

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 674.048

Доц. Р.О. Демчина¹, канд. хім. наук;
проф. І.М. Озарків¹, д-р техн. наук; доц. М.Ф. Федина¹, канд. хім. наук;
магістр П.П. Гридзук¹; інж. Б.М. Перетятко²

ВИКОРИСТАННЯ АМІДОФОСФАТУ КМ ЯК АНТИПІРЕНУ ДЛЯ ПРОСОЧУВАННЯ ДЕРЕВИНИ МЕТОДОМ "ПРОГРІВ-ХОЛОДНА ВАННА"

Наведено результати експериментальних досліджень методом "прогрів-холодна ванна" антипіреном – амідифосфатом КМ на прикладі деревини дуба і сосни. Розкрито особливості будови і синтезу карбаміду. Описано використання методик досліджень процесів просочування і вогневих випробувань деревини дуба і сосни, захищених антипіреном. Показано термограми газів і процесів горіння.

Проблема вогнезахисту деревини на сьогодні є дуже актуальною. А вже підвищення ефективності вогнезахисту дерев'яних виробів, конструкцій та споруд з деревини завжди була, є і буде одним із найважливіших науково-практичних задач та вимагає успішного їх розв'язання [1-4]. Це пояснюється тим, що, незважаючи на велику кількість синтетичних будівельних матеріалів, деревина має велику фізико-механічну міцність і має високі теплоізоляційні властивості, легко обробляється, добре втримує металеві кріплення, а також є біологічно безпечним та поновлювальним матеріалом [3-4].

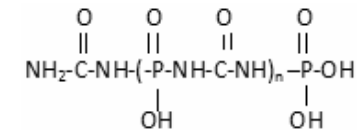
Вступ і постановка задачі. Деревина, як відомо, має такі істотні недоліки: низьку біо- та вогнестійкість і високу здатність до займання та поширення вогню.

Аналізуючи відомі на сьогодні склади хімічних засобів захисту та способи вогнезахисту дерев'яних елементів споруд [4, 5], можна констатувати, що саме хімічний спосіб вогнезахисту є найбільш дієвим і надійним. Зокрема, якщо раніше використовували поліхлорфеноли, стибій – та хромовмісні речовини для підвищення біовогнестійкості деревини, то, враховуючи дію антипіренів на довкілля і людину, стали використовувати згодом класичні сольові антипірени (діамонійфосфат, буру, борну кислоту, натрій карбонат та інші). Останні антипірени мають такі істотні недоліки: втрачають свою захисну дію із часом, легко вимиваються водою. Вони можуть також містити компоненти, які спричиняють корозію металевих елементів, що контактують безпосередньо із деревиною і стимулюють розвиток дереворуйнівних грибів та змінюють природний колір деревини. Окрім цього, деякі сольові антипірени в разі підвищення температури більше 105 °С розкладаються, що ускладнює процес оброблення ними деревини, інші можуть втрачати свої властивості з плином часу, що вимагає систематичного проведення вогнезахисних робіт на одному об'єкті [10].

Нові просочувальні засоби, зокрема суміш сольового антипірену та полімерного антисептика (ДСА-1) [11], не можуть використовуватися для оброблення зовнішніх дерев'яних поверхонь через їх здатність до вимивання, що призводить до обмеження терміну їх експлуатації [9]. Використання сольових антипіренів практично вичерпало свої можливості; вони мають хороші вогнезахисні властивості, але приготування їхніх сумішей не дає змогу усунути недоліки кожного з компонентів. Окрім цього, в більшості випадків використовують не окремо ретарданти, а біовогнезахисні препарати, а це передбачає присутність шкідливого антисептичного компоненту. Тому під час розроблення нових вогнезахисних препаратів необхідно намагатись надати їм антисептичних властивостей без шкоди для людей і довкілля. Такі тенденції привели до широкого впровадження нових антипіренів на основі сконденсованих олігомерів. Так розроблено антипірени на основі композиції фенолоспиртів та конденсованих органосилазанів [12].

