

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ ВИПАРНОГО  
ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ В АПАРАТІ З ПЛОЩИННО-ПАРАЛЕЛЬНОЮ  
НАСАДКОЮ**

*В. О. Грищенко, кандидат технічних наук, старший викладач*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: [vlgr@nubip.edu.ua](mailto:vlgr@nubip.edu.ua)*

**Анотація.** Численні дослідження з розрахунків та аналізу гідродинамічних і тепломасообмінних характеристик устаткування для зволоження повітря присвячені, як правило, визначенню параметрів різних типів установок для стаціонарних режимів роботи. Дослідники оцінювали вплив різних збурювальних факторів на параметри поверхні в плівкових течіях та процеси теплообміну повітряно-вологісного потоку, будували математичні моделі випарного охолодження води в зрошувальних установках з площинно-паралельними насадками, але вони описують стаціонарний процес тепло- і масообміну. Моделювання динаміки повітроохолоджувача з площинно-паралельною насадкою виконано тільки для температурних режимів: зміна температури води і повітря та вологісні характеристики процесу не розглядаються.

Специфіка об'єкта досліджень зумовлює аналітичний метод дослідження, що дозволяє використовувати лише узагальнену схему процесу без конкретизації конструктивних особливостей установки. Математичний опис побудовано на основі аналізу теплового і матеріального балансів та законів теплообміну Ньютона, масообміну Дальтона.

Розрахунково-технологічна схема повітроохолоджувача є набором прямокутних пластин, розміщених паралельно на відстані одна від одної. На верхній торцевій кромці пластин рівномірно подається вода, яка під дією гравітації рухається вздовж поверхні, вкриваючи її водяною плівкою, яка випаровується в повітряний потік між пластинами. Рух потоків води і повітря може бути прямотечійним, протитечійним або перехресним.

Вдосконалений математичний опис динаміки процесів тепло- і масообміну в установках тепловологісної обробки повітря в системах забезпечення мікроклімату виробничих приміщень можна використати для оптимізації режиму роботи і створення системи автоматичного керування.

**Ключові слова:** *зволоження повітря, випарне охолодження повітря, площинно-паралельна насадка*

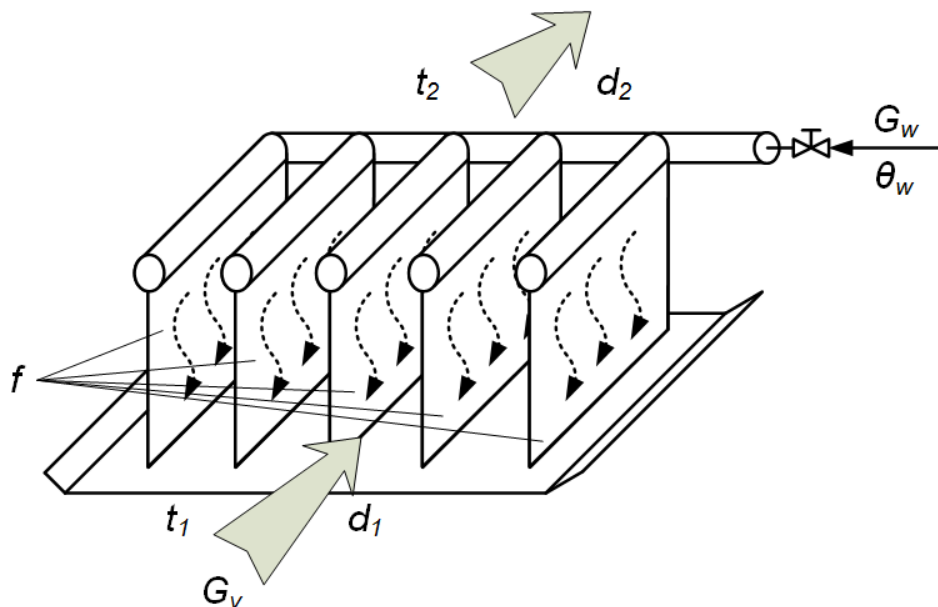
**Актуальність.** Тепловологісна обробка повітря є основною операцією в системах кондиціонування технологічного мікроклімату у виробничих спорудах (теплиці, пташники, тваринницькі приміщення). У періоди року, коли під дією сонячної радіації у виробничих приміщеннях при зовнішній температурі понад 24–26 °С можуть виникати неприпустимі температурні умови, необхідно використовувати установки випарного охолодження повітря. При централізованій схемі тепловологісної обробки зовнішнього повітря застосовують зрошувальні камери з механічним розпилюванням води або теплообмінні апарати із зрошувальною насадкою. Одними із найпростіших конструкцій зрошувальних установок є повітроохолоджувачі з площинно-паралельною насадкою, виконаною із гідрофільного матеріалу, поверхня якого вкрита стікаючою, під дією гравітації, плівкою води. Оскільки в таких установках оброблюється припливне, тобто зовнішнє повітря, параметри якого змінюються в часі протягом доби і більших (сезонних) періодів часу, то установка як об'єкт керування працює в нестационарному режимі. Тому значення динамічних характеристик дозволяє більш правильно вибрати спосіб керування і засоби автоматики, що його реалізує.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Численні дослідження з розрахунків та аналізу гідродинамічних і тепломасообмінних характеристик устаткування для зволоження повітря, узагальнені в роботах [1–3], присвячені, як правило, визначенню параметрів різних типів установок для стаціонарних режимів роботи. Вплив різних збурювальних факторів на параметри поверхні в плівкових течіях та процеси теплообміну повітряно-вологісного потоку з рідиною детально висвітлено в роботах [3, 5]. Математичне моделювання випарного охолодження води в зрошувальних установках з площинно-паралельними насадками розглянуті в роботах [6, 7]. Модель процесу випарного охолодження води повітрям в плівкових градирнях [6] описує стаціонарний процес тепло- і масообміну. Моделювання динаміки повітроохолоджувача з площинно-паралельною насадкою яке подано в роботі [7] виконано тільки для температурних режимів: зміна температури води і повітря, та вологісні характеристики процесу не розглядаються.

