

Н.А. Сподинок, В.М. Желих
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання та вентиляції

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ З ІНФРАЧЕРВОНИМ ОПАЛЕННЯМ

© Сподинок Н.А., Желих В.М., 2007

Наведено результати досліджень опромінення поверхні інфрачервоним промінням підлоги робочої зони приміщення за зміни швидкості руху повітряних потоків. Внаслідок цього спостерігалося істотне збільшення температури повітря в робочій зоні. Ці результати можна використати під час проектування систем інфрачервоного опалення для приміщень великого об'єму.

In this article the results of researches of surface irradiation by the infra-red ray of floor of working area of apartment at air speed of motion changing are presented. As a result there was a substantial increase of temperature of air in a working area. These results can be used during planning of the systems of the infra-red heating for the apartments of large volume.

Постановка проблеми. Основне завдання опалення – забезпечення приємного відчуття тепла. Воно складається з декількох, частково селективних і частково адитивних чинників. Такими є, наприклад, температура повітря, швидкість руху повітряних мас, одяг тощо. Серед домінуючих чинників – випромінювання навколишніх площин, що дає основу для радіаційного опалення. Значення радіаційних умов з погляду опалення, якщо враховувати основні способи тепловіддачі тіла людини, повинно компенсувати ці тепловтрати, тобто підтримувати в рівновазі відчуття комфорту.

Людина, що перебуває в закритому просторі, одержує тепло випромінюванням з різних сторін, насамперед від різних обмежувальних площин або від опалювальних приладів, що випромінюють тепло [1–3]. Тепловтрати випромінюванням в людини виникають, коли оточення, передусім внутрішні поверхні зовнішніх захищень будинку, холодніші, ніж тіло людини. Якщо збільшити середню температуру оточення (наприклад, встановленням інфрачервоних випромінювачів), то тепловтрати за рахунок випромінювання зменшуються і можна досягти відчуття тепла, не збільшуючи температуру внутрішнього повітря [4].

Експериментальні дослідження. Проведення натурних обстежень пов'язано із значними технічними ускладненнями (залучення великої кількості спостерігачів, забезпечення значної кількості вимірювальної апаратури, синхронності вимірів в усіх точках спостереження тощо).

Планування експерименту може ефективно використовуватися під час пошукових досліджень, за неповного знання механізму технологічного або фізичного процесів, а також для підтвердження або описання вже відомих математичних виразів.

Основна перевага математичних методів планування експерименту полягає в скороченні частки експериментальних затрат (у 2–10 разів) за рахунок оптимальної організації досліджень, мінімізації кількості дослідів і частки аналітичної роботи.

Скорочення кількості дослідів в лабораторних і напівпромислових експериментах досягається переважно завдяки відмові від традиційного принципу вивчення багатofакторних процесів шляхом перегляду усіх чинників за певною оптимально складеною програмою.

Експериментальні дослідження температури повітря за інфрачервоного опалення показали, що на її величину мають вплив рухомість повітря в робочій зоні v м/с, теплопродуктивність нагрівача Q Вт і висота його підвісу h м. Ці величини будуть вхідними параметрами планування експерименту. Вихідний параметр – температура повітря в робочій зоні t °С.

Область визначення вхідних параметрів:

$$Q = [400 \dots 1200] \text{ Вт}, h = [0 \dots 1,8] \text{ м}, v = [0 \dots 0,35] \text{ м/с}.$$

Кількість дослідів визначається так (див. формулу (1)):

$$N = P^K, \quad (1)$$

де P – кількість рівнів факторів ($P = 2$); K – кількість факторів ($K = 3$).

Тоді $N = 2^3 = 8$ дослідів (таблиця):

Матриця планування експерименту

№ з/п	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y
1	+	+	+	+	+	+	+	+	27,5
2	+	+	+	-	+	-	-	-	32,5
3	+	+	-	+	-	+	-	-	24,0
4	+	+	-	-	-	-	+	+	29,9
5	+	-	+	+	-	-	+	-	35,0
6	+	-	+	-	-	+	-	+	30,5
7	+	-	-	+	+	-	-	+	31,2
8	+	-	-	-	+	+	+	-	34

Цифрами +1 та -1 позначені кодові величини рівнів експерименту (найменше значення параметра за -1, найбільше за +1),

$x_1=Q$, Вт; $x_2=h$, м; $x_3=v$, м/с – вхідні параметри експерименту;

$y=t$, °С – вихідний параметр.

Наведено рівняння регресії (див. формулу (2)):

$$y = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3, \quad (2)$$

у якому b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_{12} , b_{13} , b_{23} , b_{123} – коефіцієнти, що визначаються за методом найменших квадратів.

Розраховуються ці коефіцієнти за формулою (3):

$$b_i = \frac{1}{n} \sum y; \quad (3)$$

$$b_0 = \frac{1}{8} (27,5 + 32,5 + 24 + 29,9 + 35 + 30,5 + 31,2 + 34) = 30,58;$$

$$b_1 = \frac{1}{8} (27,5 + 32,5 + 24 + 29,9 - 35 - 30,5 - 31,2 - 34) = -1,15;$$

$$b_2 = \frac{1}{8} (27,5 + 32,5 - 24 - 29,9 + 35,0 + 30,5 - 31,2 - 34) = 0,8;$$

$$b_3 = \frac{1}{8} (27,5 - 32,5 + 24 - 29,9 + 35,0 - 30,5 + 31,2 - 34) = -2,1;$$

$$b_{12} = \frac{1}{8} (27,5 + 32,5 - 24 - 29,9 - 35 - 30,5 + 31,2 + 34) = 1,025;$$

$$b_{13} = \frac{1}{8} (27,5 - 32,5 + 24 - 29,9 - 35 + 30,5 - 31,2 + 34) = -1,575;$$

$$b_{23} = \frac{1}{8} (27,5 - 32,5 - 24 + 29,9 + 35 - 30,5 - 31,2 + 34) = 0,725;$$

$$b_{123} = \frac{1}{8}(27,5 - 32,5 - 24 + 29,9 - 35 + 30,5 + 31,2 - 34) = -0,8.$$