Деревину просочують цими сполуками, після чого відбувається конденсація фенолоспиртів з утворенням полімерного каркасу фенолоформальдегідної смоли ФФС у структурі деревини. Це приводить як до покращення експлуатаційних характеристик виробів, так і до підвищення вогнестійкості через зниження дифузії горіння газів. Окрім цього, ФФС та КОС є порівняно термостійкими речовинами, а відтак надають виключно високої термостійкості деревині. Також останнім часом як антипірени застосовують карбамідофуранові смоли (КФуС) [13] та карбамідо-меламіно-формальдегідні смоли (КМФС) [14]. Ці речовини є дуже ефективними антипіренами та, окрім цього, покращують міцнісні характеристики деревини та її вологостійкість. Фрагмент хімічної будови (КФуС) та (КМФС) наведено нижче.

Потрібно зазначити, що згадані речовини на основі фенолоспиртів, (КФуС) та (КМФС) є недешевими антипіренами та володіють доволі високою токсичністю; проте їх використання є виправданим в умовах підвищеної вогнебезпеки, коли значення вартості виробу та його токсичності має другорядне значення. Так, інші нові антипірени на основі конденсованих сполук сечовини та фосфатної кислоти не токсичні, доволі дешеві і знайшли своє використання як антипірен, який називають амідифосфат КМ [15]. Хімічна будова амідифосфату КМ така:

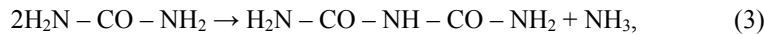
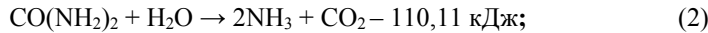
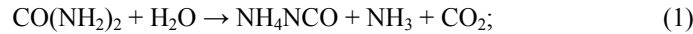


Варто зазначити, що перелічені нові ретарданти показали себе ефективними антипіренами, але мають відносно високу токсичність та вартість. Тому для дослідження ми обирали антипірени з огляду на їх ефективність вогнезахисту, вартість та екологічність.

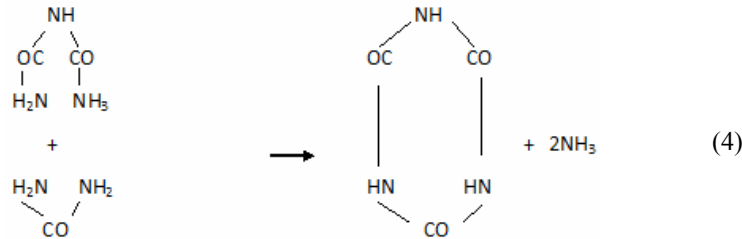
¹ НЛТУ України, м. Львів;

² Львівський ДУ безпеки життєдіяльності, м. Львів

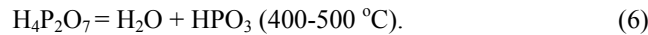
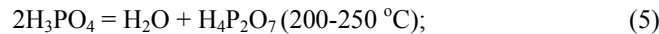
Зокрема, для нового та вже використовуваного амідфосфату КМ характерні такі властивості. Амідфосфат КМ є продуктом конденсації карбаміду та ортофосфатної кислоти за ~127°C. Вихідні речовини для його отримання є також відомими антипіренами. Карбамід під час нагрівання розкладається з виділенням газів амоніаку та вуглекислого газу, а також може зазнавати ряду ендотермічних перетворень, що сприяє поглинанню тепла:



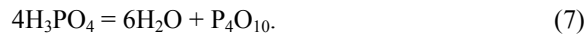
Біурет з карбамідом можуть конденсуватися з утворенням ціанурової кислоти:



Усі такі перетворення характеризуються поглинанням тепла в широкому інтервалі температур 150-200 °С. Інший компонент амідфосфатних олігомерів – це ортофосфатна кислота, теж може зазнавати ендотермічних перетворень та є джерелом піролізної води та інертного фосфорпентаоксиду, тобто