**Мета дослідження** – вдосконалення математичного опису динаміки процесів тепло- і масообміну в установках тепловологісної обробки повітря в системах забезпечення мікроклімату виробничих приміщень.

**Матеріали і методи дослідження.** Специфіка об'єкта досліджень зумовлює аналітичний метод дослідження, що дозволяє використовувати лише узагальнену схему процесу без конкретизації конструктивних особливостей установки. Математичний опис побудовано на основі аналізу теплового і матеріального балансів та законів теплообміну Ньютона, масообміну Дальтона.

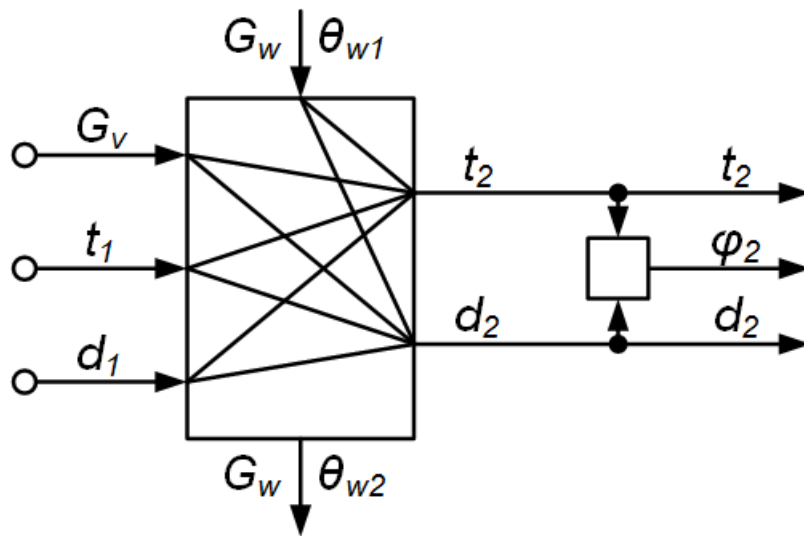
**Результати досліджень та їх обговорення.** Розрахунково-технологічна схема повітроохолоджувача (рис. 1) являє собою набір прямокутних пластин, розміщених паралельно на відстані одна від одної, на верхній торцевій кромці пластин рівномірно подається вода, яка під дією гравітації рухається вздовж поверхні укриваючи її водяною плівкою яка випаровується в повітряний потік між пластинами. Рух потоків води і повітря може бути протічійним, протитічійним або перехресним.



