

4. ВБН В.2.3.-000182001...-00 Сварка и контроль качества сварных соединений при сооружении магистральных газопроводов ДК "Укртрансгаз", Киев.-2000.-56с.
5. Подстригач Я. С., Осадчук В. А., Марголин А. М., Остаточные напряжения, длительная прочность и надежность стеклоконструкций. – К.: Наукова думка, 1991. – 296с.
6. Палаш В.М., Дзюбик А. Р. Экспериментально-розрахунковий метод визначення напруженого стану зварних стиків магистральних трубопроводів // Вісник НУ "Львівська політехніка": "Динаміка, міцність та проектування машин і приладів". – Львів: НУ "Львівська політехніка". – 2001. – № 434 – С. 101 – 105.
7. Осадчук В. А., Дзюбик А. Р., Назар І. Б. Розрахунково – експериментальний метод визначення залишкових напружень в оболонкових зварних з'єднаннях // Тези доповідей Української наукової конференції "Математика і механіка у Львівському університеті (історія і сучасність)". – Львів. – 1999. – С. 25.
8. Банахевич Ю.В. Діагностування напруженого стану магистральних нафтогазопроводів в околі стикових зварних з'єднань та корозійних пошкоджень розрахунково-експериментальним методом : Автореф. дис. канд. техн. наук : 05.15.13 / Івано-Франківський національний технічний університет нафти, 2003. – 19 с.
9. Банахевич Ю.В., Юськів В.М., Дзюбик А.Р. Дослідження напруженого стану в зварних з'єднаннях труб із врахуванням структурних змін// Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2003. – №1 (5). – С. 118 – 121.
10. Банахевич Ю.В., Осадчук В.А., Дзюбик А.Р. Визначення залишкових напружень в околі кільцевого зварного з'єднання труб з урахуванням структурних змін в зоні термічного впливу // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2003. – № 1. (6). – С. 77 – 81.

УДК 614.842.615

*В.М. Жартовський, д.т.н., проф., С.В. Жартовський (Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки)*

## ПОЖЕЖНА ПРОФІЛАКТИКА ЦЕЛЮЛОЗОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуто теоретичні та експериментальні результати дослідження процесів піролізу целюлозовмісних матеріалів та шляхи їх вогнезахисту

Целюлозовмісні матеріали (деревина, тканина, папір, очерет) широко застосовуються у будівництві та побуті і складають значний відсоток пожежного навантаження об'єктів. Оскільки кожен з них є горючим матеріалом, то вони представляють значну пожежну небезпеку об'єктів. За пожежними і будівельними нормами і правилами [1,2] ці матеріали класифікуються як матеріали підвищеної горючості (Г4), легкозаймисті (В3), значно поширюють полум'я (РП4), з високою димоутворювальною здатністю (Д3), за токсичністю належать до високонебезпечних (Т3).

Статистика показує щорічне зростання пожеж, коли пожежним навантаженням об'єкта є целюлозовмісні матеріали, що засвідчує наявність проблеми з пожежної безпеки використання таких матеріалів. За будівельними нормами і правилами в залежності від функціонального призначення приміщень допускається застосування матеріалів з такими показниками, як Г1 або Г2, В1 або В2, РП1 або РП2, Д2 та Т2. А це вказує на те, що

целюлозовмісні матеріали необхідно довести до необхідного стану пожежної безпеки. Цю проблему можна вирішити через розв'язання ряду наукових та практичних задач, що пов'язані з пожежною профілактикою целюлозовмісних матеріалів.

Під пожежною профілактикою целюлозовмісних матеріалів необхідно розуміти діяльність, що направлена на запобігання утворення трикутника горіння (пожежі), коли за горючу речовину править целюлозовмісний матеріал.

Ці матеріали об'єднує те, що вони в основному складаються з целюлози, мають схожу пористу структуру, але й мають певні відмінності.

Щодо пожежної профілактики деревини, то до недавнього часу було відомо два шляхи. Перший з них - це просочення виробів з деревини водними та неводними розчинами антипіренів. Після видалення розчинників з поверхні, на глибині 2-5 мм в структурі деревини залишались антипірени. Антипіренами, в основному, служили амонійні солі фосфорної, сірчаної кислот, бура, борна кислота тощо. Деревина, яка містить в своїй структурі антипірени, називається вогнезахищеною.

