

4. Лабай В.Й. Залежність ексергетичного ККД split-кондиціонерів від їх продуктивності за повітрям на випарнику і конденсаторі// Наук.-техн. зб. КНУБА: Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – К.: КНУБА. – 2006, вип. 10. – С. 80-88.

5. Лабай В.Й., Омельчук О.В. Залежність температурного режиму split-кондиціонерів від їх продуктивності за повітрям на випарнику і конденсаторі// Вісник НУ "Львівська політехніка": Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. – Львів: НУ "Львівська політехніка". – 2006, № 561. – С. 20-25.

6. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ: Справочник, изд. 3-е. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.

7. Sanyo, Technical data, W-Eoo Multi. G0900.

УДК 674.048 Доц. І.М. Озарків, д-р техн. наук – НЛТУ України, м. Львів;
інж. Б.М. Перетятко – Львівський ін-т пожежної безпеки МНС України

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ДИФУЗІЙНОГО ПРОСОЧЕННЯ ДЕРЕВИНИ

Наведено рівняння та номограми для розрахунку процесів дифузійного просочення деревини, що дозволили теоретично дослідити ці процеси для різних сортиментів деревини.

*Assist. prof. I.M. Ozarkiv – NUFWT of Ukraine, L'viv; eng. B.M. Peretiatko –
L'viv safety institute of Ukrainian Ministry of extra ordinal situations*

Basic physics of diffusional impregnation of wood

In this paper there are described equations and nomograms for the calculations of diffusional processes of wood impregnation that have allowed researching these processes theoretically for different kinds of wood assortments.

Дифузійне проникнення хімічних засобів захисту деревини (ХЗЗ), як відомо, базується на переміщенні молекул або іонів цих речовин із водного розчину (рідше пасти), що оточують деревину, у середину сортименту по капілярах, коли останні заповнені вологою. Зауважимо, що дифузійне просочення має місце тільки для вологої деревини, тобто коли їх вологість вища за границю насичення деревини ($W > W_{г.н.}$) і коли волога у капілярах утворює безперервну систему.

Густина потоку дифундуючи молекул розчиненого антипірену в рідині визначається законом Фіка [1], тобто

$$i = D \frac{dw}{dx}, \quad (1)$$

де: D – коефіцієнт молекулярної дифузії, $\text{м}^2/\text{с}$; W – концентрація речовини в розчині, $\text{кг}/\text{м}^3$; X – довжина шляху проникнення в напрямку дифузії.

Відзначимо, що дифузія молекул або іонів просочувальної речовини у капілярній системі деревини протікає значно повільніше, ніж у вільному розчині.

Тоді, на основі рівняння (1) тривимірна модель дифузійного просочення деревинних матеріалів у розчинах ХЗЗ буде мати вид

$$\frac{\partial w}{\partial \tau} = D_x \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D_y \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + D_z \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}. \quad (2)$$

$$\text{Коли} \quad w(x, y, z, \tau) |_{\tau=0} = 0; w(x, y, z, \tau) |_{r=0} = w_0 \quad (3)$$

$$0 \leq x \leq a; 0 \leq y \leq b; 0 \leq z \leq c,$$

де: τ – тривалість просочення; D_x, D_y, D_z – коефіцієнти молекулярної дифузії вздовж осей x, y, z ; W_0 – масова концентрація просочувального розчину (у ванні, наприклад).

Тоді, маса розчину антипірену у взірці визначиться за формулою

$$M_p(\tau) = V \cdot M_0 + V \cdot M_0 \left(\frac{\rho_{розч}}{\rho_{води}} - 1 \right) \cdot C(\tau), \quad (4)$$

а маса просочувальної речовини становитиме

$$M_3(\tau) = W_0 \cdot C(\tau) \cdot M_p(\tau), \quad (5)$$

де: $C(\tau)$ – множник, що регламентується умовами та часами просочення; U – вологовміст матеріалу; $\rho_{розч}, \rho$ – відповідно початкова густина розчину і води; M_0 – маса сухої деревини.

