

**МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИПЛИВНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ ЯК ОБ'ЄКТІВ З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

**Вступ.** У склад багатьох систем припливної вентиляції входять вентилятор з регульованою швидкістю та розташований вздовж каналу електричний нагрівач повітря. Параметри цих елементів суттєво відрізняються залежно від приміщення, для якого будується вентиляція. В практиці створення систем припливної вентиляції однією з найскладніших є задача вибору структури та налаштування параметрів регуляторів, а також вибір необхідної кількості та місць установки датчиків основних параметрів повітря у приміщенні. Вирішити цю задачу можливо за допомогою складання адекватної математичної моделі, яка дає відповіді на виникаючі запитання. Але надмірна складність математичного опису процесів теплообміну та масообміну, що лежать в основі припливної вентиляції, значно утруднює моделювання. Тому здебільшого описують відповідні ланки системи, як об'єкти із зосередженими параметрами. У деяких випадках результати, одержані за допомогою такої моделі, виявляються недостатніми.

**Постановка задачі.** Ціллю роботи стало створення моделі елементів припливної вентиляції як об'єктів з розподіленими параметрами. За допомогою розрахунку еквівалентних параметрів цю модель також можна буде поширити і на приміщення.

При розробці моделі було зроблено ряд припущень:

Спіральний нагрівальний елемент довжиною  $L_{нг}$  разом із ізолятором представляється як масивний циліндр з питомою теплоємністю  $C_{нг}$  [Дж/м·°С], питомою потужністю  $p_{нг}$  [Вт/м], коефіцієнтом тепловіддачі  $\alpha$  [Вт/м·°С], температура нагрівача  $T_{нг}(x,t)$  [°С] залишається сталою у радіальному напрямку ( $\lambda_{р/н} = \infty$ ), теплопровідність нагрівача уздовж його вісі відсутня ( $\lambda_{п/н} = 0$ ).

Повітряний потік має кільцевий перетин, лінійну швидкість  $V$  і характеризується питомою теплоємністю  $C_{вк}$  [Дж/м·°С], температура повітряного потоку  $T_{вк}(x,t)$  [°С] залишається сталою у радіальному напрямку ( $\lambda_{р/в} = \infty$ ), теплопровідність уздовж вісі у повітряному потоці відсутня ( $\lambda_{п/в} = 0$ ).

Корпус нагрівача характеризується еквівалентним коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda$  [Вт/м·°С].

Основні рівняння теплообміну нагрівача при  $T_{окр.ср.} = 0$ :

$$\begin{cases} C_{нг} \cdot \frac{\partial T_{нг}}{\partial t} = p_{нг} - \alpha \cdot (T_{нг} - T_{вк}) \\ C_{вк} \cdot \frac{\partial T_{вк}}{\partial t} + C_{вк} \cdot V \cdot \frac{\partial T_{вк}}{\partial x} = \alpha \cdot (T_{нг} - T_{вк}) - \lambda \cdot T_{вк} \end{cases} \quad (1)$$

При незмінній швидкості повітряного потоку і за початкових та граничних умов  $T_{нг}(x,0) = T_{вк}(x,0) = 0$ ,  $T_{вк}(0,t) = 0$  наведена система має розв'язок у зображенні за Лапласом

$$T_{вк}(x,p) = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{p_{нг}(p)}{\frac{C_{вк} \cdot C_{нг}}{\lambda \cdot \alpha} \cdot p^2 + \left[ \left( \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\lambda} \right) \cdot C_{нг} + \frac{C_{вк}}{\lambda} \right] \cdot p + 1} \cdot \left[ 1 - \exp\left\{ -\frac{x}{V} \cdot p \right\} \cdot \exp\left\{ -\frac{x}{V} \cdot \frac{\lambda + \alpha}{C_{вк}} \right\} \cdot \left[ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n!} \cdot \left\{ \frac{x}{V} \cdot \frac{\alpha}{C_{вк}} \cdot \frac{1}{\frac{C_{нг}}{\alpha} \cdot p + 1} \right\}^n \right] \right] \quad (2)$$

$$T_{нг}(x,p) = \frac{p_{нг}(p) + \alpha \cdot T_{вк}(x,p)}{C_{нг} \cdot p + \alpha} \quad (3)$$

Розв'язання (2) і (3) можливо за допомогою моделювання в MATLAB (рис.1). Розрахунки показали, що обмежившись кількома (5-10) членами ряду, що входить у формулу (2), можна отримати задовільну точність моделювання процесів на виході нагрівача ( $x = L_{нг}$ ) при зміні швидкості повітряного потоку у діапазоні  $1 \div 10$

(ряд збігається тим скоріш, чим меншим є відношення  $\frac{x}{V}$ ). Виконане порівняння розрахунків у MATLAB з експериментальними характеристиками нагрівача, які отримані за допомогою лабораторного стенду, надало можливість зробити висновок про адекватність математичної моделі реальним фізичним процесам теплообміну.

