

ВЕНТИЛЯЦІЯ

УДК 629.113.06:628.

О.Т.Возняк, канд. техн. наук, доцент.
Національний університет «Львівська політехніка»

ПОВІТРОРІЗПОДІЛ У ПУЛЬСУЮЧОМУ РЕЖИМІ

Створити тепловий комфорт у приміщенні – це означає забезпечити в ньому комплекс метеорологічних умов, при якому терморегуляторна система організму знаходиться у стані найменшого напруження, а всі решта фізіологічні функції проходять на рівні, найсприятливішому для організму. Стабільний мікроклімат призводить до «зниженості», результатом якої є схильність до простудних захворювань як взимку, так і влітку.

Дослідження в приміщеннях як громадських, так і промислових будинків свідчать про те, що на тепловідчуття людини сприятливо впливають саме змінні подразники [1]. Змінний режим витікання припливних струмин означає створення динамічного мікроклімату і на терморегуляції організму людини відображається позитивно.

По суті людина піддається дії динамічного мікроклімату, постійно знаходячись у природних умовах, а відтак звикла до нього в постійні коливання температури, рухомості повітря та його вологості. Звідси є очевидною доцільність періодичного створення динамічного мікроклімату також у закритих приміщеннях, оскільки так звана «повна оптимізація мікроклімату» виключає дію теплових подразників, які змінюються, і створює певну монотонність, яка викликає де тренованість системи терморегуляції. Крім того, стабільність параметрів мікроклімату є причиною скарг на головні болі, підвищену втомлюваність, сонливість [1]. Отже, важливо знати, в яких межах необхідними та допустимими є коливання метеофакторів упродовж дня.

Метою роботи є визначення динамічних параметрів струмини при її витіканні в пульсуючому режимі та створенні динамічного мікроклімату в приміщенні

Розглянемо пульсуючу подачу повітря в системі кондиціонування повітря струминою, що розвивається у вільному просторі, і визначимо її параметри. Струмина є осесиметричною, для якої осьова швидкість V_x у розрахунковій точці А з координатою x_A у випадку усталеного руху (частковий випадок пульсуючого режиму) визначається відомою формулою розрахунку осьової швидкості V_x при відомій початковій V_0 [3]:

$$V_x = V_0 \cdot m \frac{\sqrt{F_0}}{x} \quad (1)$$

При використанні пульсуючої подачі з допомогою відповідного пристрою [2] початкова швидкість V_0 виходу струмини з певного насадка буде коливатись за періодичним законом: тобто буде змінюватись в межах від $V_{0\min}$ до $V_{0\max}$:

$$V_0 = \bar{V}_0 + A \cdot \sin \omega t, \quad (2)$$

де \bar{V}_0 - середнє значення V_0 за період коливань, м/с;

A - амплітуда коливань величини V_0 , м/с;

ω - циклічна (колова) частота коливань, с^{-1} ;

t - проміжок часу, с.

При цьому величини \bar{V}_0 , A і ω визначаються за такими відомими формулами:

$$\bar{V}_0 = 0,5 \cdot (V_{0\max} + V_{0\min}); \quad (3);$$

$$A = 0,5 \cdot (V_{0\max} - V_{0\min}); \quad (4);$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \quad (5),$$

де T - період коливань, с.

Зауважимо, що за початковий момент часу прийнято нейтральне положення заслінки.

Аналогічно запишемо вираз для коливань осьової швидкості V_x з врахуванням $\omega = 2\pi/T$:

$$V_x = \bar{V}_x + B \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \varphi\right), \quad (6)$$

Оскільки осьова швидкість V_x запізнюється за фазою в порівнянні з V_0 , то початкова фаза φ входить у вираз (6) з від'ємним знаком.