Для три-, дво- і одновимірних моделей дифузійного просочення величина множника $C(\tau)$ відповідно визначиться

$$C(\tau) = 1 - \beta(\delta_x) \cdot \beta(\delta_y) \cdot \beta(\delta_z); \quad (6)$$

$$C(\tau) = 1 - \beta(\delta_x) \cdot \beta(\delta_y); \quad (7)$$

$$C(\tau) = 1 - \beta(\delta_x), \quad (8)$$

$$\text{де} \quad \delta_x = \frac{\pi^2 \cdot D_x \cdot \tau}{a^2}; \delta_y = \frac{\pi^2 \cdot D_y \cdot \tau}{b^2}; \delta_z = \frac{\pi^2 \cdot D_z \cdot \tau}{c^2}. \quad (9)$$

Тоді, точність вирахувань величини $\beta(\delta_i)$ буде залежати від величини кількості сумуючих членів рівняння

$$\beta(\delta_i) = \frac{8}{\pi^2} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\exp(-\delta(2m+1)^2)}{(2m+1)^2}. \quad (10)$$

Таким чином, знаючи значення $\delta_x, \delta_y, \delta_z$ для моделей, можна визначити величини значень $M_p(\tau)$ і $M_3(\tau)$.

В одновимірних тілах, тобто тілах, форма і розмір яких визначаються лише одним лінійним вимірювачем (до них відносять необмежену пластину, необмежений циліндр, шар), напрямок просочення співпадає із напрямком однієї із осей координат, наприклад x . Для таких тіл, наприклад, при певному зануренні пластини товщиною $2R$ із сирової деревини в розчин із постійною концентрацією W_c , концентрація W_x просочувального засобу захисту (антипірену) у заданій точці x на момент часу τ становитиме

$$\frac{\partial w(x, \tau)}{\partial \tau} = D_x \frac{\partial^2 w(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (11)$$

де D_x – коефіцієнт молекулярної дифузії в напрямку x .

Тоді, гранична (крайова) умова, коли концентрація антипірену на поверхні $W_{нов}$ дорівнює концентрації розчину $W_{розч}$, має вид

$$W_{нов} = W_{розч}. \quad (12)$$

У свою чергу, початкова (часова) умова, коли початкова концентрація антипірену у деревині дорівнює нулю, запишеться

$$w = w_0 = 0 \text{ або } w(x; \tau)|_{\tau=0} = 0. \quad (13)$$

Тоді, розв'язуючи диференціальне рівняння (11) при граничній (12) і початковій (13), отримаємо вираз, що буде представляти собою у загальному виді функцію

$$\theta' = f(x/R; F'_{0D}), \quad (14)$$

де: θ' – безрозмірна концентрація просочувальної речовини в точці x ; x/R – безрозмірна координата (глибина залягання точки від поверхні тіла; R – характерний або визначальний розмір об'єкта просочення; для круглих сортиментів – це величина радіуса, а для пластинчастих тіл – половина товщини, м);

$$F'_{0D} \left(F'_{0D} = \frac{Dx \cdot \tau}{R^2} \right) - \text{дифузійний критерій Фур'є [1].}$$

Тоді, аналогічно, величині безрозмірної температури [2], безрозмірна концентрація речовини (антипірену) в точці x становитиме:

$$\theta' = \frac{w_{розч} - w_x}{w_{розч} - w_0}, \quad (15)$$

а з урахуванням початкової умови (13) визначиться

$$\theta' = \frac{w_{розч} - w_x}{w_{розч}}. \quad (16)$$

Аналітичний вираз функції (14), утримуване у вигляді безмежного ряду, є дуже складним. Тому, для його практичного розв'язання використаємо графічні розв'язки цієї функції, як для безрозмірної температури, для необмеженої пластини та необмеженого циліндра [2].

Середня концентрація речовини (в нашому випадку антипірену) у просоченій зоні визначиться

$$\bar{\theta}' = f(F'_{0D}), \quad (17)$$

де θ' – середня безрозмірна концентрація, яка визначається

$$\bar{\theta}' = \frac{w_p - w}{w_{розч}}. \quad (18)$$

Графічні інтерпретації розв'язків функцій (14) і (17) можна представити у вигляді номограм, що встановлюють взаємозв'язок масообмінного (дифузійного) критерію Фур'є, безрозмірної концентрації θ' і безрозмірної координати для необмеженої пластини (рис. 1) і необмеженого циліндра для граничних умов I роду або у вигляді номограм, показаних на рис. 3.

Зауважимо, що промислові деревні сортименти, що використовують як будівельні елементи у домобудуванні та дерев'яному домобудуванні мають у поперечному перерізі круглу або прямокутну форму. Тому, у круглих сортиментів (когод, наприклад) довжина їх значно перевищує їх зовнішній діаметр. У зв'язку з чим, при розрахунку процесів просочення дані сортименти

