

## СЕКЦІЯ 5

### АНАЛІТИЧНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 692+644.1

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

*Басок Б. І., Недбайло О. М., Новицька М. П., Ткаченко М. В., Божко І. К.  
Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна  
E-mail: [bozhkoik@gmail.com](mailto:bozhkoik@gmail.com)*

Для комфортного перебування людей в будівлях однією з найважливіших умов є наявність свіжого повітря в приміщеннях, що забезпечується завдяки експлуатації системи вентиляції. Вентиляція виконує функцію обміну повітря у приміщенні для видалення надлишків теплоти, вологи, шкідливих та інших забруднюючих речовин з метою забезпечення відповідних умов мікроклімату та чистоти повітря у зоні перебування людини. Нормативний повітрообмін у житлових та адміністративно-побутових приміщеннях визначений державними будівельними нормами України і є обов'язковим при новому будівництві чи реконструкції старих будівель. Для більшості типів приміщень будівель нормативна результуюча температура приміщення становить в опалювальний період  $+22,0 \pm 2,0$  °С; у теплий період року  $+24,5 \pm 1,5$  °С [1].

Підвищення вимог до енергоефективності будівель спонукає до пошуку енергоефективних рішень для забезпечення роботи систем вентиляції. Одним із таких рішень є геотермальна система вентиляції, завдяки якій можна зменшити різницю температури припливного повітря з нормативним значенням, і відповідно, знизити витрати енергії на його приготування перед постачанням в приміщення. Система геотермальної вентиляції являє собою систему трубопроводів (теплообмінників типу «грунт-повітря» - ПГТО), що закопані в ґрунті на певній глибині, по яким постачається припливне повітря в будівлю та вентиляційну установку.

Для вирішення задач ґрунтового акумулювання і вилучення теплоти необхідно знати глибину річних змін температур в ґрунті  $H$ , що визначає шар земної поверхні, яка активно взаємодіє з атмосферою Землі. У холодну пору року тут температура падає, а в теплу – підвищується. Нижче глибини  $H$  температурний режим стабільний і визначається виключно геологічними процесами, як показано в [2-5], значення  $H$  може змінюватися від 3,9 м до 5,0 м, а температура ґрунтового масиву нижче цієї глибини може бути від 5°С до 9°С, залежно від регіону України. Тому при пропусканні припливного повітря через ПГТО відбувається його нагрів взимку або охолодження влітку.

В Інституті технічної теплофізики НАН України було створено повномасштабний експериментальний стенд для дослідження теплофізичних процесів при експлуатації системи геотермальної вентиляції [6].

Стенд створений як науково-технічну та технологічну теплофізичну лабораторію для дослідження теплофізичних процесів при експлуатації системи геотермальної вентиляції. Дана система працює в двох режимах – в теплий період року режим «пасивного» кондиціювання, в холодний період – режим припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією теплоти вихідного повітря. Остання, виконує функцію обміну повітря у приміщенні для видалення надлишків теплоти, вологи, шкідливих та забруднюючих речовин з метою забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату та якості повітря у зоні перебування людини.

Експериментальний стенд з дослідження енергоефективності системи геотермальної вентиляції розроблено для проведення експериментальних досліджень теплообмінних процесів при прокачуванні за допомогою вентилятора атмосферного повітря через теплообмінники типу «ґрунт–повітря» при різних режимах експлуатації. При цьому відбувається вимірювання та автоматична реєстрація значень швидкості та температури, вологості та тиску повітря у приймальному пристрої та вихідному каналі теплообмінника (на ділянці гідродинамічної і теплової стабілізації потоку) термоанемометром Testo 405-V1 (абсолютні похибки вимірювання температури  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ; швидкості  $\pm 0,3$  м/с) та напівпровідниковими датчиками ВМЕ280.

Реєстрація, архівація та збереження експериментальних даних відбувається за допомогою вторинного приладу «ВП-1» оригінальної конструкції на базі мікроконтролеру ATMEGA-328, розробленого у відділі Теплофізичних основ енергоощадних технологій ІТТФ НАН України.

Основні технічні характеристики експериментального стенда:

- Номінальна електрична потужність – до 1,0 кВт;
- Живлення – від мережі 220 В, 50 Гц;
- Режим роботи – цілодобовий;
- Максимальна температура нагріву припливного повітря –  $25^{\circ}\text{C}$ ;
- Швидкість в ядрі потоку припливного повітря – 4,4 м/с або 5,5 м/с;
- Об’ємна витрата повітря –  $29$   $\text{дм}^3/\text{с}$  або  $37$   $\text{дм}^3/\text{с}$  відповідно.

