

8. Пчелин, В. К. Специальные разделы высшей математики: Функции комплексного переменного. Операционное исчисление [Текст] / В. К. Пчелин. – М.: Высшая школа, 1973. – 464 с.
9. Костюк, Л. Д. Моделювання електроприводів [Текст] / Л. Д. Костюк, В. І. Мороз, Я. С. Паранчук. – Львів: Львівська політехніка, 2004. – 404 с.
10. Лозинський, А. О. Розв'язування задач електромеханіки в середовищах пакетів MfthCAD s MATLAB [Текст]: навч. пос. / А. О. Лозинський, В. І. Мороз, Я. С. Паранчук. – Львів: «Магнолія 2006», 2007. – 215 с.

*Статтю присвячено аналізу розподілення вологи в середині зовнішніх огорожень та можливості використання їх внутрішнього утеплення в умовах застосування програмного регулювання відпуску теплоти. Отримані результати досліджень дають можливість визначити період максимального вологонакопичення та оцінити їх наслідки при різних варіантах утеплення будівлі*

**Ключові слова:** волога, програмний відпуск теплоти, огорожуюча конструкція, утеплення

*Статья посвящена анализу распределения влаги внутри наружных ограждений и возможности использования внутреннего утепления в условиях применения программного регулирования отпуски теплоты. Полученные результаты исследований позволяют определить период максимального влагонакопления и оценить их последствия при различных вариантах утепления здания*

**Ключевые слова:** влага, программный отпуск теплоты, ограждающая конструкция, утепление

УДК 697.133:692.23

# РОЗПОДІЛЕННЯ ВОЛОГИ В БАГАТОШАРОВИХ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЯХ

**Б. А. Кутний**

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: kytuba@rambler.ru

**А. О. Борисюк**

Аспірант\*

E-mail: borisyukyana@gmail.com

\*Кафедра теплогазопостачання,

вентиляції і теплоенергетики

Полтавський національний технічний

університет ім. Юрія Кондратюка

пр. Першотравневий, 24, м. Полтава, Україна, 36601

## 1. Вступ

Питання вологісного режиму огорожень не можна розглядати окремо від їх теплового режиму, так як вони нерозривно пов'язані між собою. Зволоження будівельних матеріалів огорожуючих конструкцій негативним чином впливає на гігієнічні та експлуатаційні показники будівель. Як відомо, підвищення вологості матеріалів приводить до погіршення теплотехнічних якостей огорожі за рахунок збільшення коефіцієнта теплопровідності матеріалів. Це зумовлює збільшення тепловитрат будівлі та великі енерговитрати на опалення.

## 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Насьогодні одним із найпоширеніших методів зменшення тепловитрат будівлі є її зовнішнє утеплення. Проте, як відомо, утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій має свої як фізичні так і економічні межі. На шляху до економії енергоресурсів другим способом зменшення енерговитрат будівлі (після її утеплення) є регулювання внутрішньої температури повітря. А саме застосування програмного регулювання відпуску

теплоти [1 – 4]. Цей вид регулювання є засобом, котрий дозволяє підтримувати задані параметри мікроклімату в робочий час та отримувати економію енергоресурсів за рахунок зниження температури внутрішнього повітря будівель в неробочий час.

Однак, будівлі, що експлуатуються в умовах програмного відпуску теплоти, часто піддаються процесам періодичного зволоження і висихання огорожуючих конструкцій, що є наслідком порушення тепловологісного режиму самих споруд. Для аналізу процесів зволоження і висихання огорожень, необхідно визначити температури і вологовміст на поверхні і в товщі цих конструкцій в довільний момент часу. Якщо тепловий режим огорожуючих конструкцій у нестационарних умовах вивчений досить детально [5 – 6], то з вологісним режимом – все складніше. Найважливішою особливістю більшості огорожуючих конструкцій будівель є їх багатощаровість. Необхідно також враховувати, що більшість теплофізичних характеристик матеріалів (щільність, теплопровідність, теплоємність, відносна парожористість та інші) істотно залежать від температури, вологості і, тому також змінюються в часі [7].