**Рис. 1. Розрахункова технологічна схема повітроохолоджувача**

При побудові математичної моделі нестационарного процесу тепло- і масообміну в зрошувальному повітроохолоджувачі у вигляді рівнянь, які зв'язують вхідні і вихідні параметри, прийнято такі припущення:

- теплофізичні властивості робочих середовищ у часі не змінні і дорівнюють середнім значенням параметрів входу і виходу;
- температура плівки в певному перетині дорівнює температурі зрошуваної води;
- коефіцієнти тепло- і масообміну в часі незмінні і дорівнюють середнім значенням за процес;
- швидкість потоків за координатою і в часі незмінні;
- теплота акумулюється в плівці води і повітря, теплоємність пластин на яких формується плівка води може бути віднесена до неї, або не враховуватись.



**Рис. 2. Структурнологічна схема повітроохолоджувача**

Математичну модель процесу тепловологісної обробки сформулюємо у вигляді рівнянь динаміки зміни температури води і повітря, а також його вологовмісту на виході установки, для чого запишемо такі рівняння теплового і матеріального балансу:

$$m_v c_p \frac{dt_2}{d\tau} = G_v c_p (t_1 - t_2) + G_w c_w (\theta_1 - \theta_2) + G_v r (d_1 - d_2), \quad (1)$$

$$m_w c_w \frac{d\theta_2}{d\tau} = \bar{G}_w c_w (\theta_1 - \theta_2) - \alpha f (\bar{\theta} - \bar{t}) - \beta f r (d''(\theta) - \bar{d}), \quad (2)$$

$$m_v \frac{dd_2}{d\tau} = G_v (d_1 - d_2) + \beta f (d''(\theta) - \bar{d}), \quad (3)$$

$$d''(\theta) = a\theta + b, \quad (4)$$

де  $\bar{t} = 0.5(t_1 + t_2)$ ;  $\bar{\theta}_w = 0.5(\theta_1 + \theta_2)$ ;  $\bar{G}_w = 0.5(G_{w1} + G_{w2})$ ;  $t_1, \theta_1, d_1$  і  $t_2, \theta_2, d_2$  – температура повітря, води і вологовміст повітря на вході і виході установки, °С, г/кг<sub>с.р.</sub>;  $m_v, m_w$  – маса повітря і води в об'ємі установки, кг;  $G_v, G_w$  – масові витрати повітря і води, кг/с;  $c_v, c_w$  – питома теплоємність повітря і води, Дж/(кг·°С);  $r$  – теплота пароутворення, Дж/кг;  $f$  – поверхня зрошення, м<sup>2</sup>;  $\alpha, \beta$  – коефіцієнти теплообміну і масообміну, відповідно Вт/(м<sup>2</sup>·°С), м/с;  $d''(\theta)$  – вологовміст повітря в стані насичення при температурі води, г/кг<sub>с.р.</sub>;  $a, b$  – коефіцієнти лінійної апроксимації залежності (4).

Рівняння (1–4) описують нестационарний процес зміни параметрів повітря і води на виході установки і при змінних (регульованих) параметрах на вході ( $G_v, G_w$ ) матимуть нелінійний характер, так як містять добутки ( $t_2 G_v, \theta_2 G_w, d_2 G_v$ ).

Сталими параметрами є маса повітря, води і поверхня тепло- і масообміну. Змінні параметри потоків запишемо у вигляді суми базової величини (величина, що розраховується для стаціонарного процесу) і її прирощення:  $t_1 = t_{10} + \Delta t_1$ ;  $t_2 = t_{20} + \Delta t_2$ ;  $\theta_1 = \theta_{10} + \Delta \theta_1$ ;  $\theta_2 = \theta_{20} + \Delta \theta_2$ ;  $d_1 = d_{10} + \Delta d_1$ ;  $d_2 = d_{20} + \Delta d_2$ ;  $G_v = G_{v0} + \Delta G_v$ ;  $G_w = G_{w0} + \Delta G_w$ . Отримаємо рівняння статки із системи рівнянь (1–3) прирівнюючи похідні до нуля.

