

2. Климась Р. Визначення ймовірності виникнення пожеж у будівлях і спорудах різного призначення / Р. Климась, Д. Матвійчук // Надзвичайна ситуація : зб. наук. праць. – 2011. – № 11 (168). – С. 44-45.

3. ДСТУ EN 54-14:2005. Системи пожежної сигналізації. Вимоги по проектуванню, монтажу, налагоді, експлуатації і технічному обслуговуванню. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.budinfo.org.ua/doc/1811902.jsp>

4. ДБН В.2.5-20-2001. Газоснабження. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.dwg.ru/dnl/8144>

5. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. [Электронный ресурс]. – Доступный з <http://www.elec.ru/library/direction/pue.html>

6. Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Диллон, Ч. Сингх. – М.: Изд-во "Мир", 1984. – 318 с.

7. ГОСТ 1284.2-89. Ремни приводные клиновые нормальных сечений. Технические условия. [Электронный ресурс]. – Доступный з <http://www.vsegost.com/Catalog/28/28539.shtml>

8. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении / Ю.А. Кошмаров. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.

9. Гуліда Е.М. Прогнозування величини оптичної густини диму при пожежі в приміщенні / Е.М. Гуліда // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів : Вид-во ЛДУ БЖД. – 2011. – № 18. – С. 65-70.

10. Холщевников В.В. Моделирование людских потоков / В.В. Холщевников // Моделирование пожаров и взрывов. – М.: Изд-во "Пожнаука", 2000. – С. 139-169.

**Гуліда Е.М., Мовчан І.А. Оцінка пожежного ризику для спорудного виробничого призначення**

На основі аналізу основних положень теорії надійності отримані залежності для визначення кількісної величини потенціального, індивідуального і соціального пожежних ризиків для спорудного виробничого призначення. Отримані залежності дозволяють прогнозувати значення пожежних ризиків для реалізації пожежної безпеки об'єкта захисту і її наслідків для людей і матеріальних цінностей, які є дуже важливими для попередження можливості виникнення пожежі.

**Ключевые слова:** пожежний ризик, пожежа, частота появи пожежі, інтенсивність отказов.

**Hulida Ye.M., Movchan I.O. Estimation of fire risk for building of productive setting**

On the basis of analysis of substantive provisions of theory of reliability there were the got dependences for determination of quantitative size potential, individual and social fire risks for building of the productive setting. The got dependences allow to forecast the value of fire risks for realization of fire safety of object of defence and her consequences for people and material values that are very important for warning of possibility of origin of fire.

**Keywords:** fire risk, fire, frequency of appearance of fire, intensity of refusals.

УДК 674.047.3

Проф. І.М. Озарків, д-р техн. наук;

аспір. В.С. Козар; доц. Н.Д. Довга, канд. фіз.-мат. наук;

доц. М.С. Кобринович, канд. фіз.-мат. наук – НЛТУ України, м. Львів

**ХАРАКТЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ СУШІННЯ НА КОЕФІЦІЄНТ ТЕПЛООБМІНУ**

Розглянуто особливості впливу коефіцієнта тепловіддачі на інтенсивність процесу сушіння за конвективного способу підведення теплоти до об'єкта сушіння. Наведено залежності та формули для визначення коефіцієнта теплообміну. Досліджено взаємозв'язки між критеріями подібності, що відображають процеси тепломасоперенесення.

Відомо [1], що на інтенсивність процесу сушіння деревини істотно впливають в одних випадках зовнішні умови передачі теплоти від генератора теплової енергії, а в інших – внутрішні умови, тобто умови перенесення теплоти і маси (вологи) в середині матеріалу. Тому кількісні характеристики явищ тепло- і вологообміну між об'єктом та агентом сушіння описують коефіцієнтами тепло- і вологообміну.