В результаті отримано рівняння регресії (див. формулу (4))

$$y_1 = 30,6 - 2,1x_2 - 1,575x_3. \quad (4)$$

Перевірка:

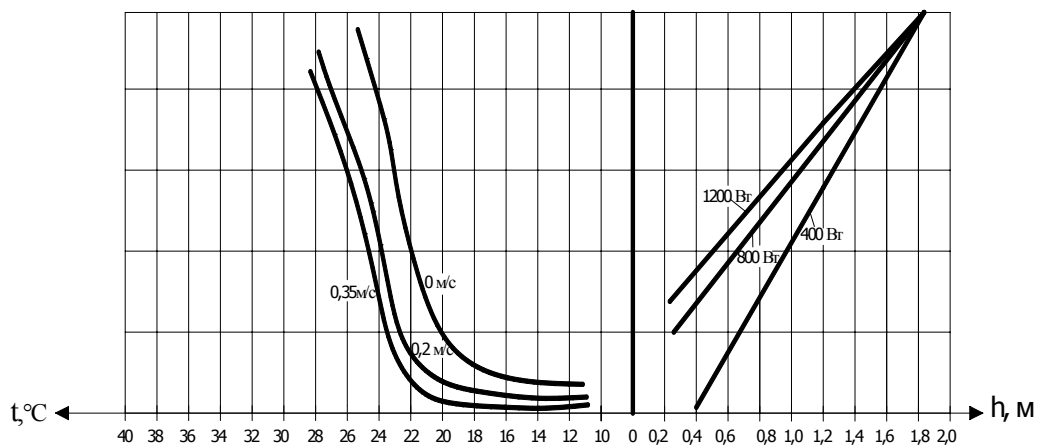
нехай $x_1 = +1$, $x_2 = +1$, тоді

$$y_1 = 30,6 - 2,1 \cdot 1 - 1,575 \cdot 1 = 26,9.$$

Із таблиці за $x_1 = +1$, $x_2 = +1$ беремо значення y : $y = 27,5$.

Знаходимо похибку: $\delta = \frac{27,5 - 26,9}{27,5} \cdot 100 \% = 2,2 \%.$

Рівняння регресії правильне за $400 \text{ Вт} \leq x_1 \leq 1200 \text{ Вт}$, $0 \text{ м} \leq x_2 \leq 1,8 \text{ м}$ та $0 \text{ м/с} \leq x_3 \leq 0,35 \text{ м/с}$.



Трифакторна номограма залежності температури t від потужності нагрівача Q та висоти встановлення h

Оскільки дослідницьку науково-технічну роботу вважають завершеною лише в тому випадку, коли знайдено функціональну залежність, виражену емпіричною формулою, то під час обробки результатів цього трифакторного експерименту використовуємо метод номографії для отримання емпіричної залежності.

Згідно з результатами досліджень процес побудови номограми $y = f(x_1, x_2, x_3)$ проводився за таким алгоритмом:

- визначалась кількість квадрантів і масштаби за координатними осями;
- вибиралась кількість значень по кожному з чинників згідно з плануванням експерименту;
- вибиралась змінна-аргумент, яка була відкладена на осі абсцис $h = x_2$, і змінні, які були прийняті за параметр - x_1, x_3 (див. формулу (5)):

$$Q = x_1, v = x_3; \quad (5)$$

- надавався змінним відповідний розряд згідно з їх розташуванням по квадрантах;
- надавались параметрам сталі значення, які графічно зображались у вигляді прямих під кутом 45° у першій ітерації;
- будувались графіки $y = f_1(x_1)$ і проставлялися числові значення параметра x_i ;
- ці самі числові постійні значення надавались змінним x_1, x_3 і наносилася лінія, що відповідала іншому сталому значенню аргумента x_2 ;
- аналогічно наносились лінії, що відповідали новим сталим значенням аргументів по чергово x_1, x_3 ;

– відтак переходили до наступного сталого значення аргумента x_2 і повторювали вказані операції.

Переходили до подальшої ітерації усього циклу операцій, корегуючи кут нахилу прямих у 1-му квадранті, тобто вибирали кут 30^0 , тим самим вибирали кращий масштаб на координатних осях.

Після побудови номограми переходили до її апроксимації, яку виконували в такий спосіб:

– наносили допоміжну числову шкалу t для $y = f[t(x_1, x_3)x_2]$;

– використовували відомі методи апроксимації однофакторної функції $y = f(t)$ для усіх значень x_1, x_3 ;

– аналогічно наносили допоміжну шкалу t для $y = f[t(x_1)x_2]$.

Висновки. У цій роботі отримано графічну залежність, яка дає змогу визначити температуру повітря в робочій зоні. Вона показує залежність температури повітря від швидкості руху повітря за різних теплових навантажень інфрачервоного випромінювача.

1. Анго М.А. *Инфракрасные излучения*. – Л.: Госэнергоиздат, 1957. – 81 с.
2. Бураковский Т., Гизинский Е., Саля А. *Инфракрасные излучатели / Пер. с пол.* – Л.: Энергия, 1978. – 408 с.
3. Ицксон В.С., Денисов Ю.Л. *Инфракрасные газовые излучатели*. – М.: Недра, 1969. – 277 с.
4. Konrad Bakowski *“Siesi I instalacje gazowe*. – Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Teczniczne, 2002.