Підставляючи отримані значення параметрів в рівняння (1–3), після множення, нехтуючи складовими другого ступеню малосності, віднімання рівнянь статки (для скорочення запису не наводиться) і застосовуючи перетворення Лапласа (при нульових початкових умовах) отримаємо систему рівнянь в операторній формі:

$$(T_1 p + 1) \Delta t_2(p) = k_1 \Delta t_1(p) + k_2 \Delta d_1(p) + k_3 \Delta \theta_1(p) + k_4 \Delta G_w(p) + k_5 \Delta G_v(p); \quad (5)$$

$$(T_2 p + 1) \Delta d_2(p) = k_6 \Delta d_1(p) + k_7 \Delta \theta_1(p) + k_8 \Delta \theta_2(p) + k_9 \Delta G_v(p); \quad (6)$$

$$(T_3 p + 1) \Delta \theta_2(p) = k_{10} \Delta \theta_1(p) + k_{11} \Delta t_1(p) + k_{12} \Delta t_2(p) + k_{13} \Delta d_1(p) + k_{14} \Delta d_2(p) + k_{15} \Delta G_w(p). \quad (7)$$

У рівняннях (5–7) позначено:  $T_1 = \frac{m_v}{G_{v0}}$ ;  $k_1 = 1$ ;  $k_2 = \frac{r}{c_v}$ ;  $k_3 = \frac{G_{w0} c_w}{G_{v0} c_v}$ ;

$$k_4 = \frac{G_w (\theta_{10} - \theta_{20}) c_w}{G_{v0} c_v}; \quad k_5 = \frac{c_v (t_{10} - t_{20}) + r (d_{10} - d_{20})}{G_{v0} c_v}; \quad T_2 = \frac{m_v}{k_{02}}; \quad k_{02} = G_{v0} + 0.5 a \beta f;$$

$$k_6 = \frac{G_{v0} - 0.5 a \beta f}{k_{02}}; \quad k_7 = k_8 = \frac{0.5 a \beta f}{k_{02}}; \quad k_9 = \frac{d_{10} - d_{20}}{k_{02}}; \quad T_3 = \frac{m_w c_w}{k_{03}};$$

$$k_{03} = G_{w0} c_w + 0.5 f (\alpha + a \beta); \quad k_{10} = \frac{G_{w0} c_w - 0.5 f (\alpha + a \beta)}{k_{03}}; \quad k_{11} = k_{12} = \frac{0.5 \alpha f}{k_{03}};$$

$$k_{13} = k_{14} = \frac{0.5 \beta f}{k_{03}}.$$

З рівнянь (5–7) отримаємо передатні функції окремих ланок, розділивши значення вихідних параметрів  $\Delta t_2(p), \Delta d_2(p), \Delta \theta_2(p)$  на значення відповідних вхідних параметрів, які є керуючими  $\Delta G_v(p), \Delta G_w(p)$ , і збурювальними  $\Delta t_1(p), \Delta d_1(p), \Delta \theta_1(p)$  (некерованими):

$$W_1(p) = \frac{\Delta t_2(p)}{\Delta t_1(p)} = \frac{k_1}{T_1 p + 1}; \quad W_2(p) = \frac{\Delta d_2(p)}{\Delta d_1(p)} = \frac{k_2}{T_1 p + 1}; \quad W_3(p) = \frac{\Delta \theta_2(p)}{\Delta \theta_1(p)} = \frac{k_3}{T_1 p + 1};$$

$$W_4(p) = \frac{\Delta t_2(p)}{\Delta G_w(p)} = \frac{k_4}{T_1 p + 1}; \quad W_5(p) = \frac{\Delta d_2(p)}{\Delta G_v(p)} = \frac{k_5}{T_1 p + 1}; \quad W_6(p) = \frac{\Delta \theta_2(p)}{\Delta d_1(p)} = \frac{k_6}{T_2 p + 1};$$

$$W_7(p) = \frac{\Delta d_2(p)}{\Delta \theta_1(p)} = \frac{k_7}{T_2 p + 1}; \quad W_8(p) = \frac{\Delta d_2(p)}{\Delta \theta_2(p)} = \frac{k_8}{T_2 p + 1}; \quad W_9(p) = \frac{\Delta d_2(p)}{\Delta G_v(p)} = \frac{k_9}{T_2 p + 1};$$