У реальних деревних сортиментах (дошках, чорнових меблевих заготовках, паркетному фризу тощо) перенесення теплоти та маси здійснюється у трьох структурних напрямках (по довжині, в радіальному і тангентальному напрямках). З огляду на те, що в більшості випадків відношення ширини до товщини матеріалу, який висушується, більше трьох, то за характерний розмір приймають половину товщини, тобто  $R=S_1/2$ , де  $S_1$  – товщина матеріалу. Під час сушіння обрізних пиломатеріалів унаслідок формування штабелів без шпаций надалі за умови використання сушильних камер із поперечною примусовою циркуляцією нагрітого повітря за визначений розмір приймають кожний горизонтальний ряд штабеля і розглядають його як необмежену пластину. У цьому випадку неточність у визначенні характерного розміру ляже частково на коефіцієнт теплообміну (останній визначається експериментально). Під час дослідження процесів сушіння багатомірних тіл, коли  $S_2/S_1 < 3,0$  визначення коефіцієнтів можна представляти як добуток розв'язків для необмежених (безмежно довгих) одновимірних тіл, кожне з яких буде мати характерний розмір, що відповідає розміру багатомірного тіла в певному напрямку. Проте розв'язання таких диференціальних рівнянь навіть сучасними методами математики є трудомісткими, а в окремих випадках – і неможливими. Тому визначення коефіцієнта теплообміну здійснюють для одномірного тіла.

Для будь-якого періоду, наприклад конвективного способу сушіння, формула розрахунку коефіцієнта теплообміну матиме вигляд:

$$\alpha_{конв} = \frac{dw/d\tau \cdot \rho_{\delta} \cdot R(r + C_M \cdot dt/dw \cdot 100)}{100 \cdot (t_c - t_{п.м})} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}), \quad (1)$$

де:  $dw/d\tau$  – швидкість сушіння у будь-якому періоді, %/с;  $\rho_{\delta}$  – базова густина,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $R$  – визначальний (характерний) розмір об'єкта сушіння, м;  $r$  – питома теплота пароутворення ( $r \approx 2500 - 2,38 \cdot t_m$  кДж/кг або  $r \approx 2490 - 0,001 \cdot t_m$  кДж/кг);  $C_M$  – питома теплоємність деревини,  $C_M = f(t_m, W)$ , кДж/(кг·°C);  $t_c, t_{п.м}$  – відповідно температури сухого термометра і поверхні матеріалу ( $t_{п.м} \approx t_m, t_m$  – температура мокрого термометра, °C).

У періоді зниження швидкості змінюються як температура поверхні матеріалу  $t_{п.м}$ , так і швидкість сушіння  $dw/d\tau$  і швидкість нагрівання матеріалу  $dt/dw$ . Це означає, що коефіцієнт конвективного теплообміну також змінюється. Для періоду постійної швидкості сушіння ( $N=dw/d\tau \approx \text{const}$ ), коли з поверхні матеріалу випаровується вільна вода і температура поверхні практично є сталою величиною ( $dt/d\tau \rightarrow 0$ ), то вираз (1) спрощується і набуває вигляду:

$$\alpha_k = \frac{\rho_{\delta} \cdot R \cdot r \cdot dW/d\tau}{100(t_c - t_{п.м})} \quad (2)$$

З аналізу наших досліджень [1, 2], як і з досліджень інших вчених [3-6], видно, що характер зміни коефіцієнта конвективного теплообміну, ускладненого масообміном, залежно від вологості матеріалу, є аналогічним до закономірностей швидкості сушіння. Це означає, що якщо криві швидкості сушіння мають період постійної швидкості сушіння, то криві залежності  $\alpha_K = f(W)$  також будуть мати період постійного значення коефіцієнта теплообміну, тобто  $\alpha_{конв} = \text{const}$ . І навпаки, коли періоду постійної швидкості немає, то і ділянки сталого коефіцієнта теплообміну також немає.

