // Восточно-Европейский журнал передових технологій. – 2010. – № 2/10 (44). – С. 58-64.

4. Шаповал С. П. Ефективність "дельта-системи" плоских сонячних колекторів за різних кутів їх встановлення / С. П. Шаповал // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" ["Теорія і практика будівництва"]. – Л. : В-во НУ "ЛП", 2010. – № 664. – С. 331-335.

## **СИСТЕМА ТРИЖДЫ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ С СЕКЦИОННЫМ БАКОМ-АККУМУЛЯТОРОМ**

*С. П. Шаповал*

Снижение эффективности системы солнечных коллекторов в послеобеденное время связано со значительной температурой теплоносителя в баке-аккумуляторе. Для повышения эффективности предложено разделить бак-аккумулятор на секции и исследовать, как будет влиять такая конструкция бака-аккумулятора на эффективность всей системы. Получена номограмма и функциональная зависимость коэффициента эффективности данной системы солнечного теплоснабжения в зависимости от азимутного угла поворота солнечных коллекторов и угла их наклона.

## **THE SYSTEM OF THE TRIPLY-ORIENTED SOLAR COLLECTORS WITH A SECTIONAL STORAGE BATTERY**

*Stepan P. Shapoval*

The decline of efficiency of the system of solar collectors in postprandial time is related to the considerable temperature of теплоносія in to the tank-accumulator. For the increase of efficiency it is suggested to divide a tank-accumulator on a section and probe, as such construction of tank-accumulator will influence on efficiency of all of the system. Nomogramu and functional dependence of coefficient of efficiency of this system of sun heat supply is got depending on the azimuth corner of turn of sun collectors and angle of their slope.

## НІМЕЦЬКІЙ ДОСВІД СТАЛОГО БУДІВНИЦТВА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

*У статті викладено найбільш важливі аспекти досвіду ФРГ в реалізації програм «Зеленого будівництва», а саме: 1) розробка та впровадження системи сертифікації зеленого будівництва – DGNB; 2) енергозберігаюча санація існуючих будівель; 3) інформація про міжнародний конкурс Solar Decathlon Europe.*

**Вступ.** Протягом двох років працює проект “Зелене будівництво – КНУБА” (Green Building). З метою його реалізації, за наказом ректора КНУБА, було створено міжнародну робочу групу, до складу якої увійшли провідні експерти України, Німеччини, представник Міністерства регіонального розвитку України.

“Зелене будівництво” ведеться по трьох напрямках. Перше – зниження затрат на експлуатацію будівлі за рахунок економії енергії та води. Друге – поліпшення мікроклімату в будівлі за рахунок використання будівельних матеріалів з дуже низьким рівнем шкідливих для людини виділень, з метою не заподіяння шкоди здоров’ю людей. Третє – зменшення негативного впливу будівлі на навколишнє середовище у процесі його експлуатації.

Стратегічним партнером у реалізації і розвитку даного проекту на національному рівні є Федеративна Республіка Німеччини.

Університет успішно співпрацює з Німецьким товариством міжнародного співробітництва (GIZ GmbH). У 2011 – 2012 р. було проведено п’ять семінарів з залученням провідних фахівців з ФНР. Учасники отримали сучасну інформацію про стан вирішення проблем у будівельній галузі ФНР. Найважливішими, з нашої точки зору є: 1) впровадження системи сертифікації зеленого будівництва, 2) розробка та реалізація програми санації існуючих будівель, 3) стимулювання участі викладачів та студентів будівельних факультетів університетів у міжнародних коонкурсах по впровадженню енергозберігаючих та екологічних технологій.

**1. Система сертифікації зеленого будівництва DGNB.** Всі рейтингові системи зеленого будівництва мають спільний підхід з багатьма критеріями, який включає в себе такі теми як:

- Енергетика та водокористування
- Внутрішнє середовище
- Забруднення
- Транспорт
- Матеріали
- Відходи
- Та інші

Найбільш відомими міжнародними системами сертифікації зеленого будівництва є британська BREEAM, американська LEED і німецька

DGNB. Система DGNB забезпечує більш чіткі принципи та структури, які однакові для оцінки всіх типів будівель. Ця система працює з близько з 60 основними критеріями, які зважуються відповідно до їх важливості для певного типу будівлі. Важливою перевагою системи сертифікації DGNB є що приймається до уваги весь життєвий цикл будівлі. Фахівці будівельної галузі вважають систему сертифікації DGNB найбільш привабливою для України. У КНУБА, спільно з німецькими партнерами, розробляються програми підготовки експертів, які можуть прийняти участь у процесі сертифікації.