Поєднавши два вище згадані методи по зменшенню енерговитрат: програмного відпуску теплоти разом із

утепленням огорожуючих конструкцій, можна отримати приклад енергоефективної будівлі [8 – 9]. Та отримувати економію енергоресурсів за рахунок регулювання внутрішньої температури повітря, при цьому зменшивши товщину утеплюючого шару.

### 3. Ціль і задачі дослідження

Головними завданнями роботи є дослідження процесів розподілення вологи в товщі багат шарової конструкції при програмному регулюванні температурного режиму будівлі та вдосконалення конструкції зовнішньої стіни (а саме можливість використання внутрішнього утеплення в умовах динамічного мікроклімату).

### 4. Експериментальні дані та їх обробка

Розглянемо річний розподіл вологи в середині існуючої зовнішньої цегляної огорожуючої конструкції, а саме корпусу комп'ютерних та інформаційних технологій і систем Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Маємо будівлю з параметрами: будівля цегляна; товщина зовнішніх стін – 0.72 м; товщина внутрішніх стін – 0.51 м; водотрубна система опалення з можливістю автоматичного управління 3-х ходовим регулятором в пропорційному режимі [10]. Для підтримання температурного режиму приміщення та запобігання надходження вологи розглянемо дану зовнішню огорожуючу конструкцію, яку було утеплено. У якості утеплювача використовувалася мінеральна вата з наступними фізичними характеристиками: густина – 200 кг/м<sup>3</sup>; коефіцієнт теплопровідності – 0,076 Вт/(м·°С); коефіцієнт паропроникності – 0,45 мг/(м·год·Па).

На основі математичної моделі [11] розроблено комп'ютерну програму, яка дозволяє швидко обраховувати та аналізувати процеси вологонакопичення всередині та на поверхні різних огорожуючих конструкцій. Задаючись теплофізичними характеристиками огороження, параметрами будівлі та режимом регулювання відпуску теплоти було проведено чотири розрахунки для чотирьох різних конструкцій зовнішньої стіни:

- 1) не утеплена зовнішня огорожуюча конструкція (рис. 1);
- 2) утеплена ззовні зовнішня огорожуюча конструкція (рис. 2);
- 3) зовнішня огорожуюча конструкція утеплена зі сторони приміщення (рис. 3);
- 4) зовнішня огорожуюча конструкція утеплена з обох боків (товщина утеплювача ззовні – 0,07 м, з середини – 0,03 м) (рис. 4).

На рис. 1 – 4 зображено розподілення вологи в товщі огорожуючих конструкцій для періоду з максимальним волого накопиченням. Кожна конструкція поділена на 11 шарів (площин) різної товщини, в кожному із яких відбувається накопичення вологи. Площина 1 межує із внутрішнім повітрям приміщення, площина 11 межує із зовнішнім повітрям.

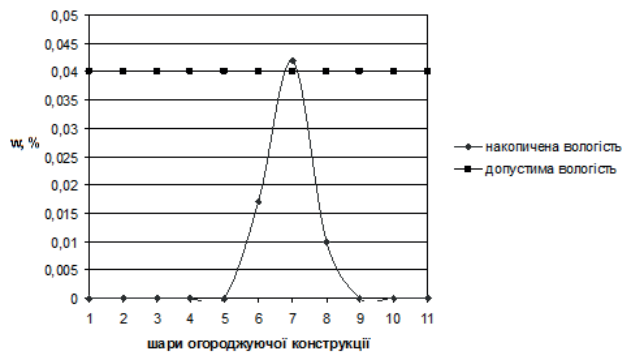


Рис. 1. Залежність розподілення вологи у шарах не утепленої зовнішньої огорожуючої конструкції для квітня, де 1, 2, 3...11 – шари цегляної кладки