Під час узагальнення дослідних даних за середнім для всієї поверхні об'єкта сушіння значенням у процесі обезводнення деревини вчені отримали різні критеріальні рівняння [3-8]. Зокрема, в роботах [3, 5, 8] вплив інтенсивності масообміну на коефіцієнт конвективного теплообміну під час сушіння різних матеріалів враховано з допомогою критерію Гухмана

$$\left( Gu = \frac{T_c - T_m}{T_c} \right) \quad (3)$$

і запропоновано залежність у вигляді критерію Нусельта, тобто

$$Nu = A \cdot Re^a \cdot Gu^c, \quad (4)$$

де:  $A, a, c$  – певні числа, що залежать від природи об'єкта сушіння, режимних параметрів та умов руху агента сушіння.

Варто підкреслити, що для умов конвективного сушіння матеріалів критерій Гухмана має велике значення, тому що він враховує відносний потенціал сушіння.

Вплив критерію Гухмана на коефіцієнт теплообміну показує, що при значеннях  $T_c$  близьких до  $T_m$  (початок процесу нагрівання деревини або процесу сушіння), коефіцієнт теплообміну під час сушіння дорівнює коефіцієнту теплообміну, не ускладненого вологообміном, тобто  $\alpha_{конв} \approx \alpha_c$ . Останнє вказує на те, що значення коефіцієнта теплообміну конвективного сушіння можна визначити за формулами М.О. Михеєва [6] для коефіцієнта чистого сушіння  $\alpha_c$ , неускладненого вологообміном, тобто

$$Re < 10^5 \quad \alpha_c = 0,660 \cdot Re^{-0,50} / L; \quad (5)$$

$$Re > 10^5 \quad \alpha_c = 0,032 \cdot Re^{-0,80} \cdot \lambda_c / L, \quad (6)$$

де:  $L$  – визначальний розмір, тобто довжина матеріалу в напрямку руху агента сушіння (розмір впоперек волокон одного горизонтального ряду дощок), м;  $\lambda_c$  – коефіцієнт теплопровідності агента сушіння, Вт/(м·град).

За сталого потенціалу процесу сушіння ( $\Delta t = t_c - t_m$ ) із збільшенням температури  $t_c$  критерій Гухмана зменшується, а коефіцієнт теплообміну зростає. З аналізу наших досліджень, як і з досліджень інших вчених, видно, що підвищення температури сухого термометра ( $t_c$ ) і швидкості агента сушіння ( $v_u$ ), а також зменшення температури мокрого термометра ( $t_m$ ), викличе підвищення коефіцієнта теплообміну в періоді постійної швидкості сушіння. У періоді заповільнювальної швидкості сушіння коефіцієнт теплообміну зменшується за мірою кількісного вмісту вологи.

Отже, критерій Гухмана встановлює чітку залежність від нього критерію Нусельта в першому періоді сушіння. Адже цей критерій визначає збільшення коефіцієнта теплообміну внаслідок турбулізації повітряного потоку (агента сушіння) парою випаровуваної вологи з поверхні об'єкта сушіння.

Швидкість сушіння у першому періоді комбінованого (конвективно-радіаційного) сушіння будемо визначати за формулою

$$N = \frac{dw}{d\tau} = \left[ Nu \cdot \frac{\lambda_c}{l} \cdot (t_c - t_{н.м}) + q_{вип} \right] \cdot \frac{100}{\rho_0 \cdot r \cdot R} \% / c. \quad (7)$$

Значення критерію Нусельта для конвективного способу сушіння визначимо

$$Nu = 0,0641 \cdot Re^{0,80} \cdot \left( \frac{T_c}{T_m} \right)^2 \cdot Pr^{1/3} \cdot \left( 1 - \frac{1}{Re_{нов}} \cdot \frac{b_{ум}}{S_1} \right)^4, \quad (8)$$

де:  $Re_{нов} \left( Re_{нов} = \frac{v_u \cdot b_{ум}}{v_c} \right)$  – критерій Рейнольдса на поверхні ряду дощок штабеля;  $S_1$  – товщина пиломатеріалів, м.