Другий шлях пожежної профілактики деревини полягає в тому, що на поверхню деревини наносять вогнезахисне покриття, яке на певний час перешкоджає доступу теплоти до деревини. Така деревина теж називається вогнезахищеною. В залежності від ефективності покриття та його товщини, вогнезахищена деревина класифікується за показниками пожежної безпеки згідно з ГОСТ 12.1.044 [1] та ДБН В.1.1-7 [2]. Більш ефективними вогнезахисними покриттями є такі, що спучуються, утворюючи бар'єр для теплопровідності. Знайшли застосування такі марки покриттів: ВПМ-2, ВПМ-3, ВПД, "Сіофарб", "Ендотерм-ЖК" та інші.

Обидва шляхи мають як переваги, так і певні недоліки. Недоліком першого шляху є те, що сольові антипірени під дією атмосферної вологи та температури через визначений час висолюються, на поверхні деревини утворюється шар кристалічних солей, який під дією гравітаційних сил обсипається. Деревина втрачає вогнезахисні властивості, а тому потребує додаткової обробки. За старими будівельними нормами необхідно було проводити щорічне просочення. Окрім цього просочувальні засоби містили антисептичні речовини для біозахисту деревини. Частіше всього в якості антисептиків використовували високотоксичні речовини I та II класів безпеки за ГОСТ 12.1.007 [3], зокрема фторид та біфторид натрію, солі важких металів (міді, кобальту, хрому та інші). Вогнебіозахисна обробка деревини проводилась на таких об'єктах, як житлові будинки, школи, дитячі садочки тощо. Шкідливі речовини висолювались разом з антипіренами і таким чином із року в рік забруднювали оточуюче середовище.

Термін експлуатації вогнезахищених виробів з деревини, що виготовлені другим шляхом (за допомогою покриттів) є довшим. Однак через певний термін часу покриття втрачає адгезійну здатність до деревини і починає обсипатися. Ремонтна здатність покриттів дуже складна. Такі недоліки найбільш притаманні вогнезахисному покриттю "Сіофарб", основним компонентом якого є силікат натрію (рідке скло).

Помилка розробників цього покриття була в тому, що не були враховані фізико-хімічні властивості силікату натрію, зокрема, як відзначав видатний український вчений В.Вернадський, що в природі не існує солей кремнієвої кислоти, в природі є оксид кремнію, тобто пісок. Силікат натрію під дією оксиду вуглецю, як ангідриду більш сильної вугільної кислоти, переходить в карбонат натрію з утворенням оксиду кремнію. Ось чому покриття "Сіофарб" має дуже обмежений термін експлуатації. Це покриття втратило своє значення, воно зараз не використовується.

Що стосується відомостей про профілактику горіння тканин, паперу і очерету, то вони обмежені. Цей напрямок розроблявся дуже повільно і носив випадковий та епізодичний характер. Для вогнезахисту тканин і паперу користувались просоченням сольовими

антипіренами. Але структурна побудова цих матеріалів не дозволяла на довгий час затримувати антипірени, вони висолювались ще швидше, ніж з деревини.

Таким чином, існує проблема з пожежної безпеки щодо пожежної профілактики целюлозовмісних матеріалів, вирішення якої дозволило б забезпечити протипожежний захист об'єктів і не стримувати використання екологічно чистих матеріалів у будівництві і побуті.

Як завжди, практика служила рушійною силою науково-дослідних робіт у вирішенні цієї проблеми. Майже десять років тому науковці УкрНДІПБ МНС України розпочали вирішувати цю проблему. Враховуючи недоліки попередників та виходячи з фізико-хімічних особливостей структурної побудови деревини, тканин, паперу, очерету, необхідно було знайти нові наукові підходи до вирішення задач з пожежної профілактики цих целюлозовмісних матеріалів.

Оскільки найбільш поширеною серед целюлозовмісних матеріалів є деревина, то наукові розробки почали саме з неї. Був запропонований новий науковий підхід до вирішення задачі пожежної профілактики деревини, який дозволив об'єднати позитивні рішення вищеразглянутих шляхів та подолати їх негативні сторони. Найбільш значущою задачею вважали збільшення терміну збереження ефективності вогнезахисту матеріалу. Нами запропоновано третій шлях вирішення пожежної профілактики деревини, який є комбінованим, так як поєднує використання просочування деревини сольовими антипіренами та нанесення на просочену поверхню деревини полімерної плівки антисептика. Це дозволило кардинально змінити умови експлуатації уже вогнебіо захищеної деревини і таким чином сприяти підвищенню рівня пожежної профілактики об'єктів, на яких використовується такий матеріал [4].

