

Проанализирована эффективность подхода к вычислению кластеров в базах данных на основе оптимизационных критериев. Подход основывается на приведении дискретной задачи оптимизации к непрерывной задаче. Такая аппроксимация обеспечивает быстрый поиск кластеров с контролируемой погрешностью. Проанализированы два алгоритма решения задачи. Первый – на основе разбиения области ограничений. Второй – на основе итерационных алгоритмов. Практическая реализация алгоритмов использует две группы операций. Первая группа выполняет вычисления элементов кластера в области непрерывных ограничений. Вторая группа выполняет уточнения элементов кластера в области дискретных ограничений для базы данных. Приведены алгоритм, технология и результаты поиска кластеров для базы данных.

Ключевые слова: кластер, задача кластеризации, оптимизационный критерий, дискретная задача оптимизации, разбиение области ограничений, база данных, бизнес-процесс.

Fedorchuk Ye.N., Fedorchuk Yu.Ye. Modeling Tasks Computing Clusters Databases for Technological Business Processes

The tasks and algorithms for finding clusters in databases are studied. Extended classes of problems using optimization criteria for assessing cluster are set. The effectiveness of the approach to computing clusters in databases are based on optimization criteria. The approach is based on the construction of discrete optimization problem for continuous task. This approximation provides a quick search clusters with controlled accuracy. The two algorithms for solving the problem are analyzed. The first algorithm is based on partition area constraints. The second one is based on iterative algorithms. Practical implementation of algorithms using two groups of transactions is offered. The first group performs calculations cluster elements in continuous restrictions. The second group takes clarify elements of the cluster in discrete constraints for the database. An algorithm technology and results of clusters for the database are proposed.

Keywords: cluster, the problem of clustering criterion optimization, discrete optimization problem, splitting area restrictions, database, business process.

УДК 351.861

МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ АНТИПІРЕНІВ ВСЕРЕДИНИ ВОГНЕЗАХИЩЕНОЇ ДЕРЕВИНИ

С.М. Чумаченко¹, С.В. Жартовський², О.М. Тітенко³, В.В. Троцько⁴

Розроблено методику створення моделі розподілу антипіренів всередині вогнезахисної деревини. Ця методика дає змогу здійснювати моделювання оптимального складу речовини для просочування деревини поверхневими методами з метою протипожежного захисту. Моделювання розподілу антипіренів всередині незахищеної деревини дасть змогу створювати еталонні бази даних для оцінювання потрібної кількості антипіренів, які утримуються в поверхневих шарах деревини після її просочення різними вогнезахисними речовинами. Створені таким чином бази даних доцільно використовувати для контролю якості вогнезахисних робіт на об'єктах.

Ключові слова: методика, модель, антипірени, вогнезахисне просочення, вогнезахисні засоби.

Актуальність теми. Використання деревини в сучасному будівництві є досить поширеним. Її застосовують також і на створенні критично важливих

об'єктів підвищеної пожежонебезпеки. Це створює додаткове пожежне навантаження на будинки і споруди спеціального призначення та вимагає вирішення питання якісного вогнезахисту деревини, яка входить до складу будівельних конструкцій. Це питання не втрачає своєї актуальності в сучасних умовах [1, 2].

Особливої уваги набуває питання контролю вогнезахисту деревини на об'єктах критичної інфраструктури (ОКІ). Оскільки деревина є легкозаймистим матеріалом, незахищені дерев'яні конструкції можуть займатися навіть від малокалорійних джерел займання, тобто вони є надзвичайно вразливими в умовах сьогодення, коли ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій, зумовлених загораннями і пожежами внаслідок дії таких чинників як терористичні атаки, істотно зростає. Виходячи з цього, дослідження питання вогнезахисту деревини сьогодні вкрай актуальні.