Враховуючи те, що в разі сушіння різних колоїдних капілярно-пористих матеріалів площа поверхні випаровування вологи не дорівнює площі геометричної поверхні, адже випаровування вологи відбувається не тільки на самій поверхні, але й на певній глибині матеріалу, то використання методів та закономірностей, що базуються на теорії подібності для відкритої поверхні, є не цілком правомірним та виправданим.

### Література

1. Озарків І.М. Використання сонячної енергії у промисловості : навч. посібн. / І.М. Озарків, Й.С. Мисак, З.П. Копинець / за ред. д-ра техн. наук І.М. Озарківа. – Львів : НВФ "Українські технології", 2008. – 276 с.
2. Озарків І.М. Застосування сонячної енергії у житловому господарстві та лісовому комплексі: Наукове видання / І.М. Озарків, Й.С. Мисак, Г.Т. Криницький, В.М. Максимів, І.А. Соколовський, Л.І. Копій, О.І. Озарків, В.С. Козар. – Львів : НВФ "Українські технології", 2012. – 338 с.
3. Лыков А.В. Теплообмен: Справочник. – М. : Изд-во "Энергия", 1970. – 480 с.
4. Чудинов Б.С. Теория тепловой обработки древесины / Б.С. Чудинов. – М. : Изд-во "Наука", 1968. – 256 с.
5. Шубин Г.С. Физические основы и расчет процессов сушки древесины / Г.С. Шубин. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1973. – 248 с.
6. Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – М. : Изд-во "Энергия", 1977. – 344 с.
7. Кришер О. Научные основы техники сушки / О. Кришер. – М. : Изд-во "Иностранная лит-ра", 1961. – 539 с.
8. Лебедев П.Д. Сушка инфракрасными лучами / П.Д. Лебедев. – М.-Л. : Госэнергиздат, 1955. – 232 с.

### Озаркив И.М., Козар В.С., Довга Н.Д., Кобринович М.С. Характерные особенности влияния режимных параметров сушки на коэффициент теплообмена

Раскрыты особенности влияния коэффициента теплоотдачи на интенсивность процесса сушки при конвективном способе подвода теплоты к объекту сушки. Приведены зависимости и формулы для определения коэффициента теплообмена. Показаны взаимосвязи между критериями подобия, отражающие процессы теплообмена.

**Ozarkiv I.M., Kozar V.S., Dovga N.D., Kobrinovich M.S. Characteristic features of regime parameters for drying impact on heat exchange coefficient**

Discovered the features of the influence coefficient of heat transfer on the drying process intensity in convective mode of heat supply to the drying facility. Pointed dependences and formulas to determine the coefficient of heat exchange. Showed the relationship between similarity criteria which display heat-mass transfer.

УДК 004.942

Проф. В.М. Теслюк<sup>1</sup>, д-р техн. наук; студ. Т.В. Теслюк<sup>1</sup>; доц. А.С. Ляндра<sup>2</sup>, канд. техн. наук

**МОДЕЛЬ ПІДСИСТЕМИ КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ ДЛЯ АНАЛІЗУ РОБОТИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО БУДИНКУ**

Розроблено модель підсистеми клімат-контролю інтелектуального будинку на основі кольорових мереж Петрі та наведено результати дослідження цієї підсистеми на основі побудованого графу досяжності станів. Побудована модель дасть змогу підвищити ефективність автоматизованого проектування інтелектуальних будинків.

**Ключові слова:** модель, підсистема клімат-контролю, мережі Петрі.

**Вступ.** Зі стрімким ростом населення землі та урбанізацією, дедалі нагальніше постають проблеми у містах з ресурсами, простором і екологією. Експерти прогнозують, що до 2050 р. чисельність міських жителів зросте удвічі. Зростуть також і масштаби проблем всередині міст [1]. Кожне місто можна представити як множину житлових місць і сервісів, до яких належать: управління, транспорт, енергетика, медицина, сервіси, освіта, безпека та інші.

Місто найчастіше стикається з такими проблемами: енергозабезпечення (небезпека раптового відключення електропостачання, нерациональне використання енергоресурсів, тощо), проблеми з екологією та транспортом (значна загазованість вулиць, часті проблеми з заторами), водопостачання (нерациональне витрачання водних ресурсів, проблеми з очищенням і транспортування питної води), неефективне управління ресурсами тощо.