По-перше, полімерна плівка антисептика (полігексаметилен-гуанідинфосфату) під технічною назвою "Гембар" створила бар'єр, який не дозволяє висолюватися антипірену, і таким чином збільшує термін експлуатації вогнезахисної деревини. Суміші сольового антипірену і полімерного антисептика виробляються під марками ДСА-1 та ДСА-2 [5]. Вогнезахисну ефективність просочувальних засобів ДСА-1 та ДСА-2 встановлено за ГОСТ 16363-98 і вона відповідає найбільш високій першій групі ефективності. Термічні випробування зразків такої вогнезахисної деревини після зберігання протягом 3 років в природних умовах об'єктів засвідчили, що ефективність вогнезахисту деревини практично не змінилась. Експрес-лабораторні випробування довговічності вогнезахисту такої деревини дозволяють прогнозувати термін експлуатації більше п'яти років.

По-друге, полімерний антисептик "Гембар", який відноситься до четвертого класу небезпеки [3] дозволяє вирішити екологічну задачу вогнебіо захисту деревини, відмовитися від шкідливих речовин, які раніше застосовувались.

"Гембар" за своїм хімічним складом дуже подібний до природних гуанідинових антисептиків. Це еластомер, який розчинний у воді. Завдяки наявності великої кількості атомів азоту і фосфору він відноситься до термічно стійких органічних речовин. Так при досягненні температури більшої за 360 °C відбувається його термодеструкція з утворенням коксового залишку та виділенням молекулярного азоту.

Наявність такої полімерної плівки на поверхні деревини, навіть декількох молекулярних шарів, змінює процес піролізу вогнебіо захищеної деревини [6]. Як засвідчують результати газової хроматографії продуктів піролізу вогнезахисної деревини (табл. 1), вміст горючих газів значно зменшується, особливо вміст водню. Значно зменшується вміст горючої і токсичної речовини, а саме оксиду вуглецю. Це має відношення до такого важливого експлуатаційного показника, як токсичність продуктів горіння. За цим показником, який визначено в Інституті медицини транспорту (м. Одеса), вогнебіо захищена деревина класифікується як матеріал з помірним значенням токсичності продуктів згорання (T2).

Чим більше антипірену введено в деревину і чим товстіша полімерна плівка антисептика, тим ефективнішим буде вогнезахист. Для задоволення різних вимог за нормами пожежної безпеки (ГОСТ 12.1.044) і будівельними нормами [1, 2] можуть використовуватись різні способи обробки, як поверхнєве просочення антипіреном, так і спосіб з використанням гарячої і холодної ванн антипірену з наступною обробкою просушеної деревини полімерним антисептиком "Гембар".

Сертифікаційні випробування вогнебіозахисних сумішей для деревини ДСА-1 та ДСА-2 засвідчили, що вогнебіо захищена деревина з вмістом антипірену  $60 \text{ кг/м}^3$  та  $400 \text{ г/м}^2$  антисептика класифікується як матеріал помірної горючості (Г2), важкозаймистий (В1), з помірною димоутворювальною здатністю (Д2), за токсичністю продуктів горіння - помірнонебезпечний (Т2) та матеріал, що не поширює полум'я по поверхні (РП1).

Тканини з бавовни, віскози і папір теж є матеріалами з целюлози, але їх структура і фізико-хімічні властивості відрізняються від деревини, а тому застосувати вогнебіо захисні суміші ДСА-1 та ДСА-2 для таких матеріалів не вдалось. Ці матеріали мають більш розвинуту поверхню і тому полімерний антисептик не може побороти процес висолювання антипірену. Через певний проміжок часу (2-3 місяці) вогне захищені тканини і папір покриваються шаром дрібних кристалів антипірену. Матеріал втрачає вогне захисні властивості, до того ж погіршується їх зовнішній вигляд. Тут знадобився новий підхід. Необхідно було розробити композицію, яка б мала вогнебіо захисні властивості та мала б міцну адгезію до матеріалів.

Пошук вівся в напрямку використання специфічних властивостей полігексаметиленгуанідинфосфату, а саме плівкоутворюючої здатності та міцної адгезії до целюлозовмісних матеріалів, а також пошук антипіренів, які б мали спорідненість до водного розчину полімеру, оскільки фосфат і сульфат амонію не мають спорідненості до "Гембару", антипірен висолюється. Нас зацікавив антипірен на основі фосфату сечовини. Він є кристалічною речовиною і добрим антипіреном для бавовняних тканин. Фосфат сечовини під дією теплоти ( $\sim 70^\circ\text{C}$ ) розкладається з виділенням оксиду вуглецю, аміаку, молекулярного азоту з утворенням поліфосфорних кислот. Недоліком цього антипірену є те, що він не тримається на поверхні тканин, з часом обсипається.