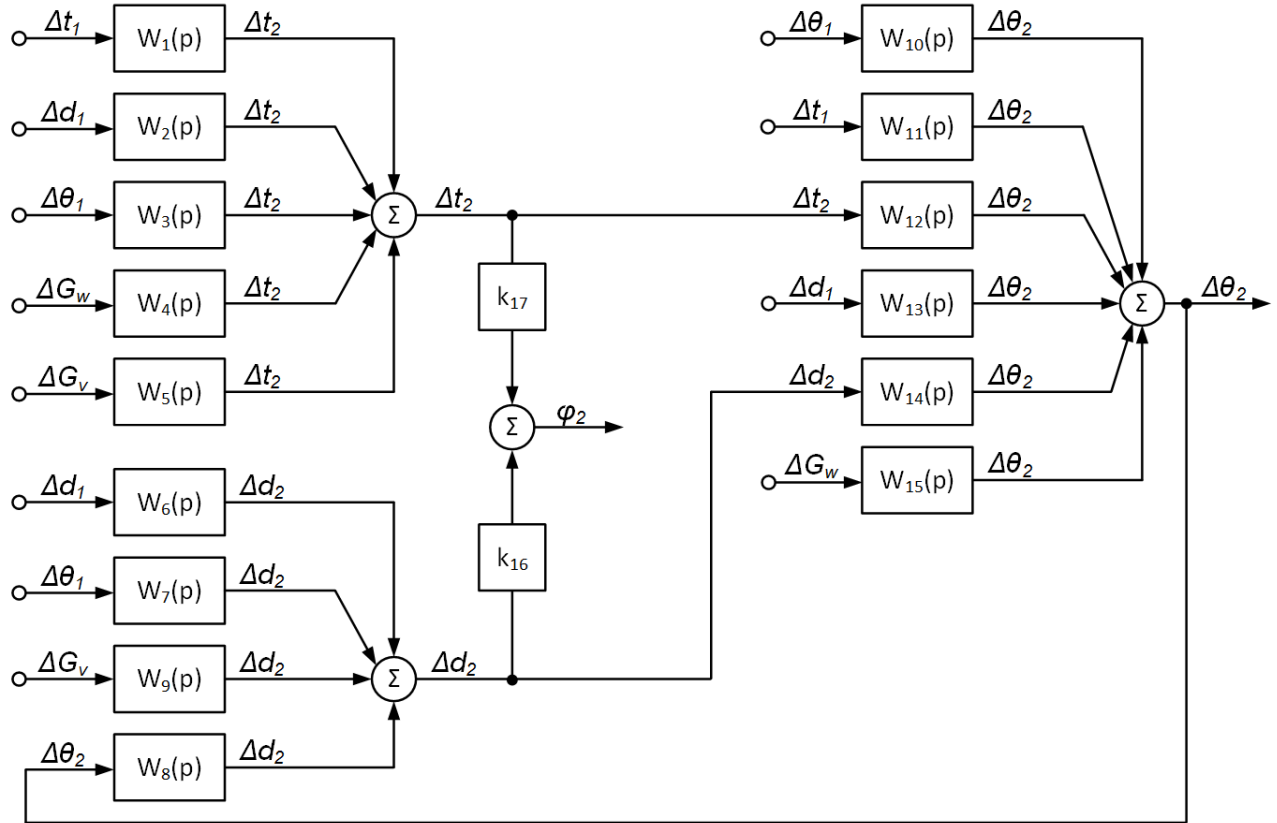
$$W_{10}(p) = \frac{\Delta \theta_2(p)}{\Delta \theta_1(p)} = \frac{k_{10}}{T_3 p + 1}; \quad W_{11}(p) = \frac{\Delta \theta_2(p)}{\Delta t_1(p)} = \frac{k_{11}}{T_3 p + 1}; \quad W_{12}(p) = \frac{\Delta \theta_2(p)}{\Delta t_2(p)} = \frac{k_{12}}{T_3 p + 1};$$

$$W_{13}(p) = \frac{\Delta \theta_2(p)}{\Delta d_1(p)} = \frac{k_{13}}{T_3 p + 1}; \quad W_{14}(p) = \frac{\Delta \theta_2(p)}{\Delta d_2(p)} = \frac{k_{14}}{T_3 p + 1}; \quad W_{15}(p) = \frac{\Delta \theta_2(p)}{\Delta G_w(p)} = \frac{k_{15}}{T_3 p + 1}.$$

На основі рівнянь (5–7) і отриманих передатних функцій окремих елементів складемо структурну схему нестационарних процесів тепло- і масообміну у випарному повітроохолоджувачі (рис. 3).