У свою чергу середнє значення осьової швидкості \bar{V}_x та амплітуда її коливань B визначаються аналогічно ((7) і (8)), як і початкові параметри ((3) і (4)):

$$\bar{V}_x = 0,5 \cdot (V_{x\max} + V_{x\min}); \quad (7)$$

$$B = 0,5 \cdot (V_{x\max} - V_{x\min}). \quad (8)$$

На підставі (2); (6) та (1) отримуємо:

$$\bar{V}_x + B \cdot \sin(\omega t - \varphi) - \bar{V}_0 \frac{m\sqrt{F_0}}{x} \pm A \frac{m\sqrt{F_0}}{x} \cdot \sin \omega t. \quad (9)$$

Оскільки усталений режим є частковим випадком пульсуючої подачі з амплітудами коливань $A = 0$ і $B = 0$, то (9) перетворюється в (10) і є аналогічним (1)

$$\bar{V}_x = \bar{V}_0 \frac{m\sqrt{F_0}}{x}, \quad (10)$$

Враховуючи (9) і (10), отримуємо:

$$B \cdot \sin\left(2\pi \frac{t}{T} - \varphi\right) = A \frac{m\sqrt{F_v}}{x} \cdot \sin 2\pi \frac{t}{T}, \quad (11),$$

звідки визначаємо амплітуду B :

$$B = A \frac{m\sqrt{F_v}}{x} \frac{\sin 2\pi \frac{t}{T}}{\sin(2\pi \frac{t}{T} - \varphi)}. \quad (12)$$

Експериментальні дослідження проводились на установці, представлений на рис.1., при таких умовах та спрощеннях:

1. Струмини ізотермічні;
2. Повітровипускний отвір 100x100 мм;
3. Коефіцієнт затухання швидкості $m = 6,8$;
4. Початкова швидкість повітря в припливних насадках знаходилася в межах: $V = 5 - 15$ м/с.

- період зміни швидкості при експериментах був постійним: $T_1 = 15$ хв.;
- витрата повітря при експериментах була в межах: $L = 200 - 500$ м³/год.;

Заміри швидкості руху повітря V здійснювалися термоелектроанемометром testo-405 із використанням координатника із сіткою точок 5 x 5 см.

Результати досліджень наведені на рис.2.

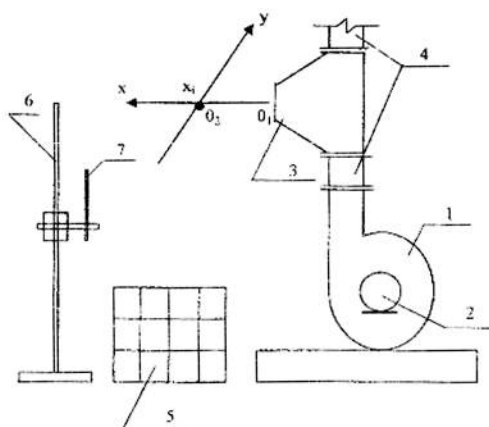


Рис.1. Схема експериментальної установки

- 1 - відцентровий вентилятор; 2 - електродвигун; 3 - припливний насадок;
- 4 - повітропровід; 5 - координатник; 6 - штатив; 7 - анемометр testo 405

Зауважимо, що амплітуда B коливань осьової швидкості є змінною в часі, що відповідає умовам динамічного мікроклімату.

Визначасмо початкову фазу φ , тобто початковий момент часу для точки т.А. Для цього схематично розглянемо в сукупності залежність

середньої осьової швидкості \bar{V}_x від біжучої координати x ($\bar{V}_x = f_1(x)$) та від часу t ($\bar{V}_x = f_2(t)$) на початковій та основній ділянках розвитку струмини [5].

Час руху t_A елементарного об'єму струмини від насадка до розрахункової точки т.А з координатою x_A буде початковим моментом часу коливання осьової швидкості V_x , який визначається:

$$t_A = \frac{x_A}{V}, \quad (13),$$

а усереднену швидкість V обчислюємо інтегруванням на інтервалах початкової і основної ділянок [5]:

$$V = \frac{\bar{V}_0 x_{\text{поч}} + \int_{x_{\text{поч}}}^{x_A} \frac{V_0 m \sqrt{F_0}}{x} \cdot dx}{x_A}. \quad (14)$$

В результаті інтегрування отримуємо вираз для усередненої швидкості руху струмини V :

$$V = \frac{\bar{V}_0}{x_A} \left(x_{\text{поч}} + m \sqrt{F_0} \cdot \ln \frac{x_A}{x_{\text{поч}}} \right). \quad (15)$$

Отже, з врахуванням (13) і (15) початковий момент часу t_A :

$$t_A = \frac{x_A^2}{\bar{V}_0 \left(x_{\text{поч}} + m \sqrt{F_0} \cdot \ln \frac{x_A}{x_{\text{поч}}} \right)}. \quad (16)$$

