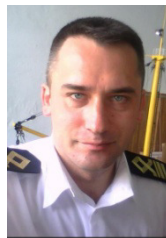


УДК 629.12.06



**В.В. Гречко,**  
голова ЦМК  
«Судноводійні  
дисципліни», Херсонське  
морехідне училище  
рибної промисловості  
e-mail:  
office@fishers.com.ua



**С.В. Терлич,**  
викладач,  
Херсонське морехідне  
училище рибної  
промисловості e-  
mail: terlich@mail.ru

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ НАСЕЛЕНИХ СУДНОВИХ ПРИМІЩЕНЬ ЗА КОМПЛЕКСНИМ ПОКАЗНИКОМ КОМФОРТНОСТІ

*В.В. Гречко, С.В. Терлич*  
*Математична модель системи керування мікрокліматом населених суднових приміщень за комплексним показником комфортності.* Запропоновано математичні залежності, які можна використати при програмуванні автоматизованих систем контролю мікроклімату у приміщеннях екіпажу на морських судах.

*V.V. Grechko, S.V. Terlich. The mathematical model of climate control ship populated spaces for a comprehensive measure of comfort.* The mathematical dependence that can be used for programming automated systems for climate control in spaces on ships crew.

**Вступ.** Під час рейсу усі члени екіпажу морських транспортних та промислових суден більшу частину часу проводять у службових та житлових приміщеннях та цілодобово підвергнуті впливу шумів та вібрації. Судна за досить короткий проміжок часу здійснюють переходи із однієї кліматичної зони в інші, що в свою чергу негативно впливає на людину, порушуючи процес терморегуляції. Все це призводить до необхідності покращення умов праці. При цьому одним із способів може бути використання систем керування мікрокліматом у приміщеннях екіпажу.

**Актуальність теми дослідження** пов'язана із удосконаленням існуючих методів та алгоритмів, які дають змогу розв'язання задачі суднових енергетичних систем та забезпечити рівень сучасних вимог до мікроклімату суднових приміщень.

Характер процесів тепломасообміну усудновому приміщенні автори пропонують описати математично наступною системою залежностей [1]:

$$\begin{cases} (T_n \cdot p + 1)d_n = d_{np} + \frac{M_w}{G}; \\ (T_n \cdot p + 1,86 \cdot d_n + 1)t_n + (2500 + 1,86 \cdot t_n) \times (T_n \cdot p + 1)d_n = \\ = t_{np} + (2500 + 1,86 \cdot t_n)d_{np} + \frac{Q}{G}; \\ (T_u \cdot p + 1)U = P \cdot T; \end{cases} \quad (1)$$

де:  $T_n = \frac{\rho_n \cdot V_n}{G_n \cdot \rho}$  та  $T_u$  – сталі часу приміщення та вимірювального пристрою;

$U$  – вихідна характеристика обчислюваного блоку;

$P \cdot T$  – величина текучого значення результуючої температури в приміщенні.

**Основний текст.** Перша залежність у системі (1) – рівняння масообміну, друге – рівняння теплообміну із вологим повітрям, третє – рівняння регулятора. Рівняння масообміну описує залежність  $d_n = f(d_{np})$  та

$$d_n(p) = W(p)d_{np}. \quad (2)$$

Для того, щоб вид передаточної функції перше рівняння системи (1) представлено наступним чином:

$$d_n = \frac{d_{np}}{T_n \cdot p + 1} + \frac{M_w}{G} \times \frac{1}{T_n \cdot p} + 1. \quad (3)$$

Таким чином структурна схема може бути наведена у вигляді паралельного з'єднання аперіодичних осередків по двом вихідним каналам (рис. 1).

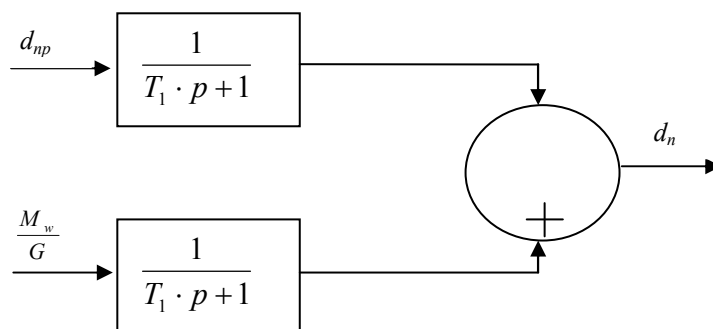


Рис. 1. Структурна схема процесу вологообміну у вигляді паралельного з'єднання аперіодичних ланцюгів по двом входним каналам

Структурну схему теплообміну із вологим повітрям приміщення наведено на рис. 2.