**2. Енергозберігаюча санація існуючих будівель.** Концепція енергозберігаючій модернізації існуючих будівель передбачає:

- Теплоізоляцію вікон
- Утеплення зовнішніх стін
- Утеплення даху
- Заміну однотрубною системи опалення на двохтрубну

Це дає можливість визначити витрати на опалення та гарячу воду згідно з споживанням. Потреба у теплі значно зменшується. За рахунок збереження енергії можливо більш у два рази скоротити комунальні витрати для мешканців і також викиди CO<sub>2</sub>.

Яскравим прикладом енергозберігаючої санації у ФНР є мікрорайон великопанельної забудови у районі Райнікендорф міста Берлін в якому знаходяться будівлі на 15000 квартир для 50000 мешканців. У 3000 квартирах з 2009 р. була проведена енергозберігаюча санація.

Комплексна модернізація це означає, що опалювальне устаткування, інженерні комунікації і електрика приводяться згідно існуючим стандартам, кухні і ванни модернізуються, дома отримують нові вікна.

Санація мікрорайону повинна завершитися через 10 років.

**3. Міжнародний конкурс Solar Decathlon.** Команди із будівельних коледжів і факультетів університетів з усього світу беруть участь у конкурсі **Solar Decathlon**. Завданням команд – учасниць є проектування та будівництво будинків, які споживають якомога менше природних ресурсів і продукують мінімальну кількість відходів протягом всього їх життєвого циклу. Особливий акцент робиться на зниженні енергоспоживання.

Під час конкурсу команди змагаються в десятих дисциплінах (саме тому називається Decathlon – «десятиборство»), які вирішують, яка з команд буде переможцем :

1. Архітектура
2. Ринкова привабливість
3. Інженерні технології
4. Комунікації
5. Доступність
6. Комфортність
7. Енергетичний баланс
8. Гаряча вода

9. Техніка

10. Званий вечір у будинку

Ідея конкурсу народилась в Сполучених Штатах. Перші змагання за межами США- Solar Decathlon Europe, відбулися в Мадриді в червні 2010 року. Перемогла команда з університету міста Розенгайма (Німеччина).

Ініціативна група з КНУБА вирішила започаткувати аналогічний конкурс в Україні та навала його Solar Decathlon Україна. Так як проведення подібного заходу буде вперше в Україні, було прийнято рішення провести це змагання спочатку на базі університету. Якщо воно виявиться успішним, то поширити

Його на національний рівень із залученням до участі інших українських вузів.

**Висновки.** Досвід Німеччини має розповсюджуватися у будівельних організаціях та навчальних закладів України. Реалізація проекту “Зелене будівництво – КНУБА” сприяє цьому. Більш детальнішу інформацію можливо отримати за адресою – [www.eepp.org.ua](http://www.eepp.org.ua)

## **НЕМЕЦКИЙ ОПЫТ УСТОЙЧИВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

*Ю. В. Четвериков*

В статье изложены наиболее важные аспекты опыта ФРГ в реализации программ «Зелёного строительства», а именно: 1) Разработка и внедрение системы сертификации зелёного строительства – DGNB; 2) Энергосберегающая санация существующих зданий; 3) Информация о международном конкурсе Solar Decathlon Europe.

## **GERMAN EXPERIENCE OF SUSTAINABLE BUILDING AND ENERGY SAVING**

*Yurij V. Chetverikov*

In this article presented some important aspects of German experience in the field of “Green Building : 1) DGNB Certification System; 2) Energy saving sanation of existing buildings; 3) Information about international students Competition Solar Decathlon Europe.