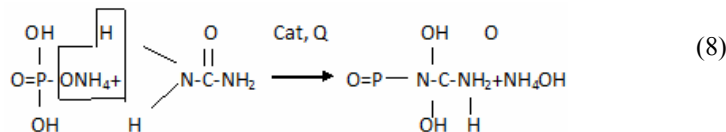


Наступне нагрівання може призводити до утворення триполіфосфатної та тетраполіфосфатної кислот $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ та $\text{H}_6\text{P}_4\text{O}_{13}$, а при піролізі до повної дегідратації утворюється димерфосфор (V) оксиду:

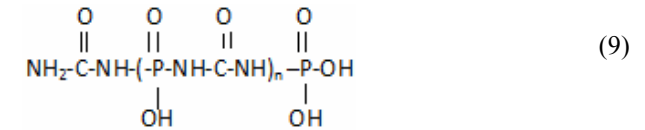


Очевидно, що усі такі властивості карбаміду та ортофосфорної кислоти зберігає і продукт їх конденсації, адже він виявився ефективним антипіреном.

Карбамід конденсується з ортофосфорною кислотою з утворенням амідфосфату КМ, що показано в [16]. Його можна також отримати завдяки взаємодії амонійфосфату та карбаміду:



Як бачимо, продукт конденсації на такій схемі реакції є димером. Проте в літературі [1-3] також повідомляють про можливість утворення олігомерів, будову яких можна показати таким чином:



Амідоборатофосфат має низку переваг, порівняно з сольовими антипіренами: краще поглинається деревиною; не містить токсичних чи шкідливих речовин, залишок борної кислоти надає антипірену антисептичних і протикорозійних властивостей; нейтральне рН (для більшості сольових антипіренів, середовище є кислим або лужним) не впливає негативно на фізико-механічні властивості деревини; добре розчиняється у воді.

Синтез амідфосфату КМ. Амідфосфат КМ синтезували конденсацією 85 % ортофосфорної кислоти з карбамідом у розплаві за 135 °С у мольному співвідношенні 1:1. Синтез проводили до рН=5-6 на піщаній бані в чотиригорлій колбі, оснащій мішалкою, термометром та зворотнім холодильником. Вміст колби охолоджували до температури 65 °С та розчиняли у воді.

Схему установки для синтезу амідфосфату КМ наведено на рис. 1: вона складалась з піщаної бані 1, чотиригорлої колби 2, мішалки 3, зворотного холодильника 5, газового пальника 6 і термометра 4.

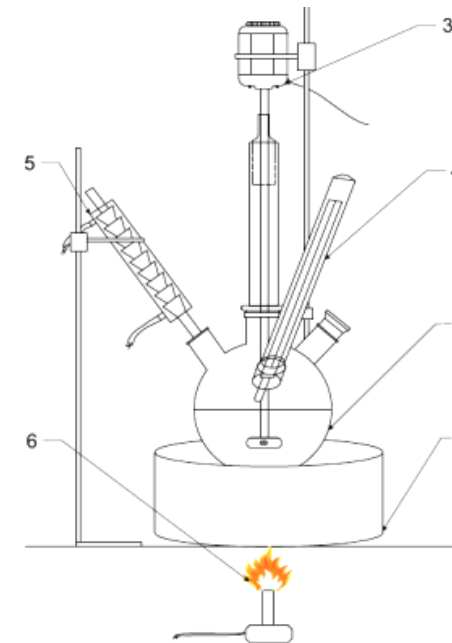


Рис. 1. Схема установки для синтезу амідфосфату КМ

Перед проведенням синтезу зважували необхідну кількість карбаміду і відміряли з допомогою мірного циліндра розчин фосфорної кислоти. По черзі в реактор завантажували реагенти та нагрівали на піщаній бані. Для охолодження парів вихідних речовин та продуктів використовували зворотній холодильник. Реактор був споряджений електричною мішалкою для перемішування та рівномірного нагрівання суміші; термометром служили рідинні термометри для контролю температури; інше горло колби використовували для відбору проби для визначення кислотності середовища; після чого горло закривали скляним корком.