Попередні дослідження за темою. Аналіз відповідних наукових публікацій у цій галузі дав змогу визначити невирішені традиційними методами часткові складові компоненти загальної проблеми підвищення вогнезахисту деревини на ОКІ. Так, в Європейському Союзі методи контролю вогнезахисту деревини ґрунтуються на підходах термічного аналізу [3]. Для цього використовують лабораторні методи з використанням кон-калориметрів [4] та установок визначення кисневого поглинання [5], які належать до емпіричних методів наукового дослідження. На сьогодні ці методи доцільно використовувати під час визначення ефективності вогнезахисних засобів або для контролю ступеня вогнезахисту під час виготовлення дерев'яних будівельних конструкцій, але їх не можна використати для контролю вогнезахисного оброблення деревини безпосередньо на об'єктах, яке традиційно проводять в нормативному полі країн Східної Європи.

Відповідно до чинних нормативів в Україні якість вогнезахисного оброблення контролюється за експрес-методом відповідно до [6]. Сутність цього методу полягає в тому, що стружку вогнезахисної деревини (пробу) товщиною до 1 мм поміщають у полум'я сірника і витримують 15 с. Після чого визначають час самостійного горіння та тління стружки, що слугує підґрунтям для відповідних висновків. Однак за допомогою цього методу можна контролювати тільки важкозаймисту деревину (вогнезахисну деревину другої групи). Переважна ж більшість споруд (особливо на ОКІ) передбачає використання важкогорючої деревини (вогнезахисної деревини першої групи). Подібна ситуація і в країнах Митного союзу. Наприклад, у Росії використовують експрес-метод з використанням приладу ПМП-1, в якому реалізовано той же метод "стружки" [7].

Отже, задача створення більш точних методів контролю, за допомогою яких можливо було б визначити переведення деревини у важкогорючий стан, залишається не вирішеною. Значною мірою цьому сприяло б визначення концентрації антипіренів, що утримуються у вогнезахисній деревині.

Мета дослідження – розробити методику створення моделі розподілу антипіренів всередині вогнезахисної деревини, що дасть змогу оцінити розподіл антипіренів всередині вогнезахисної деревини з використанням підходів регресійного аналізу.

Виклад змісту статті. Вихідні положення методики ґрунтуються на фізичних властивостях деревини, яка за своєю внутрішньою будовою належить до

¹ ст. наук. співроб. С.М. Чумаченко, д-р техн. наук – Український НДІ цивільного захисту ДСНС України;

² ст. наук. співроб. С.В. Жартовський, канд. техн. наук – Український НДІ цивільного захисту ДСНС України;

³ ст. наук. співроб. О.М. Тітенко, канд. техн. наук – Український НДІ цивільного захисту ДСНС України;

⁴ ст. наук. співроб. В.В. Троцько, канд. військ. наук – Український НДІ цивільного захисту ДСНС України

гідрофільних полімерно-пористих матеріалів. У капілярах і порах деревини знаходиться повітря і вода. Свіжа зрізана деревина містить більше 50 % води, а під тривалістю експлуатації рівноважний вміст вологи становить, зазвичай, 10-12 %. Волокна деревини, капіляри і пори знаходяться здебільшого в паралельному напрямку до поверхні матеріалу (і саме цією поверхнею деревина й експлуатується на реальних об'єктах).

Як і будь-який капілярно-пористий матеріал, деревина здатна поглинати гідрофільні рідини, зокрема водні розчини антипіренів. Цією властивістю користуються для її вогнезахисту, а процес поглинання розчину антипірену називають просоченням. З дослідження руху рідин у капілярно-пористих системах [8-11] відомо, що швидкість і глибина просочення зменшується із збільшенням густини рідини, та збільшується із збільшенням її змочувальної здатності. Тобто для збільшення глибини просочення в такі рідини додають поверхнево-активні речовини (змочувачі). Такий прийом використовують у поверхневому просоченні деревини вогнезахисними засобами.

Методика складається з таких етапів.