Зміна відносної вологості визначається лінеаризованою функцією  $\varphi_2(t_2, d_2)$ :

$$\varphi_2(p) = k_{16}\Delta d_2(p) + k_{17}\Delta t_2(p). \quad (8)$$

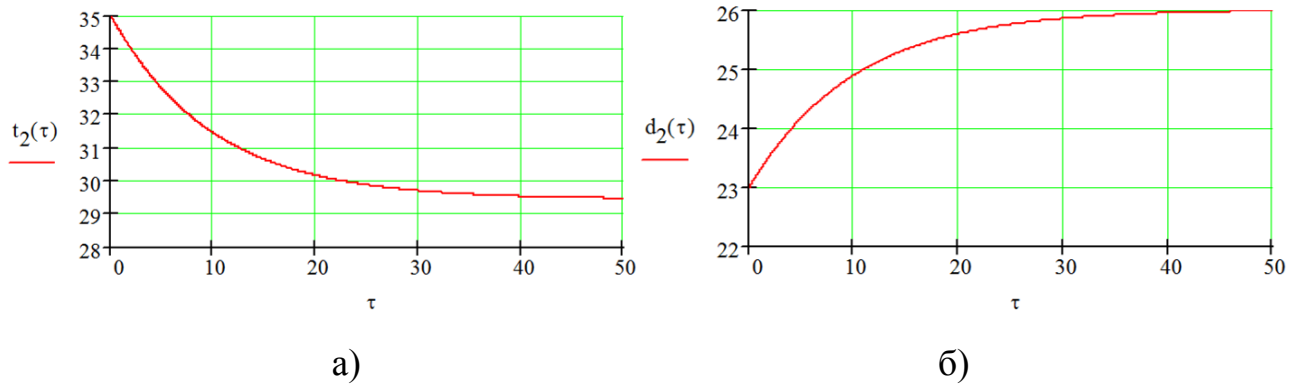


**Рис. 3. Структурна схема нестационарного процесу тепло- і масообміну в повітроохолоджувачі зі зрошуємою площинно-паралельною насадкою**

Для аналізу перехідного режиму установки при ступінчастому збуренні може бути використана система рівнянь (1–4) при початкових умовах:  $\tau = 0$ ;  $t_2 = t_{20} = t_1$ ;

$\theta_2 = \theta_{20} = \theta_1$ ;  $d_2 = d_{20} = d_1$ ;  $\frac{dt_2}{d\tau} = \frac{dd_2}{d\tau} = \frac{d\theta_2}{d\tau} = 0$ . Розв'язок системи рівнянь (1–4) в

середовищі MathCAD наведено на рис. 4.



**Рис. 4. Змінення в часі температури (а) та вологовмісту (б) повітря на виході з повітроохолоджувача**

**Висновки і перспективи.** Сформульовані математичні моделі повітроохолоджувача із зрошувальною насадкою, які описують нестационарні режими роботи установки, можуть бути використані для оптимізації режиму роботи і створення системи автоматичного керування.

### Список літератури

1. Котов Б. І., Грищенко В. О., Неделку І. Г. Інтенсифікація випаровування води з відкритої поверхні при використанні електростатичного поля. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв». 2007. Вип. 58. С. 95–102.
2. Котов Б. І., Грищенко В. О. Моделювання динамічних режимів роботи системи зволоження повітря і автоматизація керування ними. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. «Механізація сільськогосподарського виробництва». 2011. Вип. 107, № 1. С. 101–108.
3. Котов Б. І., Грищенко В. О. Математичні моделі динаміки електричних зволожувачів повітря. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2013. Вип. 43, № 1. С. 71–76.
4. Котов Б. І., Панцир Ю. І., Герасимчук І. Д., Грищенко В. О. Динаміка розпилювання і випаровування води в електричному полі при зволоженні повітря. Енергетика і автоматика. 2018. Вип. 2. С. 145–158.
5. Грищенко В. О. Математичні моделі випаровування крапель в процесі руху в повітряному об'ємі приміщень. Енергетика і автоматика. 2018. Вип. 5. С. 91–101.
6. Grishchenko V. Mathematical Model of Evaporation Drops in Process of Moving the Air Volume Premises. ТЕКА. 2019. Вип. 19, № 1.
7. Изельт П., Арндт У., Вильке М. Увлажнение воздуха. Системы и применение. Ред. Резников Г. В. ; Пер. Казанцева Л. Н. Москва: Техносфера : Евроклимат, 2007. 212 с.