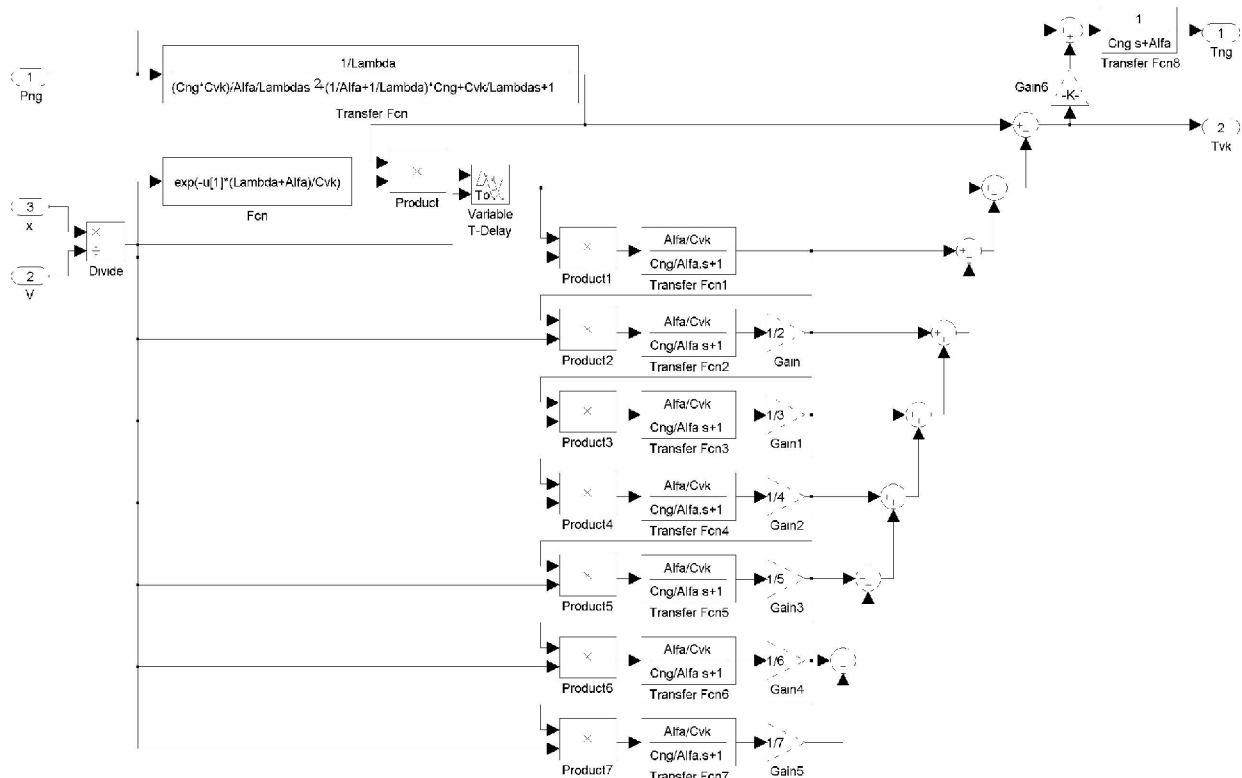


Рисунок 1. Математична модель припливної вентиляції

### Висновки.

Запропонована модель дає можливість розрахувати усереднену у радіальному напрямку температуру повітря у будь-якому місці каналу припливної вентиляції та, якщо необхідно, на підставі порівняння з даними температурного сенсору у цьому місці, визначити температуру у інших місцях (наприклад, у кінцевих зонах каналу для визначення температури навколишнього середовища та вихідної температури з вентиляції). Також її можна використати і для моделювання розподілу температури повітря у приміщенні шляхом розрахунку еквівалентних параметрів вздовж напрямку руху повітря під впливом вентиляції. Це дозволяє полегшити синтез системи керування для забезпечення необхідної якості перехідних та сталих процесів.

### Література.

1. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. Изд.13, испр. - М.: Наука, 1986.- 544 с.
2. Бондар Є.С. і ін. Автоматизація систем вентиляції і кондиціонування повітря // К.: «Аванпост-прім», - 2005.