можна розглядати як необмежені циліндри ($L / D > 5$, L – довжина сортимента). Прямокутні сортименти (рейка, лати, дошки, бруски тощо) можна приймати за необмежені пластини, коли відношення їх товщини S_1 до ширини S_2 менше 0,30. У випадку, коли $S_1 / S_2 \geq 0,30$ дошку, рейку або брус слід розглядати як паралелепіпед необмеженої довжини, що утворений перерізом двох пластин товщиною S_1 та шириною S_2 . Тоді середня (приведена) концентрація у певній точці цього прямокутного паралелепіпеда Θ'_{np} буде дорівнювати

$$\bar{\Theta}'_{np} = \bar{\Theta}'_1 \cdot \bar{\Theta}'_2 \quad (19)$$

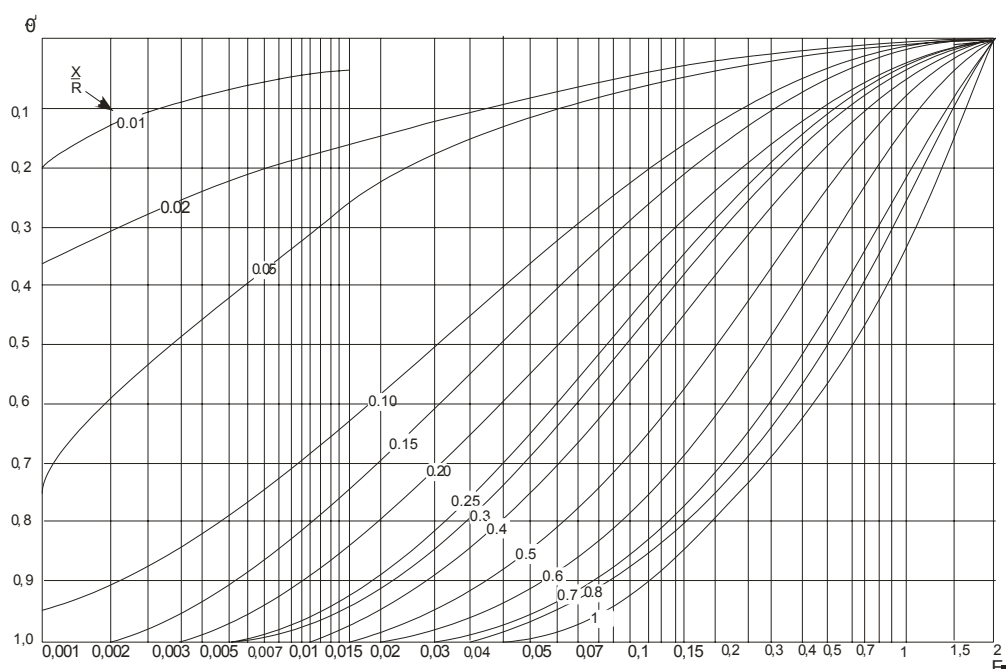


Рис. 1. Номограма залежності $\Theta' = f(x/R; F'_{0D})$ для необмеженої пластини. Граничні умови I роду [2]

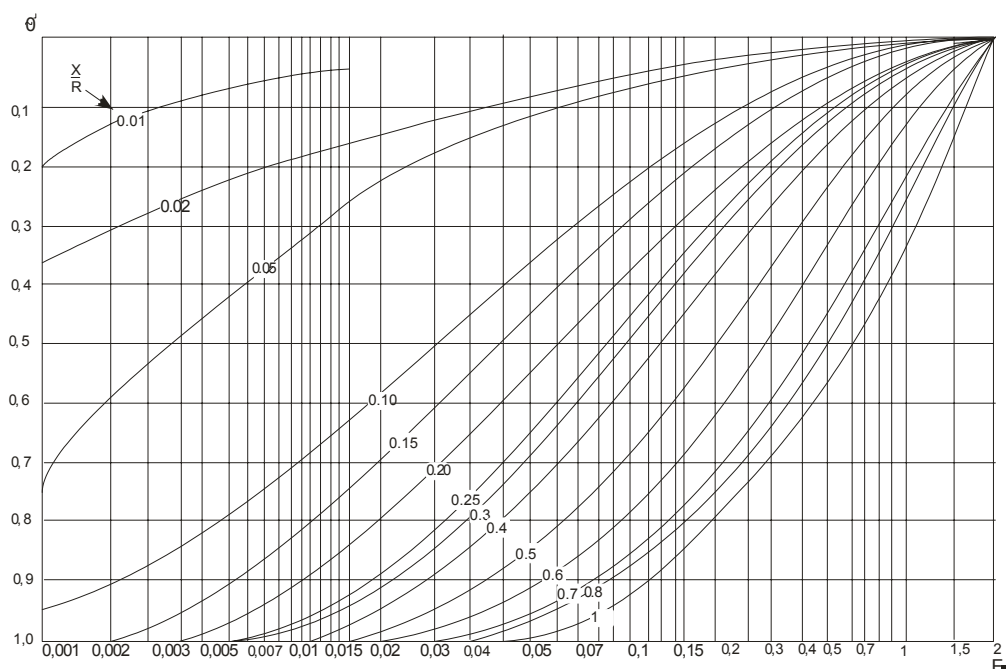


Рис. 2. Номограма залежності $\Theta' = f(x/R; F'_{0D})$ для необмеженого (одномірного) циліндра. Граничні умови I роду [2]