1. Здійснення експериментальних досліджень з просочування деревини та отримання даних щодо застосування капілярно-хімічної технології видобутку речовин з пористих матеріалів [11]. Експериментальні дослідження проводять шляхом феноменологічного моделювання процесу просочення деревини розчином антипірену, при цьому рух розчину антипірену забезпечується перпендикулярно площині поверхні. У цьому випадку розчин антипірену спочатку надходять у пори деревини, що більші за розміром і є менш упорядкованими структурами матеріалу, а з них в капіляри. Процес просочування відбувається таким чином. Спочатку рідина потрапляє в більш товсті капіляри, а найбільш тонкі заповнюються в останню чергу. З часом інтенсивність руху розчину в капілярах зменшується. На цю стадію впливає густина розчину: із збільшенням густини зменшується глибина просочення, тобто дедалі більше тонких капілярів залишаються незаповненими. Схематично, характер просочення деревини водними розчинами антипіренів різних концентрацій показано на рис. 1 (концентраціям 5, 10, 15, 20, 25, 30 % відповідають відносні величини 1, 2, 3, 4, 5, 6). По осі ординат відкладено величину концентрації (маса антипірену) водного розчину антипірену (1 відповідає 5 %-му розчину антипірену, 2-10 %-му і так далі до 6). По осі абсцис відкладено величину глибини просочення у міліметрах. Динаміку процесу просочення графічно зображено штрих-пунктирними лініями (керуючись попереднім припущенням, що цей процес наближений до лінійної залежності). Під час побудови лінійних залежностей враховано експериментальні дані про те, що глибина просочення 30 %-вим розчином антипірену вогнебіозахисного засобу ДСА-2 становить 3 мм, а глибина просочення 5 %-вим розчином – 4 мм [12].

2. Побудова математичної моделі, що описує розподіл концентрації антипіренів вглибину деревини. Експериментальні дослідження еталонних зразків вогнезахисної деревини дають підстави стверджувати, що найбільш ймовірно математичною моделлю, що описує розподіл концентрації антипіренів вглибину деревини, є нелінійна залежність, яка близька до експоненційного закону

$$P(C, h) = a(C) \cdot \exp(-b(C) \cdot h), \quad (1)$$

де: $P(C, h)$ – функція розподілу концентрації антипіренів вглибину дерева; C – початкова концентрація антипіренів у просочувальному розчині; h – глибина просочування (відстань вглибину перпендикулярно поверхні деревини).

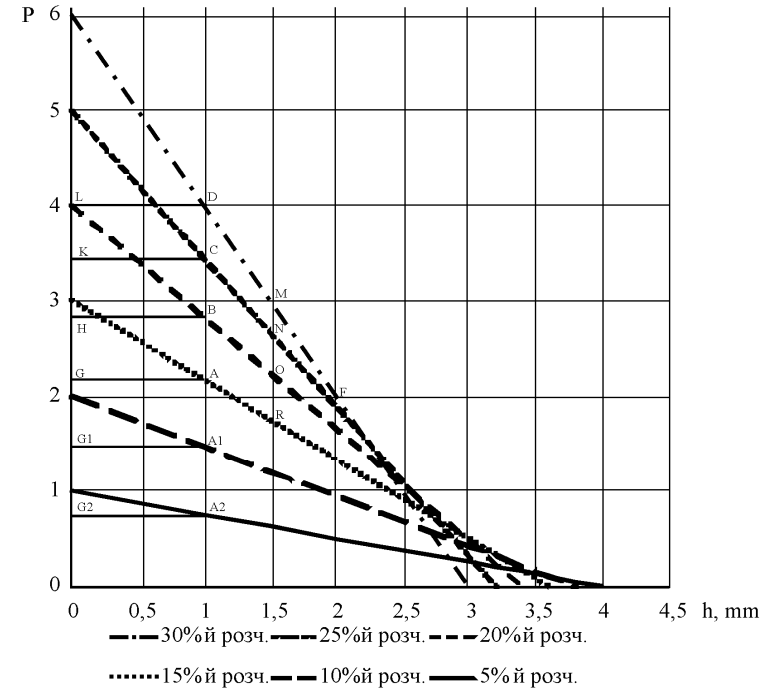


Рис. 1. Графічне представлення феноменологічної моделі процесу просочення водним розчином антипірену перпендикулярно площині поверхні деревини

Один із прикладів математично змодельованого процесу просочення, що відповідає 30 %-му розчину антипірену, наведено на рис. 2.