Подальший пошук дозволив отримати своєрідну композицію фосфату сечовини з полігексаметилен-гуанідинфосфатом. Цій композиції притаманні цікаві особливості, а саме, в концентрованому вигляді вона мала консистенцію меду, так званий в'язкотекучий стан, який з часом переходить у твердий стан. На поверхні волокон тканин та в капілярах паперу утворюється тверда еластична плівка, яка дуже міцно утримується на матеріалі, механічні коливання вогне захищеного матеріалу не приводять до обсипання композиції.

Такі особливі властивості плівки композиції вимусили провести ряд фізико-хімічних досліджень. Інфрачервоні спектри речовини показали, що композиція фосфату сечовини з полігексаметилен-гуанідинфосфатом являє собою полімерну речовину. Це підтверджено побудовою кристалічної форми композиції у вигляді сферолітів, яка притаманна полімерним речовинам, на відміну від ромбічних кристалів, які є у фосфату сечовини [8]. Як і для більшості еластомерів, нова полімерна композиція має в'язкотекучий стан під час переходу у твердий стан. Ця властивість композиції мала вирішальну роль у забезпеченні ефективності вогнебіо захисту тканин і паперу, яка визначалась за ДСТУ 4155 [9, 10]. Нову вогнебіо захисну композицію назвали ФСГ-1 [11].

Очерет за своєю фізичною структурою значно відрізняється від вищенаведених матеріалів, особливо за щільністю пор та густиною. Він дуже повільно і мало поглинає воду, а також розчин ФСГ-1. Експериментально встановлено, що тільки просоченням не можливо досягнути необхідної ефективності вогне захисту очерету, як покрівельного матеріалу. Для вирішення задачі вогнебіо захисту очерету знадобився новий науковий підхід, нові теоретичні та експериментальні дослідження, а саме іон-молекулярних

комплексів антипіренів, антисептика, зарядженості поверхні очерету і полімерної плівки вогнебіозахисної композиції.

Як відомо [12], макромолекули целюлози в своїй структурі мають велику кількість карбоксильних іонів, які визначають її зарядженість (аніоноактивні макромолекули). Виходячи з теорії побудови твердого тіла, поверхня целюлозовмісних матеріалів, які побудовані з аніоноактивних макромолекул, буде мати негативну зарядженість. Таким чином, до такої поверхні спорідненими будуть матеріали, які мають позитивний заряд на своїй поверхні, тобто побудовані з катіоноактивних макромолекул. Така спорідненість лежить в основі міцності адгезії різних матеріалів.

Теоретичними та експериментальними дослідженнями встановлено, що макромолекули комплексу фосфату сечовини і полігексаметилен-гуанідинфосфату є катіоноактивними. Полімерна плівка цієї речовини буде мати високу адгезію до матеріалу з аніоноактивної речовини, тобто до целюлозовмісних матеріалів. Отже, вогнебіозахисна композиція ФСГ-1 повинна міцно утримуватись на поверхні очерету.

Враховуючи вищенаведені особливості хімічної побудови і структури очерету, а також дослідження щодо властивостей та особливостей вогнебіозахисної композиції ФСГ-1, розроблено спосіб вогнебіозахисту очерету як покрівельного матеріалу дахів будинків з використанням цієї композиції.

Ефективність вогнезахисту очерету за допомогою композиції ФСГ-1 було встановлено під час його сертифікаційних випробувань [13] за ГОСТ 12.1.044. Було встановлено, що при витраті ФСГ-1 (розрахунок на суху речовину)  $300 \text{ г/м}^2$  вогнезахисний очерет відноситься до будівельних матеріалів помірної горючості (Г2), за показником розповсюдження полум'я до групи РП1 (матеріали, що не поширюють полум'я по поверхні). Під час дії теплового потоку з критичною поверхневою густиною  $20 \text{ кВт/м}^2$  не відбувалось займання оброблених зразків очерету протягом 900 с, що класифікує матеріал як помірнозаймистий (В2).

Одним з важливих питань профілактики горіння целюлозовмісних матеріалів є забезпечення відповідного терміну зберігання вогнезахисних властивостей оброблених матеріалів. Особливо воно є актуальним для використання вогнезахисних матеріалів зовні об'єктів, насамперед, покрівель дахів з очерету, зовнішніх елементів з деревини. Під дією атмосферних опадів вогнезахисні речовини можуть поступово вимиватись з матеріалів і таким чином зменшувати термін використання цих матеріалів.