8. Липа А. И. Кондиционирование воздуха. Основы теории. Современные технологии обработки воздуха. Одесса: ОГЦНТЭИ, 2002. 225 с.
9. Боровиков В. С., Майрановский Ф. Г. Аэрогидродинамика систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Москва: Стройиздат, 1978. 116 с.
10. Прыгунов Ю. М., Новак В. А., Серый Г. П. Микроклимат животноводческих и птицеводческих зданий. Расчет и проектирование. Киев: Будівельник, 1986. 80 с.
11. Гимбутис Г. Теплообмен при гравитационном течении плёнки жидкости. Вильнюс: Мокслас, 1988. 233 с.
12. Петручик А. И., Фисенко С. П. Математическое моделирование испарительного охлаждения пленок воды в градирне. Инженерно-физический журнал. 1999. Вип. 72, № 1. С. 43–49.
13. Чумак И. Г., Коханский А. И., Роговая С. Н. Исследование динамики воздухоохладителя с плоскопараллельной насадкой. Известия ВУЗов. Энергетика. 1973. Вип. 5. С. 80–86.

### **References**

1. Kotov, B. I., Hryshchenko, V. O., Niedielku, I. H. (2007) Intensyfikatsiia vyparovuvannia vody z vidkrytoi poverkhni pry vykorystanni elektrostatychnoho polia [Intensification of evaporation of water from the open surface using an electrostatic field]. Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after. Petr Vasilenko. "Modern areas of technology and mechanization of processes of processing and food industries", 58, 95–102.
2. Kotov, B. I., Hryshchenko, V. O. (2011) Modeliuvannia dynamichnykh rezhymiv roboty systemy zvolozhennia povitria i avtomatyzatsiia keruvannia nymy [Simulation of dynamic modes of the system of air humidification and automation of their management]. Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after. Petr Vasilenko. "Mechanization of agricultural production", 107(1), 101–108.
3. Kotov, B., Hryshchenko, V. (2013). Matematychni modeli dynamiky elektrychnykh zvolozhuvachiv povitria [Mathematical models of dynamics of electric air humidifiers]. Design, Manufacture and Operation of Agricultural Machines, 43(1), 71–76.
4. Kotov, B. I., Pantsyr, Yu. I., Herasymchuk, I. D., Hryshchenko, V. O. (2018). Dynamika rozpyliuvannia i vyparovuvannia vody v elektrychnomu poli pry zvolozhuvani povitria [The dynamics of spraying and evaporation of water in an electric field under humidified air]. Power engineering and automation, 2, 145–158.
5. Hryshchenko, V. O. (2018). Matematychni modeli vyparovuvannia krapel v protsesi rukhu v povitrianomu ob'emi prymishchen [Mathematical models of evaporation of droplets in the process of movement in the air volume of premises]. Enerhetyka i avtomatyka, 5, 91–101.
6. Grishchenko, V. (2019). Mathematical Model of Evaporation Drops in Process of Moving the Air Volume Premises. ТЕКА, 19 (1).

7. Izel't, P., Arndt, U., Vil'ke, M. (2007). Uvlazhnenie vozdukha. Sistemy i primeneniye [Air humidification. Systems and application]. Moscow: The Technosphere: Euroclimate, 212.
8. Lipa, A. I. (2002) Konditsionirovaniye vozdukha. Osnovy teorii. Sovremennyye tekhnologii obrabotki vozdukha [Air conditioning. Fundamentals of the theory. Modern air treatment technology]. Odessa: OGTSNTEI, 225.
9. Borovikov, B. C., Mayranovskiy, F. G. (1978). Aerogidrodinamika sistem ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha [Aerohydrodynamics of ventilation and air conditioning systems]. Moscow: Stroyizdat, 116.
10. Prygunov, Yu. M., Novak, V. A., Seryy, G. P. (1986). Mikroklimat zhivotnovodcheskikh i ptitsevodcheskikh zdaniy. Raschet i proektirovaniye [Microclimate of livestock and poultry buildings. Calculation and design]. Kyiv: Budivelnik, 80.
11. Gimbutis, G. (1988) Teploobmen pri gravitatsionnom techenii plenki zhidkosti [Heat transfer during the gravitational flow of a film of a liquid]. Vilnius: Moxlas, 233.
12. Petruchik, A. I., Fisenko, S. P. (1999). Matematicheskoe modelirovaniye isparitel'nogo okhlazhdeniya plenok vody v gradirne [Mathematical modeling of evaporative cooling of water films in a cooling tower]. Engineering Physics Journal, 72(1), 43–49.
13. Chumak, I. G., Kokhanskiy, A. I., Rogovaya, S. N. (1973). Issledovaniye dinamiki vozdukhookhladitelya s ploskoparallel'noy nasadkoy [Investigation of the dynamics of the air cooler with a plane-parallel nozzle]. News of universities. Energy, 5, 80–86.