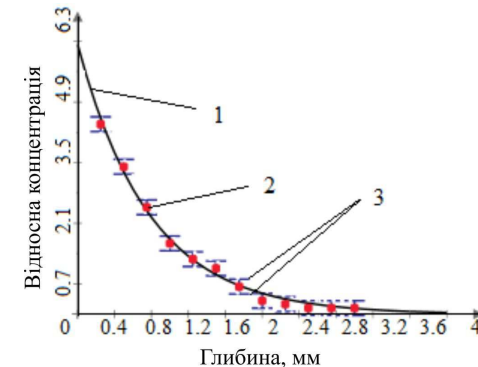


Рис. 2. Залежність відносної концентрації антипіренів від глибини проникнення у зразок деревини. Криві: 1) апроксимаційна функція; 2) вихідні експериментальні дані; 3) межі відхилень у вимірюванні відносної концентрації

Графічне зображення функціональних залежностей, отриманих унаслідок математичної апроксимації експериментальних даних про розподіл відносної концентрації антипіренів у разі використання розчинів антипіренів у діапазоні зміни їх концентрацій від 5 % до 45 % наведено на рис. 3.

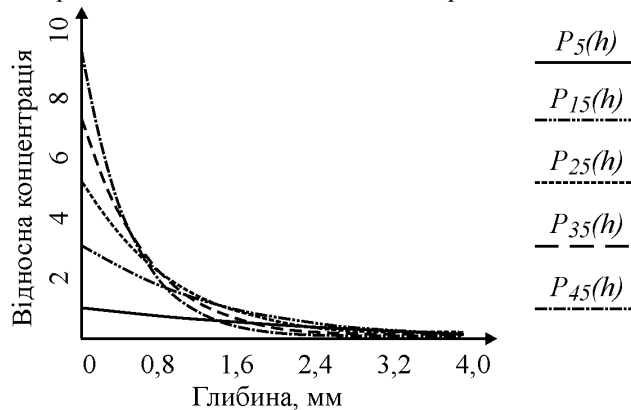


Рис. 3. Апроксимовані залежності концентрації антипіренів у глибину просоченої деревини для різних значень початкової концентрації антипіренів у просочувальному розчині.

Примітка: індекс для позначення функції відповідає концентрації просочувального розчину.

3. Здійснення розрахунків значень апроксимуючих функцій. На основі попередніх вхідних даних шукаємо апроксимацію функцій $a(C)$ і $b(C)$ у вигляді функцій:

$$a(C) = k_{0a} + k_{1a} \cdot C \quad (2)$$

$$b(C) = k_{0b} + k_{1b} \cdot C + k_{2b} \cdot C^2 \quad (3)$$

Результати апроксимації показано на рис. 4 та 5.

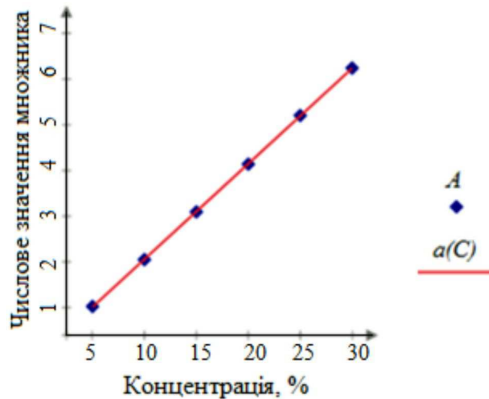


Рис. 4. Залежність множника $a(C)$ від концентрації просочувальної суміші: A – початкові емпіричні дані; $a(C)$ – знайдена апроксимуюча функція

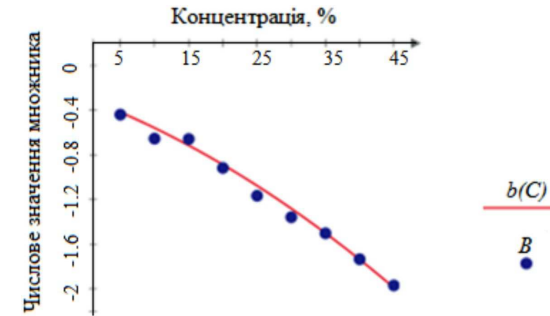


Рис. 5. Залежність множника $b(C)$ від концентрації просочувальної суміші: B – початкові емпіричні дані

У кінцевому вигляді залежність відносної концентрації антипіренів $P(C, h)$ від глибини h (відстані від поверхні деревини) та концентрації C просочувального розчину буде мати тривимірний вигляд, як показано на рис. 6.