(1 інтервал)

**НАЗВА СТАТТІ** (Times New Roman, 14 пт, напівжирний, по центру)

(1 інтервал)

*Місце роботи автора, країна* (Times New Roman, 14 пт, курсив, по центру)

(1 інтервал)

**Анотація мовою статті** (Times New Roman, 14 пт, напівжирний курсив, з абзацу, по ширині)  
 (Інтервал відсутній. Починається текст статті, який відповідає вимогам МОНмолодьспорту України до наукових публікацій, тобто повинен мати відповідну структуру. Шрифт Times New Roman, 14 пт.)

**Постановка проблеми.** Текст ...**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Текст ...**Формулювання цілей та завдання статті (або Постановка задачі).** Текст**Основна частина.** Текст статті ... (Times New Roman, 14 пт.)

(1 інтервал)

Рисунки мають бути чіткими, підготовленими для  
 безпосереднього відтворення з урахуванням масштабування.

Рис.1. Назва рисунку

(Вставляється як напис під рисунком. Times New Roman, 12 пт, центровано відносно рисунку)

(1 інтервал)

Текст статті ... (Times New Roman, 14 пт.)

$$z = f(x, y)$$

(Times New Roman, 14 пт) (1)

Текст статті ... (Times New Roman, 14 пт.)

(1 інтервал)

(Times New Roman, 14 пт, курсив, по правому краю) *Таблиця 1*

Назва таблиці (Times New Roman, 14 пт, по центру)

--	--	--

(1 інтервал)

Текст статті ... (Times New Roman, 14 пт.)

**Висновки.** Текст ... (Times New Roman, 14 пт.)

(1 інтервал)

**Література** (Times New Roman, 14 пт, напівжирний, по центру)

(1 інтервал)

1. *Обухова В.С.* Конструктивно-прикладная теория нелинейных осевых отображений и ассоциированных с ними алгебраических поверхностей: Дис...доктора техн. наук: 05.01.01. – К. 1991.- 414 с.

2. ... (Times New Roman, 14 пт, з абзацу, П.І.П. авторів виділити курсивом)

(2 інтервали)

Додатково подається анотація на інших двох мовах відмінними від мови, якою написана стаття: російською, англійською.

**НАЗВАНІЕ СТАТЬИ** (Times New Roman, 14 пт, напівжирний, по центру)*І. О. Фамилия* (Times New Roman, 14 пт, напівжирний, курсив, по центру)

(1 інтервал)

Текст анотації ... (Times New Roman 14, з абзацу)

(1 інтервал)

**TITLE OF THE ARTICLE** (Times New Roman, 14 пт, напівжирний, по центру)*Name S. Lastname* (Times New Roman, 14 пт, напівжирний, курсив, по центру)

(1 інтервал)

The text of the summary... (Times New Roman 14, з абзацу)

**ЗВЕРНІТЬ УВАГУ!** Поля: ліве, праве, нижнє та верхнє - 20 мм, відступи абзаців - 12,5 мм., відстань між рядками – одинарний інтервал. Обсяг статті не повинен перевищувати 5 повних сторінок

## ЗМІСТ

---

<b>Підгорний О. Л.</b> ГЕОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ВІДБИТОЇ ІНСОЛЯЦІЇ В АРХІТЕКТУРІ	3
<b>Корбут В. П.</b> ВИМОГИ ДО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ЯКОСТІ ПОВІТРЯ ПРИ ФОРМУВАННІ ВНУТРІШНЬОГО МІКРОКЛІМАТУ СПОРУД	9
<b>Прокопов В. Г., Фиалко Н. М., Черных Л. Ф., Ключ Л. Г., Сухоросов И. М., Савенко В. И., Фаренюк Г. Г.</b> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ – ОТ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК ДО ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ	15
<b>Бабаев В. Н., Говоров Ф. П., Рапина Т. В., Рапина К. А.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ИХ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ	23
<b>Сергейчук О. В.</b> ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	27
<b>Landolfi Maurizio</b> EFFICIENCY ENERGY AND RENEWABLE ENERGY IN PRODUCTION OF HOT WATER FOR A WINE PRODUCER IN ROME – ITALY	35
<b>Куценко Л. М., Савченко О. О.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ДІЇ МОРСЬКИХ ХВИЛЬ НА ГЛИБИНІ З МЕТОЮ ВИКОРИСТАННЯ ЇХ ЕНЕРГІЇ	40
<b>Росковшенко Ю. К., Штиленко В. П.</b> ІНДИВІДУАЛЬНЕ АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА ОБЛІК ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ	50
<b>Гарбарук Ю. В., Кундрат Т. М., Пугачов Є. В.</b> ВПЛИВ КОЕФІЦІЄНТА СВІТЛОВІДБИВАННЯ НА КОЕФІЦІЄНТ КОРИСНОЇ ДІЇ СВІТЛОВИХ ШАХТ КВАДРАТНОГО ПЕРЕРІЗУ	57
<b>Бродський М. О., Шулдан Л. О.</b> ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ ТА МІКРОКЛІМАТ БУДІВЕЛЬ	62
<b>Дворецкий А. Т., Дворецкий Д. А.</b> СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ ОРАНЖЕРЕИ В ТЕПЛОМ БАЛАНСЕ МАЛОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ	67
<b>Гламаздин П. М., Гламаздин Д. П.</b> ДОСВІД МОДЕРНІЗАЦІЇ ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ	73