Для вирішення цієї задачі були проведені теоретичні та експериментальні дослідження пошуку гідрофобізуючих речовин, які б мали спорідненість до поверхні вогнебіозахисних целюлозовмісних матеріалів. Позитивні результати були досягнуті при застосуванні сумішей для гідрофобізації "Сілол-АР", "Сілол-ЕКО" за ТУ У В.2.7-24.1-31911658.001. Характерною особливістю цих гідрофобізаторів є поліамфолітність макромолекул, що визначає міцну адгезію як до аніоноактивних, так і катіоноактивних поверхонь матеріалів.

Вогнезахисена деревина, яка отримана після оброблення сумішшю ДСА-2 з витратою  $47 \text{ кг/м}^3$  антипірену,  $400 \text{ г/м}^2$  антисептика та оброблення сумішшю для гідрофобізації "Сілол-АР" з витратою  $55 \text{ кг/м}^3$  за прогнозом результатів, що отримані за експрес-методикою, може зберігати свої вогнезахисні властивості більше п'яти років. Необхідно зазначити, що гідрофобізована деревина має ще кращі показники ефективності вогнезахисту ніж негідрофобізована.

Вогнезахисний очерет, який отримано після оброблення композицією ФСГ-1 з витратою  $300 \text{ г/м}^2$  та оброблення сумішшю для гідрофобізації "Сілол-ЕКО" з витратою  $60 \text{ г/м}^2$ , за прогнозом експрес-методики може зберігати свої властивості більше двох років.

Прикладом підтвердження на практиці ефективності застосування вогнезахисної деревини може служити пожежа, що відбулася в м. Донецьку. В результаті порушення правил пожежної безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт, відбулося загоряння майже всієї покрівлі готелю "Палас-Донбас". Вогненна маса бітумної суміші та руберойду

стекла на дерев'яні конструкції. Незважаючи на сприятливі умови (температура сягала за 30° С і був сильний вітер), пожежа не розвинулась, тому що дерев'яні конструкції покривлі, на які стікала бітумна суміш, були оброблені вогнезахисною композицією ДСА-1 і витримали термічне навантаження.

Пожежні м. Донецька, які ліквідували пожежу, виходячи з терміну початку гасіння пожежі та погодних умов стверджують, що якби не було профілактичної вогнезахисної обробки дерев'яних елементів горища, то пожежа набула б великих розмірів та й збитки були б більш значними.

Таким чином, проведені дослідження засвідчують, що вирішена наукова проблема пожежної безпеки, а саме пожежна профілактика целюлозовмісних матеріалів (деревина, тканини, папір, очерет), які використовуються на різних об'єктах. Рішення ґрунтуються на розробленні наукових основ вогнебіозахисту цих матеріалів з використанням сольових антипіренів, катіоноактивного полімерного антисептика та поліамфолітних кремнійорганічних речовин, а саме використання вогнебіозахисної суміші ДСА-1 при поверхневому просоченні деревини робить її вогнебіо захищеною. Цей засіб за сертифікаційними випробуваннями віднесено до першої групи вогнезахисної ефективності за ГОСТ 16363, що дозволяє застосовувати його для обробки дерев'яних елементів дахів. Застосування вогнебіозахисної суміші ДСА-2 для обробки деревини з використанням способу просочення гаряча-холодна ванна дозволяє отримати вогнебіо захищену деревину як матеріал з показниками Г2, В1, РП-1, Д2, Т2 за вимогами [1, 2], що дозволяє з точки зору пожежної безпеки використовувати її у будівництві, на об'єктах з масовим перебуванням людей, на шляхах евакуації, для оздоблення стін, стель і заповнення в підвісних стелях коридорів, холів та фойє, на залізничному транспорті тощо. А додаткова обробка вогнебіо захищеної деревини сумішшю для гідрофобізації "Сілол" дозволяє збільшити термін експлуатації її більш ніж на 5 років та використовувати зовні об'єктів.