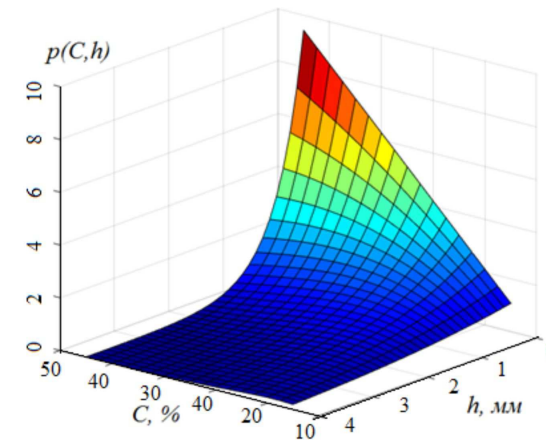


Рис. 6. Залежність відносної концентрації антипіренів $P(C, h)$ від глибини h (відстані від поверхні деревини) та відсоткової концентрації C просочувального розчину

4. Знаходження функціональної залежності сумарної відносної кількості антипіренів, що утримуються просоченою деревиною, залежно від концентрації просочувального розчину за формулою

$$M(C) = \int_0^{\infty} a(C) \cdot \exp(-b(C) \cdot h) dh = \frac{a(C)}{b(C)} \cdot \exp(-b(C) \cdot h) \Big|_0^{\infty} = \frac{a(C)}{b(C)} \quad (4)$$

Графічний вигляд залежності показаний на рис. 7.

5. Знаходження оптимального значення концентрації антипіренів у розчині для просочування. Для цього розв'язується рівняння виду

$$\frac{d}{dC} (M(C)) = 0. \quad (5)$$

Підставивши значення відповідних многочленів та змінних згідно з (2), (3) та (4) отримуємо розв'язок цього рівняння:

$$C_{\max} = \frac{k_{2b} \cdot k_{1a} + \sqrt{k_{2b}^2 \cdot k_{1a}^2 - k_{1b} \cdot k_{2b} \cdot k_{1a} \cdot k_{2a} + k_{0b} \cdot k_{2b} \cdot k_{2a}^2}}{k_{2b} \cdot k_{2a}} = 30,654\% . \quad (6)$$

Отже, отримане значення 30,654 % є оптимальним для визначення концентрації антипірену у водному робочому розчині антипірену в складі вогнебіозахисного засобу ДСА-2.

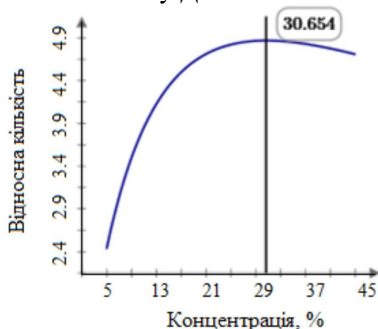


Рис. 7. Залежність сумарної відносної кількості антипіренів, що утримуються просоченою деревиною, залежно від концентрації антипіренів у просочувальному розчині

Зазначену методику можна застосувати для отримання оптимальних значень різних типів вогнебіозахисних засобів.

Висновки. Розроблена методику має низку переваг над існуючими способами, оскільки забезпечує контроль над процесами переведення деревини у важкозаймистий стан, враховуючи властивості розчинів, що використовуються для просочування та їх концентрацію.

Методика дає змогу отримувати оптимальну концентрацію антипіренів у водному робочому розчині антипірену для вогнебіозахисних засобів, які застосовують у поверхневому вогнезахисних дерев'яних елементів горючих покриттів будівель та споруд на об'єктах різного призначення (зокрема – об'єктів критичної інфраструктури).

Упровадження розробленої методики дасть змогу створити еталонну базу даних з оцінювання потрібної кількості антипіренів, які утримуються у поверхневих шарах деревини після її просочення різними вогнезахисними речовинами. Зазначені дані будуть використовуватись для контролю якості проведення вогнезахисних робіт, що істотно вплине на підвищення ефективності вогнезахисту, передусім об'єктів критичної інфраструктури.