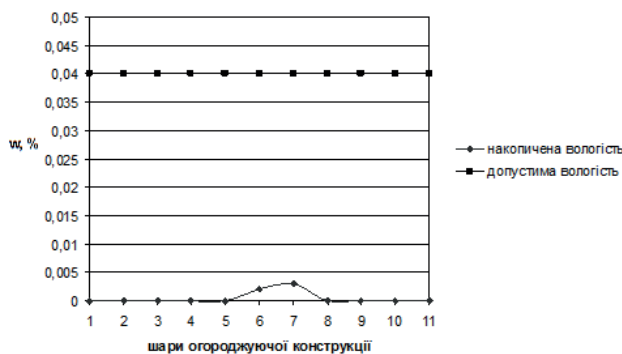


Рис. 2. Залежність розподілення вологи у шарах утепленої ззовні зовнішньої огорожуючої конструкції для лютого, де 1, 2, 3...10 – шари цегляної кладки; 11 – шар утеплювача

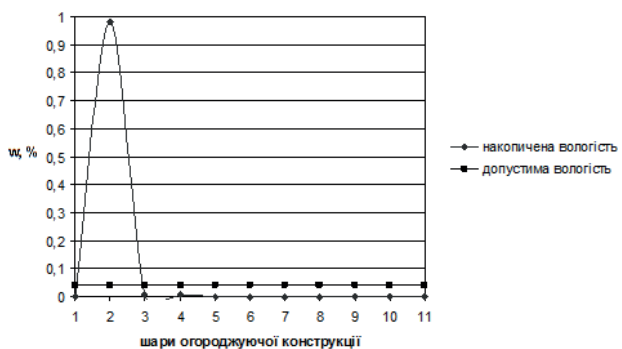


Рис. 3. Залежність розподілення вологи у шарах утепленої зі сторони приміщення зовнішньої стіни для квітня, де 1 – шар утеплювача; 2, 3, 4...11 – шари цегляної кладки

Аналіз отриманих результатів показує, що:

- для не утепленої огорожуючої конструкції щорічний цикл накопичення-висихання вологи розпочнеться в жовтні місяці та закінчиться у квітні, і так щороку. При чому саме в квітні спостерігається максимальне вологонакопичення в середині не утепленої конструкції, яке трохи перевищує допустиме значення (рис. 1);

- для найпоширенішого на сьогодні варіанту утеплення огорожуючих конструкцій – зовнішнього утеплення, цикл накопичення-висихання вологи розпочнеться у грудні місяці та закінчиться вже у лютому. Максимальне накопичення вологи спостерігається у лютому (0,003 %), воно значно менше допустимих значень (рис. 2);
- для варіанту утеплення зовнішньої стіни зі сторони приміщення накопичення вологи в огороженні почне відбуватися у грудні місяці. При чому вже тоді воно перевищить значення максимально допустимої вологості цегляної конструкції (0,04 %). Максимальне значення вологонакопичення буде спостерігатись у квітні та досягне близько 1 %. Закінчення циклу накопичення-висихання вологи відбудеться у червні, і наступний цикл розпочнеться знову у грудні місяці (рис. 3);
- для зовнішньої стіни, утепленої з обох боків, накопичення вологи почне відбуватися у січні місяці, а максимальне значення спостерігатиметься у березні (0,004 %). Вже до кінця березня конструкція висохне та наступний цикл накопичення вологи розпочнеться знову у січні (рис. 4).

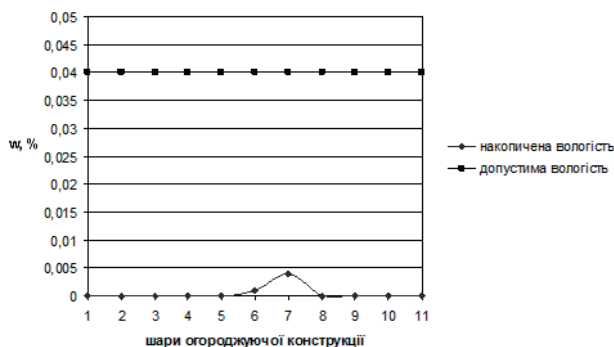


Рис. 4. Залежність розподілення вологості у шарах утепленої з обох боків зовнішньої стіни для березня, де 1 і 11 – шари утеплювача; 2, 3, 4...10 – шари цегляної кладки