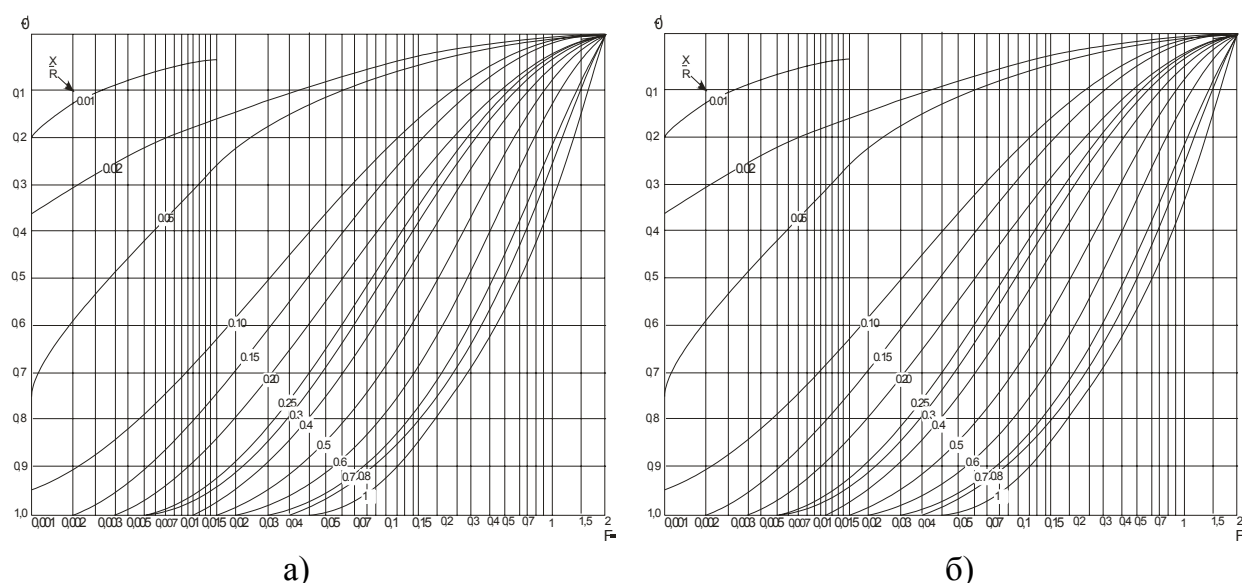


Рис. 3. Номограма залежності $\theta' = f(x/R; F_{0D})$ для необмеженої пластини (а) і необмеженого циліндра (б). Граничні умови I роду