Література

1. Lowden L.A. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction / Laura Anne Lowden, Terence Richard Hull / L.A. Lowden // Fire Science Reviews – a Springer Open Journal. – 2013. – Vol. 2:4. – 19 p. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.firesciencereviews.com/content/2/1/4>
2. Lowden L.A. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction / L.A. Lowden // Fire Science Reviews – a Springer Open Journal. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.firesciencereviews.com/content/2/1/4> (Accessed 5 August 2013).
3. Баратов А.Н. Пожарная опасность строительных материалов / А.Н. Баратов, Р.А. Андрианов, А.Я. Корольченко и др. – М. : Изд-во "Стройиздат", 1998. – 380 с.

4. Wendlandt W.W. Thermal analysis / W.W. Wendlandt. – New York : Publisher Wiley, 1986. – 814 p.
5. ISO 5660-1:2015(en) Reaction-to-fire tests – Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement).
6. ASTM E1354-09 Standard test method for heat and visible smoke release rates for materials and products using oxygen consumption calorimeter.
7. ГОСТ 30219-95. Древина вогнезахиснена. Загальні технічні вимоги. Методи випробувань. Транспортування та зберігання.
8. Оценка качества огнезащиты и установление вида огнезащитных покрытий на объектах. Руководство. Утверждено ФГУ ВНИИПО МЧС России 15.11.2010 г.
9. Аксельруд Г.А. Экстрагирование (система "твердое тело – жидкость") / Г.А. Аксельруд, В.М. Лысенский. – Л. : Изд-во "Химия", 1974. – 256 с.
10. Аксельруд Г.А. Растворение твёрдых веществ / Г.А. Аксельруд, А.Д. Молчанов. – М. : Изд-во "Химия", 1977. – 268 с.
11. Crank J. The Mathematics of Diffusion / J. Crank. – Oxford: Clarendon Press, 1956. – 348 с.
12. Аксельруд Г.А. Введение в капиллярно-химическую технологию / Г.А. Аксельруд, М.А. Альпшулер. – М. : Изд-во "Химия", 1983. – 264 с.
13. Жартовський С.В. Дослідження пожежовибухонебезпечності вогнезахисних матеріалів з деревини вогнебіозахисними засобами ДСА-1 та ДСА-2 / С.В. Жартовський // Науковий вісник УкрНДІПБ : наук. журнал. – К. : Вид-во УкрНДІПБ. – 2010. – № 1 (21). – С. 84-94.

Надійшла до редакції 09.09.2016 р.

Чумаченко С.М., Жартовський С.В., Титенко О.М., Троцько В.В. Методика создания математической модели распределения антипиренов внутри огнезащитной древесины

Разработана методика создания модели распределения антипирена внутри огнезащитной древесины. Эта методика позволяет осуществлять моделирование оптимального состава вещества для пропитки древесины поверхностными методами с целью противопожарной защиты. Моделирование распределения антипирена внутри незащищенной древесины даст возможность создавать эталонные базы данных для оценивания необходимого количества антипиренов, которые удерживаются в поверхностных слоях древесины после её пропитки различными огнезащитными веществами. Созданные таким образом базы данных целесообразно использовать для контроля качества огнезащитных работ на объектах.

Ключевые слова: методика, модель, антипирены, огнезащитная пропитка, огнезащитные средства.

Chumachenko S.M., Zhartovskiy S.V., Titenko O.M., Trotsko V.V. Methodology of Mathematical Model Creation of Flame Retardants Distribution in Fire Protected Wood

Methodology of mathematical model creation of flame retardants distribution in fire protected wood is developed. This technique allows simulating the optimal composition of the substance for wood impregnation by surface methods with the purpose of fire protection. Modeling of flame retardant distribution in an unprotected wood will enable creating a reference database for the evaluation of the necessary amount of fire retardants, which are held in the surface layers of wood after its impregnation with various flame retardants. Thus created database should be used for quality control of fire protection works at objects.

Keywords: methodology, model, flame retardants, flame retardant impregnation, flameproofing matters.