<b>Довгалюк В. Б., Рудзинський В. О.</b>	78
ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОВІТРООБМІНУ ТА ПОВІТРOROЗПОДІЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ЗІ СКЛАДНОЮ ГЕОМЕТРІЄЮ	
<b>Мартинов В. Л.</b>	86
ОПТИМІЗАЦІЯ БАГАТОГРАННОЇ ФОРМИ ТА ПАРАМЕТРІВ УТЕПЛЮВАЧА ПРИБУДОВАНОЇ ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНОЇ БУДІВЛІ	
<b>Фаренюк Г. Г., Семко О. В., Борисенко О. Б.</b>	91
ОСОБЛИВОСТІ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ З НАВІСНИМИ ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ПАНЕЛЯМИ	
<b>Приймак А. В., Гламаздин П. М.</b>	97
СИСТЕМИ ТЕПЛОСНАБЖЕННЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯМИ	
<b>Сухонос М. К.</b>	99
РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ ПРИОРИТЕТА ДЛЯ ОТБОРА ЭНЕРГОИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ	
<b>Шамбина С. Л.</b>	103
О НЕКОТОРЫХ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ НАРУЖНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ	
<b>Данько К. С.</b>	109
АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ЖИТЛА У М. ПОЛТАВІ	
<b>Беляев Н. Н., Нагорная Е. К., Хорсев П. В., Тищенко С. С.</b>	114
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАССОПЕРЕНОСА С УЧЕТОМ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТИ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ОТСТОЙНИКЕ	
<b>Диб Мохамад</b>	121
ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАССИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ВО II АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ КЛИМАТИЧЕСКОМ РАЙОНЕ УКРАИНЫ	
<b>Казаков Г. В.</b>	128
ВИКОРИСТАННЯ В АРХІТЕКТУРІ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ПРЯМОГО СОНЯЧНОГО СВІТЛА	
<b>Несенчук А. П., Качар И. Л.</b>	132
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, РАБОТАЮЩЕЙ НА ОСНОВЕ ВИХРЕВОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА	
<b>Скочко В. І.</b>	137
ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ ТА ПРОГРІВУ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ ЇХ ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ	

<b>Шитюк В. П.</b>	141
ВІДНОВЛЕННЯ ГРАФІКА РІЧНОГО ХОДУ ТЕМПЕРАТУРИ ЗА ВІДОМИМИ СЕРЕДНЬОМІСЯЧНИМИ ДАННИМИ	
<b>Шаповал С. П., Касинець М. Є.</b>	145
ЕФЕКТИВНІСТЬ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ СИСТЕМ СОНЯЧНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	
<b>Шаповал С. П.</b>	150
СИСТЕМА ПОТРІЙНО-ОРІЄНТОВАНИХ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ІЗ СЕКЦІЙНИМ БАКОМ-АКУМУЛЯТОРОМ	
<b>Четверіков Ю. В.</b>	155
НІМЕЦЬКИЙ ДОСВІД СТАЛОГО БУДІВНИЦТВА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	
<hr/>	
ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ	158
<hr/>	
ЗМІСТ	159