## 5. Висновки

Отже, можна зробити наступні висновки, що:

- 1) в не утепленій цегляній огорожуючій конструкції в умовах застосування програмного регулювання відпуску теплоти пік накопичення вологи припадає на 2/5 конструкції, тоді як для стаціонарного режиму – на 1/3 конструкції;
- 2) в стіні із зовнішнім утепленням період накопичення вологи різко зменшується і становить три місяці, порівняно з не утепленою конструкцією, де він становить сім місяців. Кількість вологи в утепленій ззовні огорожуючій конструкції теж відповідно різко зменшується;

- 3) в зовнішній огорожуючій конструкції, що має внутрішнє утеплення (зі сторони приміщення) волога накопичується на межі двох шарів – мінеральної вати та цегли, при чому максимальне накопичення відбувається саме в цеглі;
- 4) варіант розподілення утеплювача в огорожуючій конструкції ззовні і зсередини показує, що рівень накопичення вологи значно менший за максимально допустимий та спостерігається в цегляній кладці.

Загальний висновок: виконана робота доводить ефективність використання внутрішнього утеплення зовнішніх огорожень при застосуванні програмного регулювання відпуску теплоти, що не призведе до надмірного вологонакопичення всередині зовнішніх огорожуючих конструкцій.

## Література

1. Чистович, С. А. Автоматическое регулирование расхода тепла в системах теплоснабжения и отопления [Текст] / С. А. Чистович. – Л.: Стройиздат, 1975. – 159 с.
2. Столпнер, Е. Б. Программный отпуск тепла в системах отопления жилых и общественных зданий [Текст] / Е. Б. Столпнер, И. Б. Шаган // Пути экономии топлива в городском хозяйстве: сб.тр. Материалы к семинару 5-7 сентября 1972 г. ЛДНТП, 1972. – С. 65 – 69
3. Зингер, Н. М. Исследование нестационарного режима подачи тепловой энергии на отопление [Текст] / Н. М. Зингер, Ю. В. Кононович, А. Л. Бурд // Изв. вузов. Энергетика. - 1987. - № 8. – С. 75 – 81
4. Богуславский, Л. Д. Снижение расходов энергии при работе систем отопления и вентиляции [Текст] / Л. Д. Богуславский. – М.: Стройиздат, 1985. – 342 с.
5. Строй, А. Ф. Управление тепловым режимом зданий и сооружений [Текст] / А. Ф. Строй. – К.: Вища шк., 1993. – 155 с.
6. Богословский, В. Н. Тепловой режим здания / В. Н. Богословский. – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с.
7. Братуга, Е. Г. Пористі теплоізоляційні матеріали: Монографія [Текст] / Е. Г. Братуга, А. М. Павленко, А. В. Кошляк, О. В. Круглякова. – Х.: ТОВ «ЕДЕНА», 2010. – 107 с.
8. Табунщиков, Ю. А. Энергоэффективные здания [Текст] / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач, Н. В. Шилкин. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.
9. Табунщиков, Ю. А. Энергосбережение и энергоэффективность – мировая проблема предельной полезности [Текст] / Ю. А. Табунщиков // Журнал «Энергосбережение» – 2010. – № 6. – С. 4 – 8
10. Кутний, Б. А. Економія енергоресурсів при програмному відпуску теплоти [Текст] / Б. А. Кутний, А. О. Борисюк // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – Т. 3, № 8(63). – С. 18 – 20.
11. Кутний, Б. А. Математична модель тепловологісного режиму стінки зі змінними теплофізичними характеристиками [Текст] / Б. А. Кутний, А. О. Борисюк // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – №1(36). – С. 248 – 254.