Величина t_A , яка визначена з (16), є часом запізнення коливань осьової швидкості V_x за фазою, тому початкову фазу φ отримуємо з (3) і (16):

$$\varphi = \frac{2\pi \cdot x_A^2}{T \cdot \bar{V}_0 \left(x_{\text{поч}} + m \sqrt{F_0} \cdot \ln \frac{x_A}{x_{\text{поч}}} \right)}. \quad (17)$$

Таким чином, визначені всі величини, необхідні для розрахунку змінної в часі осьової швидкості V_x в т.А за формулою (6) як двофакторної залежності $\bar{V}_x = f(x; t)$, а саме: \bar{V}_x - залежність (10), \bar{V}_0 - (3), φ - (17), B - (12).

Поряд з цим представляє інтерес енергетична оцінка системи кондиціонування повітря. При цьому слід врахувати, що температура виходу повітряної струмини з насадка t_0 та внутрішня температура t_b теж є змінними в часі.

Кількість холоду Q_x , необхідна для потреб кондиціонування повітря у приміщенні при усталеному режимі:

$$Q_x = V_{0_{\text{max}}} \cdot F \cdot \rho \cdot c (t_b - t_0), \quad (18),$$

де $V_{0_{\text{max}}}$, ρ , c - відповідно максимальна швидкість виходу повітря в струмині, м/с; його густина, кг/м³ і теплоємність, кДж/(кгК); F - площа повітровипускного отвору, м²; t_b , t_0 - відповідно температури повітря у приміщенні та на виході з повітровипускного отвору, °С.

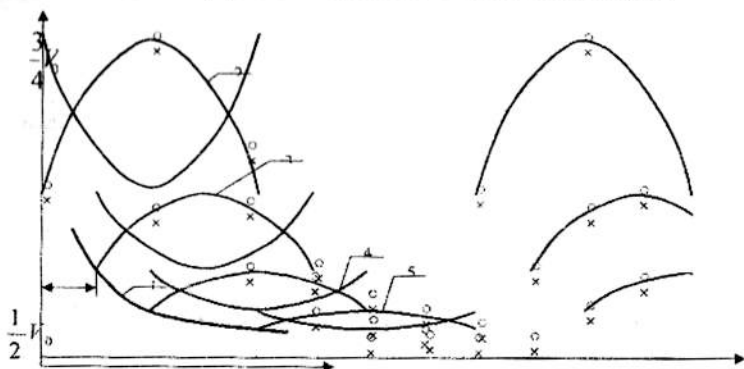


Рис. 2. Результати досліджень:

- 1 – залежність швидкості від координати при сталому часі;
2, 3, 4, 5 – залежності швидкості від часу при різних координатах

У свою чергу холодопродуктивність системи кондиціонування повітря при пульсуючому режимі:

$$Q_x = \bar{V}_0 \cdot F \cdot \rho \cdot c (t_x - t_0), \quad (19)$$

тобто продуктивність системи кондиціонування повітря зменшується в α

разів, де $\alpha = \frac{V_{0max}}{V_0}$, тобто $\alpha = 1 + \frac{A}{V_0}$.

Висновок

При застосуванні повіторозподілу в пульсуючому режимі можна досягнути економії холоду, яка визначається початковою швидкістю виходу припливної струмینی \bar{V}_0 та амплітудою її коливань A при умові забезпечення комфортності в приміщенні, а також необхідної терморегуляції організму [4]. Якщо врахувати, що температура виходу повітряної струмینی з насадка є змінною в часі $t_0 = var$, то на підставі (18) констатуємо, що має місце економія холоду в β разів, причому $\beta > \alpha$.

Список літератури:

1. Губернский Ю.Д., Исмаилова Д.И. Экономия энергии и топлива при управлении микроклиматом. //Водоснабжение и санитарная техника, 1985, № 3. – с.11-12.
2. Возняк О.Т. та ін. Устройство для пульсирующей подачи воздуха в салон транспортного средства. АС № 1382674, БИ № 11, 1988 г.
3. Гримитлин М.И. Распределение воздуха в помещениях. – М.: Стройиздат. 1982. – 164 с.
4. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений. – М.: Стройиздат, 1981. – 248.
5. Возняк О.Т. Динамічний мікроклімат та енергоощадність. //Вісник Нац. Ун-ту «Львівська політехніка» «Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація», 2010. №460 - с. 150 -153.