Використання вогнебіозахисної композиції ФСГ-1 дозволяє отримати важкозаймисті матеріали з тканин і паперу, що з точки зору пожежної безпеки дозволяє важкозаймисті тканини використовувати на об'єктах з масовим перебуванням людей (готелі, кінотеатри, театри, кафе, ресторани тощо), а важкозаймистий папір для пакування займистих матеріалів. Використання вогнебіозахисної композиції ФСГ-1 та суміші для гідрофобізації "Сілол -Еко" для вогнебіо захисту очерету дозволяє отримати матеріал з показниками Г2, В2, РП-1, який можна використовувати як покрівельний матеріал для влаштування дахів на різнопланових об'єктах.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.1.044-1989 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: - М.: Издательство стандартов, 1990. - 143 с.
2. ДБН В.1.1-7-2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва. - К., 2003. (Держбуд України).
3. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. - К.: 1995. (Госстандарт Украины).
4. Борисов П., Жартовский В., Харченко И. Направления совершенствования огнезащитной пропитки древесины // Бюлетень пожежної безпеки. Науково-технічні проблеми та рішення. - К.: Пожісформтехніка, 2000.- Вип. 3. - С. 21-23.
5. ТУ У 24.6-32528450-001-2003 Суміші просочувальні для поверхневої вогнебіо захисної обробки деревини.
6. Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Гудович О.Д., Соколенко К.І. Дослідження токсичності продуктів горіння вогнезахисної деревини // Коммунальное хозяйство городов: Сб. научн. трудов. - К.: Техніка, 2005. - Вип. 63. - С. 320-326.

7. Сертифікат відповідності серія ВВ № 298765 від 25.11.2005 Просочувальна суміш ДСА-2 для вогнебіозахисної обробки деревини.
8. Барило О.Г. Вогнебіозахист тканин і паперу просочувальною композицією // Автореферат дис... к-та техн. наук: 21.06.02 / УкрНДІПБ МНС України.– К., 2005.– 22 с.
9. ДСТУ 4155–2003 Матеріали текстильні. Метод випробування на займистість: - К., 2003. - 7с.
10. Бут В.П., Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Барило О.Г. Новый подход к огнебиозащите изделий из целлюлозы // Пожаровзрывобезопасность. - М.: ВНИИПО, 2004. - вып. 5. - С. 31-32.
11. ТУ У 24.6-32528450-002-2004 із зміною № 1 Композиція просочувальна ФСГ-1 для поверхневого вогне- та біозахисту тканин, паперу, очерету та соломи.
12. Каганюк Д.С., Жартовський В.М. Полуэмпирический метод расчета ряда физико-химических параметров. - К.: ИПЦ "Киевский университет", 2006 - 273 с.
13. Сертифікат відповідності UA 1.016.0072672 - 06 Композиція просочувальна ФСГ-1 для поверхневого вогне- та біозахисту тканин (згідно з додатком 1) і паперу для пакування марки Б-3; композиція просочувальна ФСГ-1 з гідрофобізуювальною речовиною (сумішшю) "СІПОЛ-ЕКО" для очерету.

УДК 674.047

*Є.І. Івашко (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)  
Я.І. Соколовський, д.т.н., проф. (Український державний лісотехнічний університет)*

## ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОЄМНОСТІ КАПІЛЯРНО–ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ У ГІГРОСКОПІЧНІЙ ОБЛАСТІ

В цій статті визначається теплоємність капілярно-пористих матеріалів у гігроскопічній області, враховуючи взаємозв'язок вологи з матеріалами

*Актуальність досліджень.* Розробка та визначення певних енергоресурсозберігальних технологій та вдосконалення існуючих можливо на основі подальшого розшуку досліджень і розв'язування прикладних задач тепломасоперенесення у капілярно-пористих матеріалах. Фізичні процеси тепломасообмінних технологій оброблення таких матеріалів включають у себе комплекс досліджень щодо визначення їх фізико-механічних і теплофізичних властивостей з врахуванням потенціалів тепломасоперенесення. Одним з таких потенціалів, для яких актуальним є визначення теплофізичних властивостей з врахуванням зв'язку потенціалів перенесення матеріалів, є деревина. Вона характеризується високою гідрофобністю, значною містивістю структурних теплофізичних властивостей у напрямках анізотропії.

*Аналіз результатів.* У силу фазової та структурної неоднорідності, її теплофізичні властивості суттєво залежать, як від розподілу температури та вологості в матеріалі, а також і від форми зв'язку вологи з матеріалом. Дослідженням теплових властивостей деревини, зокрема визначенню теплоємності присвячено ряд фундаментальних робіт, як практичних так і експериментального характеру [1, 2, 3]. На сьогоднішній день можна зазначити два основні напрями визначення теплофізичних властивостей капілярно-пористих матеріалів, зокрема деревини. Першими експериментами з врахуванням стаціонарних та нестаціонарних