На рисунку 1 наведено експериментальні дані отриманих значень температури навколишнього повітря на вході до ПГТО (синя крива) та на виході з ПГТО (червона крива).

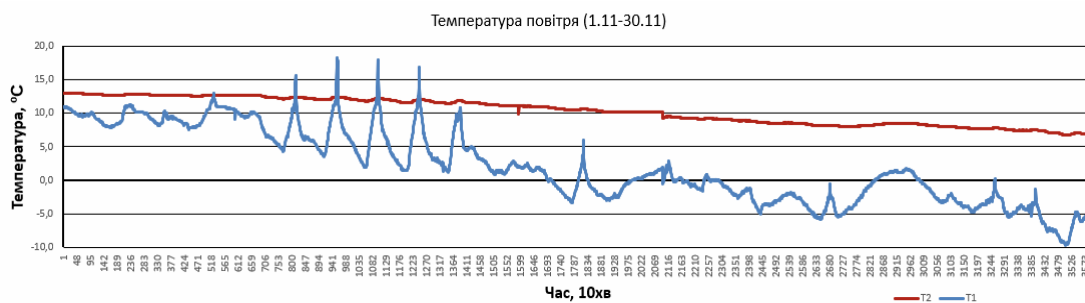


Рис. 1. Графік зміни температури

Як видно з графіків, добові коливання температури повітря на вході в ПГТО практично не впливають на значення температури на виході з теплообмінника. Це пояснюється тим, що теплообмінник має площу теплообмінної поверхні, яка перевищує мінімально необхідну для роботи даного ПГТО.

Слід відмітити вплив сезонного зниження температури навколишнього повітря, який проявляється у поступовому зниженні температури припливного повітря. Однак, даний вплив спостерігається зі значною інерційністю – приблизно у 12 діб. Протягом листопада відбулося поступове зниження температури припливного повітря з  $+11\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В кінці місяця середнє значення температури припливного повітря знизилося від  $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

На рисунку 2 представлено зміну відносної вологості навколишнього повітря на вході до ПГТО (червона крива) та на виході з ПГТО (синя крива). Як видно з графіків, в теплообміннику відбувається «вирівнювання» добових коливань відносної вологості навколишнього повітря.

На рисунку 3 представлено зміну абсолютного тиску навколишнього повітря на вході до ПГТО (червона крива) та на виході з ПГТО (синя крива). Як видно з графіків, аеродинамічний опір теплообмінника складає до 400 Па.