У таких умовах синтезу утворюється продукт, що має найбільшу розчинність. Мольне співвідношення вихідних речовин 1:1 приводить до продукту, який має кращі вогнезахисні властивості [6].

Також було проведено експеримент з синтезом антипірену у відкритій посудині та без мішалки. Необхідно зазначити, що продукт в кінцевому результаті після охолодження був значно твердішим, ніж при синтезі в першому випадку, що зумовлене тим, що пари при реакції виділялися в повітря, а не поверталися назад в реактор. Проте властивості антипірену у двох видах були аналогічними; тому можна зробити висновок про можливість такого синтезу. Просочування зразків розміром 40×40×250 проводили методом холодно-гарячих ванн. Попередньо нагріті у сушильній шафі до 90 °С протягом 60 хв зразки занурювали в розчин антипірену з температурою 25 °С на 40 хв. Зразки зважували на електронних або технічних вагах з точністю до 0,001 г. Об'єм розчинів вимірювали до 1 мл.

Просочування зразків відбувалося в посудині з матеріалу, стійкого до корозії, а самі зразки були розміщені таким чином, щоб вони не торкалися ні до стінок ванни, ні один до одного, а товщина шару розчину над верхньою гранню зразка становила близько 5-10 мм. Визначали витрату просочувального розчину шляхом зважування зразка до просочування та після просочування. Зважування просочених зразків проводили після того, як з них перестане стікати розчин. Залишки розчину на торцях зразків знімали фільтрувальним папером. Доведені до постійної маси зразки зважували та визначали загальне поглинання сухого вогнезахисного препарату деревиною (R_i) за формулою [4]:

$$R_i = (m_1 - m_2) / V, \text{ кг/м}^3, \quad (10)$$

де: m_1 – маса зразка перед спалюванням; m_2 – маса зразка до просочування, кг; V – об'єм зразка, м³.

Для просочених зразків виміряли втрату маси за 1 год після просочення та за 3, 7, 10 діб. Помічено, що за 10 діб вага зразків за температури 25 °С та відносної вологості повітря до 60 % залишається, практично, незмінною. Для зразків, просочених амідифосфатом КМ, висюлювання не спостерігалось, але відчувався неприємний запах амоняку, який, проте, був не різким і з часом зникав.

Проявлення зразків на глибину просочування антипіреном. Зразки, просочені амідифосфатом КМ, проявляли за допомогою якісної реакції на фосфат-йон. Розчин $(\text{NH}_4)_2\text{M}_2\text{O}_4$ у 30 %-й сульфатній кислоті наносили піпеткою на поверхню деревини. Через 10-15 с на поверхню наносили розведений розчин SnCl_2 в HCl . Забарвлені в синій (синьо-зелений) колір ділянки зразків містять фосфат-йон, який є, на нашу думку, продуктом кислотного гідролізу амідифосфату (дія 30 % H_2SO_4), або залишку PO_4^{3-} від синтезу з ортофосфорної кислоти. Деякі труднощі для проявлення таким способом, проявились під час дослідження просочених зразків сосни. Адже, очевидно, живиця як складний за хімічним складом об'єкт містить фосфор у тих чи інших формах, а тому також дає реакцію на фосфор, тобто приводить до появи забарвлення. Таким чином, глибину просочення для сосни визначали, віднімаючи з загальної забарвленої області ділянки, які містили більше смоли. Також доведено, що деревина, яка не просочена амідифосфатом КМ, не дає якісної реакції на фосфат-йон.

Підготовка зразків деревини для вогневих випробувань. Для проведення випробувань зразки були підготовлені згідно з ГОСТ 16363-98. Випробування проводили на повітряно-сухій деревині. Зразки для випробувань не повинні мати видимих вад за ГОСТ 2140 (сучки, тріщини, висмолення, пошкодження дереворуйнівними грибами). Бокова поверхня зразків має бути струганою, торці обпиляні і відшліфовані шліфувальною шкуркою.