Велике місто – це складна система, яка складається з багатьох підсистем. У місті всі значущі галузі господарської діяльності – транспорт, енерго- і водопостачання, охорона здоров'я, комерція, освіта, комунікація, безпека – тісно пов'язані один з одним. Це створює чудові передумови для інтелектуального підходу до вирішення поставлених проблем.

У цьому випадку рекомендовано використовувати здобутки технології інтелектуального будинку [2]. Згідно з даними закордонної статистики, вони дають змогу знизити: експлуатаційні витрати – до 30 %; платежі за воду – до 41 %; платежі за електроенергію – до 30 %; платежі за тепло – до 50 % та інші [3]. У реаліях України, з її старими системами та комунікаціями, можна досягнути ще кращих результатів. Тому проектування, моделювання, вдосконалення та впровадження технологій інтелектуального будинку є актуальним питанням сьогодення.

<sup>1</sup> НУ "Львівська політехніка";

<sup>2</sup> Тернопільський національний економічний університет

**1. Особливості автоматизованого проектування інтелектуального будинку.** Для проектування інтелектуальних будинків як будь-якої складної системи використовується блочно-ієрархічний підхід [4]. У цьому випадку можна виокремити такі рівні автоматизованого проектування інтелектуального міста: інтелектуальне місто; інтелектуальний будинок; підсистеми інтелектуального будинку (водозабезпечення, газозабезпечення, клімат контролю тощо); складові підсистеми (давачі, контролери та інші).

Інтелектуальний будинок містить багато підсистем [5], таких як: клімат-контролю, безпеки, охорони, система конфігурації приміщень, підсистема освітлення, кондиціонування, управління побутовою технікою та всіма можливими мультимедіа та ін.

Для аналізу роботи цієї системи та підсистеми на системному рівні автоматизованого проектування запропоновано використовувати моделі на основі мереж Петрі [6].

**2. Розроблення моделі підсистеми клімат-контролю 2-кімнатної квартири.** Для прикладу, візьмемо 2-кімнатну квартиру. Припустимо, що квартира складається з таких приміщень: одна кімната, друга кімната, кухня, ванна кімната та гардероб (коридор). Кожне приміщення містить певний набір давачів з різною функціональністю і сферою застосування.

Підсистема має містити такі давачі та виконуючі пристрої (рис. 1).



Рис. 1. Складові підсистеми клімат-контролю

Для підсистеми клімат-контролю розроблено такі сценарії роботи:

У разі спрацювання давача температури (занизька температура), необхідно ввімкнути обігрівач.

У разі спрацювання давача вологості, необхідно ввімкнути кондиціонер/витяжку для провітрювання приміщення.

У процесі реалізації функціональності підсистеми клімат-контролю було розроблено моделі, на основі кольорових мереж Петрі [7], а за середовище розробки було обрано Pice 3 [8]. Приклад розробленої схемної моделі підсистеми клімат-контролю зображено на рис. 2.

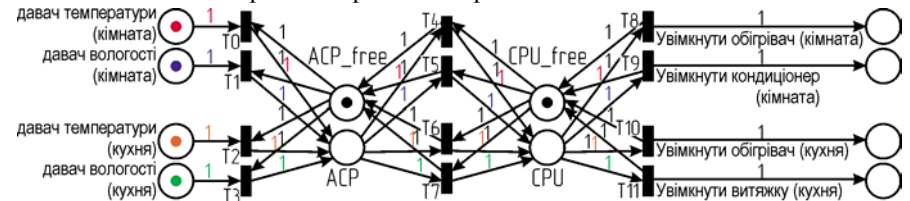


Рис. 2. Схемна модель підсистеми клімат-контролю

Підсистема клімат-контролю містить такі складові: давач температури (кімната); давач вологості (кімната); давач температури (кімната); давач во-