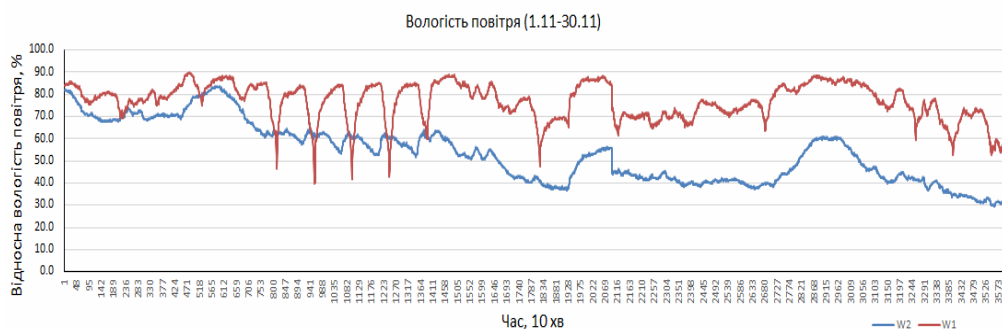


Рис. 2. Графік зміни відносної вологості

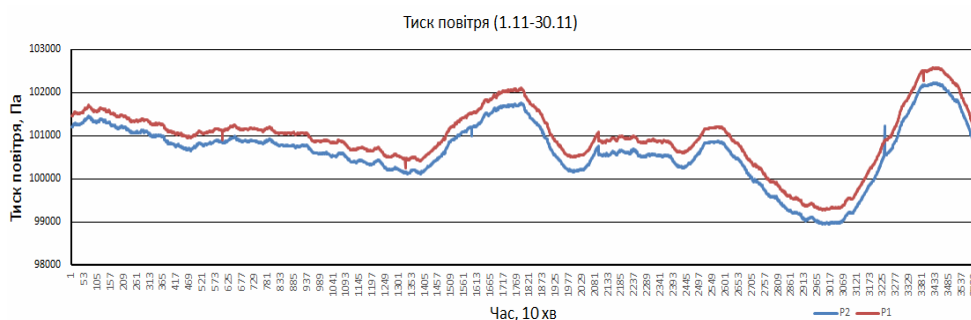


Рис. 3. Графік зміни абсолютного тиску

**Ключові слова:** геотермальна вентиляція, нормативний повітрообмін, рекуперація теплоти.

#### Література

- [1] ДБН В.2.5-67: «Опалення, вентиляція та кондиціонування», 2013.
- [2] Б.І Басок та М.П. Новіцька, «Теплофізичне моделювання повітряно-грунтового теплообмінника для теплової завіси фасадних стін експериментального енергоефективного будинку», *Пром. Теплотехника*, т.39, №1, с. 35-38, 2017.

- [3] Б. І. Басок, Л. Й. Воробйов, В. А. Михайлик та А. О. Луїна, «Теплофізичні властивості природного ґрунту», *Пром. теплотехника*, т.30, №4, с. 77-85, 2008.
- [4] Б. І. Басок, А. А. Авраменко, С. С. Рыжков и А. А. Луїна, «Динамика теплообмена жидкості в ґрунтовому прямолинейном одиночном елементі (теплообменнике)», *Пром. Теплотехника*, т.31, №1, с. 62-67, 2009.
- [5] А. И. Накорчевский та Т. Г. Беляева, «Регрессионный анализ глубин годовых флуктуаций температур в верхних слоях ґрунта», *Пром. Теплотехника*, т. 27, № 6, с. 86 – 90, 2005.
- [6] В. Vasok, M. Novitska, I. Bozhko, V. Priemchenko and M. Tkachenko, "Smart geothermal ventilation system," in *2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*, 2020, pp. 226-229, doi: 10.1109/ESS50319.2020.9160244.

УДК 539.394

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТОВЩИН НАНОРОЗМІРНИХ ШАРІВ СЕНСОРА ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСУ

<sup>1)</sup>Дорожжінська Г. В., <sup>2)</sup>Федоренко А. В., <sup>2)</sup>Дорожжінський Г. В., <sup>2)</sup>Маслов В. П.

<sup>1)</sup>Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інституту імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

<sup>2)</sup>Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України, Київ, Україна

E-mail: [annakushnir30@ukr.net](mailto:annakushnir30@ukr.net)

Для лабораторних досліджень в хімічній і фармацевтичній промисловості, в сільському господарстві та екології, зокрема для моніторингу якості повітря застосовують високочутливі прилади на основі явища поверхневого плазмонного резонансу (ППР) [1-3]. Врахування температурного чинника має важливе значення для покращення точності вимірювань при використанні ППР-приладів. Тому застосовують методи термостабілізації [4] і термокомпенсації [5]. Для розширення діапазону терморегулювання і швидкодії збільшують споживану електричну потужність резистивними нагрівачами чи елементами Пельть'є, що суттєво підвищує габарити і споживану потужність ППР-приладів, а також підвищує інерційність теплопередачі. Одним з перспективних матеріалів сенсорів для наноплазмоніки є напівпровідник ІТО ( $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}$ ), тонкі плівки якого переважно використовують в якості прозорих електродів для сонячних елементів [6]. Наявність в ІТО електричної провідності дозволяє застосовувати його у якості плівкового нагрівача [7]. Об'єднання плазмон-носійного шару з високостабільним сорбційним шаром політетрафторетилену (ПТФЕ) [8] та плівковим нагрівачем на ІТО розширить функціональні можливості ППР-сенсорів. Тому необхідно було визначити оптимальні товщини як плазмон-носійного шару, так і додаткових шарів ПТФЕ та ІТО.

Визначення оптимальної товщини підшару ІТО, наночарів золота та ПТФЕ було виконане за допомогою чисельного моделювання. Моделювання виконувалось шляхом побудови теоретичної рефрактометричної характеристики для багатошарової системи «скло-ІТО-золото-ПТФЕ» і р-поляризованого монохроматичного падаючого випромінювання для різних довжин хвиль. Рефрактометричну характеристику розраховували як функцію кута падіння,