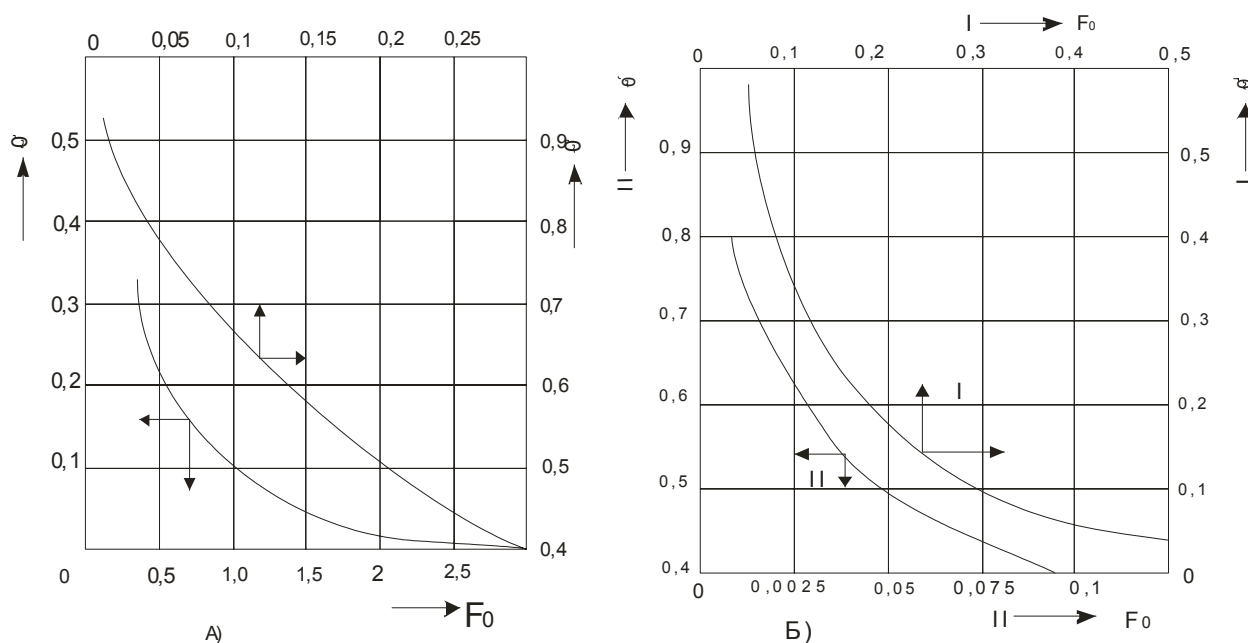


Рис. 4. Номограми залежності $\bar{\theta} = f(F_{0D})$ для необмежених пластин та циліндра

При проектуванні обладнання для просочування деревних сортиментів ХЗЗ необхідно розраховувати середню інтегральну концентрацію оброблювальних сортиментів у кінці процесу.

Аналіз диференціального рівняння (11) показує, що середня безрозмірна концентрація антипірену для одномірного тілі буде характеризуватися у загальному випадку функцією виду

$$\bar{\theta} = f(F_{0D}),$$

графік якої для необмежених пластини і циліндра наведені на рис. 4.

Таким чином, отримані аналітичні вирази дають змогу розрахувати величини концентрацій просочувальної речовини (в нашому випадку, розчину антипірену) у заданій або досліджуваній точці або зоні сортименту за певний час просочення матеріалу у формі циліндра або пластини. Це вимагає, у

свою чергу, використання безрозмірних комплексних фізичних величин – відповідних критеріїв подібності.

Література

1. Озарків І.М., Сорока Л.Я., Грицюк Ю.І. Основи аеродинаміки і тепло масообміну: Навч. пос. – К.: ІЗМН, 1997. – 280 с.
2. Ликов А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высш. шк., 1967. – 600 с.

УДК 622.767.55

Проф. З.А. Стоцько, д-р техн. наук; проф. Б.І. Сокіл, д-р техн. наук; доц. В.Г. Топільницький, канд. техн. наук; аспір. Д.П. Котлярова – НУ "Львівська політехніка"

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИПКОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПРОЦЕС ЙОГО СЕПАРАЦІЇ

Досліджено вплив динамічного процесу розділення на фракції сипкого середовища, зокрема впливу на процес сепарації фізико-механічних та кінематичних характеристик.

Prof. Z.A. Stocko; prof. B.I. Sokil; assist. prof. V.G. Topilnytsky; post-graduate D.P. Kotlyarova – NU "L'vivs'ka Politekhnik"

Influence of kinematical and physic – mechanical characteristics of loose environment on process of division into fractions is investigated

Influence of dividing on fractions the loose environment dynamic process, in particular physical-mechanical and kinematical characteristics on process of division into fractions is investigated.

Актуальність. Вібраційні методи оброблення та відповідні машини та обладнання отримали широке застосування за останній час у різних галузях промисловості та сільського господарства. Їх впровадження у виробництво сприяє інтенсифікації різноманітних процесів, підвищує рівень механізації та автоматизації багатьох трудомістких робіт, сприяє вдосконаленню або розробленню нових технологічних процесів, збільшує економічну ефективність та продуктивність праці.

Збільшується застосування вібромашин, що зарекомендували себе в наш час, створюються нові для виконання сучасних технологічних операцій. Це зумовлено їх конструктивною простотою і в багатьох випадках більш високою, ніж у звичайних машинах, технологічною ефективністю. Вібраційні сепаратори, зокрема порівняно з іншими сортувальними пристроями, забезпечують більш високу продуктивність та чіткість розділення при менших матеріальних затратах завдяки тому, що при вібруванні шару продукту на ситі, він інтенсивно коливається, зменшується тертя між частинками (вони стають більш рухомими), і одночасно проходить відносний перерозподіл їх за розмірами, а тому прискорює виділення прохідних через сита частинок [1].

Окрім того, вібросепарувальні машини можуть відділяти від сировини домішки та ділити їх на фракції, зокрема, перед подачею на переробку від зерна, горіхів та іншого необхідно відділити тверді домішки (феродомішки,