Зразки деревини були виготовлені прямокутної форми з поперечним перерізом 10×10 мм та довжиною 150 мм. Відхилення від розмірів можуть бути не більше ±1 мм. Бажано для випробування просочувальних препаратів виготовляти зразки із заболоні деревини.

Зразки деревини перед нанесенням вогнезахисного препарату доводили до постійної маси в термостаті за температури 45^{±2} °С. Термостатування зразків деревини зупиняли, якщо їх зміна маси між двома послідовними зважуваннями, проведеними з інтервалом у 2 год, становила менше 0,2 г. Оброблення зразків антипіренами проводили не пізніше, ніж через 30 хв після термостатування, або для запобігання зміні їхньої маси за рахунок поглинання вологи до початку випробувань зразки поміщали в ексікатор.

Вогневі випробування дере-

вини. Всередині стінки металевої труби 3 (рис. 2) покривають алюмінієвою фольгою, блискучою стороною всередину, відповідно до ГОСТ 16383 і будівельних норм НПБ 251-98. Із фольги вирізають смуги шириною рівною довжині стінок труби. Далі ними в три шари закривають внутрішні стінки труби, розрівнюють їх по стінці і загинають їх по торцях на зовнішню сторону труби. Запалюють спиртовий пальник 1 та встановлюють висоту полум'я пальника 40-55 мм. Трубу, з допомогою штатива 5, ставлять у вертикальне положення над пальником 1 і регулюють його так, щоб температура протягом 5 хв становила 200^{±5} °С.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне трьох випробувань округлене до 1 %.

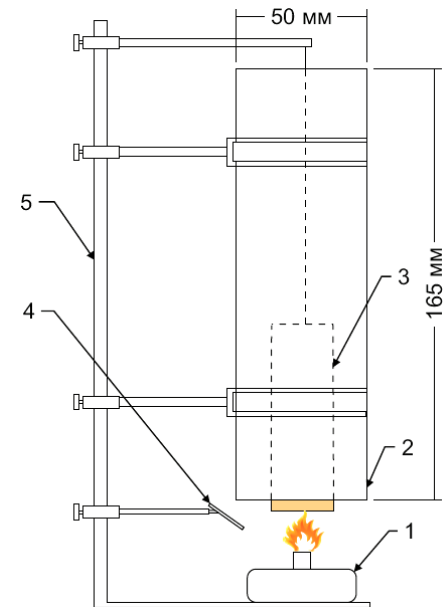


Рис. 2. Схема установки для вогневих випробувань

Для антипіренів I групи вогнезахисної ефективності очікують середнє арифметичне значення втрати маси зразка менше 9 %, для антипіренів II групи – не більше 25 %, при цьому дозволяється самостійне горіння зразків до 40 с після дії вогневого імпульсу для антипіренів II групи вогнезахисної ефективності.

Взагалі потрібно зазначити, що вогневі дослідження проводять по-різному залежно від вогневих властивостей матеріалу. Так, у [17] розрізняють легкозаймисті, горючі, важкогорючі, самозатухаючі та негорючі матеріали. Легкозаймистими матеріалами є ті матеріали, горіння яких поширюється відразу на увесь зразок займання.

Випробування проводять у витяжній шафі з примусовою вентиляцією.

При досягненні у трубі необхідної температури в неї встановлюють випробувальний зразок 3, закріплений на тримачі, і одночасно вмикають секундомір. Сам зразок повинен розташовуватися по центру газового пальника, на відстані 20-25 мм від його кінця. Зразок тримають у полум'ї протягом часу, який необхідний для займання більшої частини зразка, після чого припиняють дію вогневого імпульсу на зразок, забираючи пальник, і слідкують за горінням, за зміною кольору зразка та часом самостійного тління зразка.