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА В АППАРАТЕ С ПЛОСКОСТНО- ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ НАСАДКОЙ**

***В. А. Грищенко***

**Аннотация.** Многочисленные исследования по расчетам и анализу гидродинамических и теплообменных характеристик оборудования для увлажнения воздуха посвящены, как правило, определению параметров различных типов установок для стационарных режимов работы. Исследователи оценивали влияние различных возмущающих факторов на параметры поверхности в пленочных течениях и процессы теплообмена воздушно-влажностного потока, строили математические модели испарительного охлаждения воды в оросительных установках с плоскостно-параллельными насадками, но они описывают стационарный процесс тепло- и массообмена. Моделирование динамики воздухоохладителя с плоскостно-параллельной насадкой выполнено только для температурных режимов: изменение температуры воды и воздуха и влажностные характеристики процесса не рассматриваются.

Специфика объекта исследований обуславливает аналитический метод исследования, позволяющий использовать только обобщенную схему процесса без конкретизации конструктивных особенностей установки. Математическое

*описание построено на основе анализа теплового и материального балансов и законов теплообмена Ньютона, массообмена Дальтона.*

*Расчетно-технологическая схема воздухоохладителя представляет собой набор прямоугольных пластин, расположенных параллельно на расстоянии друг от друга. На верхней торцевой кромке пластин равномерно подается вода, которая под действием гравитации движется вдоль поверхности, покрывая ее водяной пленкой, которая испаряется в воздушный поток между пластинами. Движение потоков воды и воздуха может быть прямоточным, противоточным или перекрестным.*

*Усовершенствованное математическое описание динамики процессов тепло- и массообмена в установках тепловлажностной обработки воздуха в системах обеспечения микроклимата производственных помещений можно использовать для оптимизации режима работы и создание системы автоматического управления.*

**Ключевые слова:** *увлажнение воздуха, испарительное охлаждение воздуха, плоскоотно-параллельная насадка*

## **A MATHEMATICAL MODEL OF THE DYNAMICS OF EVAPORATIVE COOLING AIR IN THE DEVICE WITH PLANE-PARALLEL NOZZLES**

**V. O. Hryshchenko**

**Abstract.** *Numerous studies are devoted to the calculations and analysis of hydrodynamic and heat exchange characteristics of equipment for air humidification, as a rule, to determining the parameters of various types of installations for stationary modes of operation. The researchers evaluated the influence of various disturbing factors on the surface parameters in film flows and the heat exchange processes of the air-humidity flow, built mathematical models of evaporative cooling of water in irrigation plants with plane-parallel nozzles, but they describe the stationary process of heat and mass transfer. The simulation of the dynamics of the air cooler with a plane-parallel nozzle was performed only for temperature regimes: the change in temperature of water and air, and the humidity characteristics of the process are not considered.*

*The specificity of the research object provides an analytical research method that allows using only a generalized scheme of the process without specifying the design features of the installation. The mathematical description is based on the analysis of heat and material balances and the laws of heat transfer of Newton, Dalton mass transfer.*

*The computational-technological scheme of the air cooler is a set of rectangular plates placed parallel to each other, water is evenly supplied on the upper end edge of the plates, which under the action of gravity moves along the surface, covering it with a water film that evaporates into the air flow between the plates. The flow of water and air can be direct-flow, countercurrent or cross-flow.*

*An improved mathematical description of the dynamics of heat and mass transfer processes in installations of heat and humidity air treatment in the microclimate maintenance systems of industrial premises can be used to optimize the operation mode and create an automatic control system.*

**Key words:** *air humidification, evaporative air cooling, plane-parallel nozzle*