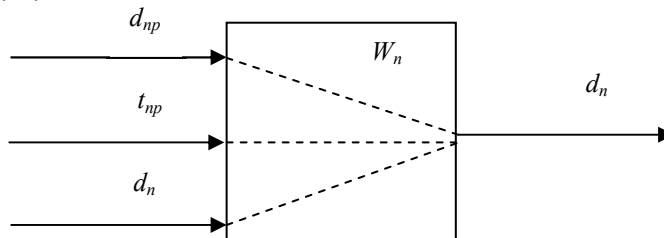


Рис. 2. Структурна схема теплообміну із вологим повітрям у приміщенні

Шляхом математичного перетворення системи (1) отримано:

$$(T_n \cdot p + 1,86 \cdot d + 1)t_{np} + (2500 + 1,86 \cdot t_n) \times (T_n \cdot p + 1)d_n =$$

$$= t_{np} + (2500 + 1,86 \cdot t_n)d_{np} + \frac{Q}{G};$$

$$\frac{T_n \cdot p + 1,86 \cdot d_n + 1}{T_n \cdot p + 1} \cdot t_n + (2500 + 1,86 \cdot t_n) \cdot d_n =$$

$$= \frac{t_{np}}{T_n \cdot p + 1} + \frac{(2500 + 1,86 \cdot t_n)d_{np}}{T_n \cdot p + 1} + \frac{\frac{Q}{G}}{T_n \cdot p + 1};$$

$$\frac{T_n \cdot p + 3,72 \cdot d_n + 1 - 1,86 \cdot d_{np}}{T_n \cdot p + 1} \cdot t_n + 2500 \cdot d_n =$$

$$= \frac{t_{np}}{T_n \cdot p + 1} + \frac{2500 \cdot t_{np}}{T_n \cdot p + 1} + \frac{\frac{Q}{G}}{T_n \cdot p + 1};$$

$$\frac{T_n \cdot p + 3,72 \cdot d_n - 1,86 \cdot d_{np} + 1}{T_n \cdot p + 1} \cdot t_n =$$

$$= \frac{t_{np}}{T_n \cdot p + 1} + \frac{2500 \cdot d_{np}}{T_n \cdot p + 1} + \frac{\frac{Q}{G}}{T_n \cdot p + 1} - 2500 \cdot d_n;$$

$$t_n = \frac{1}{T_n \cdot p + 3,72 \cdot d_n - 1,86 \cdot d_{np} + 1} \times$$

$$\times \left( t_{np} + 2500 \cdot d_{np} + \frac{Q}{G} - 2500 \cdot d_n \cdot T_n \cdot p - 2500 \cdot d_n \right).$$

Структурну схему моделі процесу теплообміну наведено на рис. 3.

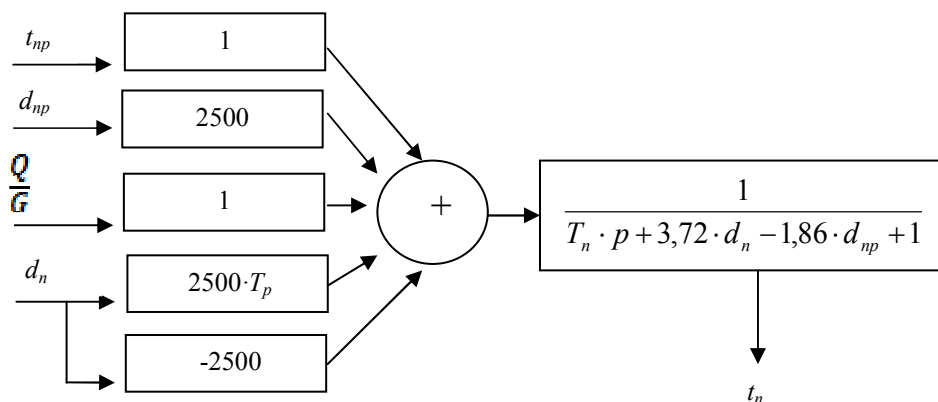


Рис. 3. Структурна схема процесу теплообміну

Схема (рис. 3) складається з паралельного з'єднання пропорційних та диферентуючого ланок які пов'язані паралельно із аперіодичною ланкою та змінними коефіцієнтами. Наявність саме такої ланки вносить не лінійність у систему рівнянь та накладає відповідні вимоги на методи чисельного інтегрування.

Для обчислення передаточної функції із змінними параметрами виконане наступне:

1) передаточна функція у загальному вигляді представлена як:

$$W(p) = \frac{\sum_i b_i \cdot p^i}{\sum_k b_k \cdot p^k}; \quad (4)$$

2) перетворення передаточної функції здійснюється як:

$$W(p) = \frac{1}{A(p)} \cdot \sum_{i=m}^0 \frac{b_i \cdot p^i}{a_n}; \quad (5)$$

3) рівняння (1) відносно  $G$  розв'язується як:

$$G(p) = \frac{1}{A(p)}; \quad (6)$$

значення похідних якого визначаються на основі обчислення правих частин наступної системи диференційних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_1}{d\tau} = x_2; \\ \dots \\ \frac{dx_{n-1}}{d\tau} = x_n \cdot \sum_{i=1}^n \frac{a_{n-i}}{a_n} \cdot x_n; \\ \frac{dx_n}{d\tau} = u - \end{array} \right. \quad (7)$$

де:  $u$  – вхідна змінна;

$x_i$  – перемінна стану;

4) значення вихідної перемінної визначено як:

$$y(\tau) = \sum_{i=0}^m x_{i+1}(\tau) \frac{b_i}{a_n}. \quad (8)$$

**Висновок.** Розроблена математична модель системи управління мікрокліматом приміщень екіпажу на морських судах дозволяє оптимізувати температурні параметри повітряної середовища та істотно спростити процес стабілізації теплового стану людини.

### Література

1. Голиков, В.А. Вывод и решение дифференциального уравнения температуры в замкнутом пространстве кондиционирования воздуха [Текст] /В.А. Голиков // Технология судостроения и сварочного производства: сб. науч. тр. – Николаев:УГМТУ. – 1996. – с. 101-105.