Охолоджений зразок виймають з труби і зважують. Втрату маси зразка P, % визначають з точністю до 0,1 % за формулою [4]:

$$P = ((m_1 - m_2) \cdot 100) / m_1,$$

де: m_1 – маса зразка до випробувань, г; m_2 – маса зразка після випробувань, г.

Горючими називають такі матеріали, що при горінні втрачають більше 20 % маси та після припинення дії вогневого імпульсу горять більше 60 с. Так самозатухаючі та негорючі матеріали доцільно досліджувати при постійному вогневному імпульсі. Тоді, як легкозаймисті та горючі, до яких відноситься необроблена та суха деревина, досліджують методом "вогневої" труби підпалюючи зразок; після чого припиняють вогневий імпульс і встановлюють вогневі характеристики: втрату маси, час самостійного горіння та тління.

У літературі описано низку різновидів методу "вогневої" труби [1-4]. Усі вони різняться розміром зразків та часом вогневого імпульсу та розміром пальника. Так, наприклад, для зразків 20×10×5 мм використовують полум'я спиртівки з часом підпалювання 15 с (метод Таубкіна та експрес-метод ОСП Максименко). Так, відомий метод "вогневої" труби ASTM E 69-50, де досліджують деревину розміром 1000×20×10 мм на полум'ї висотою близько 20 см. За ГОСТ 16383 доцільно використовувати зразки розміром 30×60×150 мм та витримувати у полум'ї газового пальника висотою до 10 см протягом 2 хв для самозатухаючих матеріалів [1, 2, 4].

У цій роботі ми обрали параметри вогневих досліджень, що дають достатньо точну якісну та кількісну характеристику досліджуваним зразкам деревини розміром 10×10×150 мм. Зразки підпалювали полум'ям спиртового пальника висотою 40-55 мм; після займання зразка пальник забирали і фіксували параметри горіння. Зміну температури в "вогневій" трубці фіксували з допомогою термопари (ХА), розміщеною на висоті 10 мм над зразками. Результати спостережень за вогневими властивостями зразків деревини дуба та сосни наведено в табл. 1, 2 та на рис. 3 і 4.

Табл. 1. Результати вогневих випробувань деревини сосни, просоченої амідофосфатом КМ*

№ зразка	Маса необроблених взірців, с	Маса до випробування, г	Маса після випробування, г	Втрата маси, %	Час загоряння, с	Час самостійного горіння, с
1	6,557	6,804	5,700	16,22	81	33
2	6,076	6,227	5,245	15,77	85	26
3	5,904	6,201	5,368	13,44	90	20
4	7,871	7,995	6,678	16,47	83	25
5	7,925	8,135	6,889	15,31	80	20
6	6,155	6,390	5,332	16,55	81	35
7	6,506	6,657	5,457	18,03	80	60
8	8,278	8,746	7,560	13,56	86	15
9	6,309	6,728	5,580	17,06	80	60
10	7,615	7,835	6,552	16,37	83	40
11	7,578	8,124	6,989	13,97	87	10
12	7,003	7,255	6,219	14,28	80	38
Середнє для 12 взірців				15,59	83	32
Контроль**	7,825	7,825	1,140	85,43	15	120

Примітки: * тління взірців після їх горіння. ** час тління контрольних взірців 120 с

Табл. 2. Результати вогневих випробувань деревини дуба, обробленої амідофосфатом КМ*

№ зразка	Маса необроблених взірців, с	Маса до випробування, г	Маса після випробування, г	Втрата маси, %	Час загоряння, с	Час самостійного горіння, с
1	9,345	9,981	8,248	17,36	55	35
2	9,022	9,186	6,625	27,82	50	75
3	8,897	9,055	6,981	22,90	45	80
4	10,957	11,391	9,863	13,41	45	70
5	9,830	10,182	9,040	16,25	60	30
6	8,615	8,890	7,225	18,73	55	75
7	9,801	10,064	7,891	21,59	50	25
8	11,315	11,701	10,141	13,31	60	30
9	11,266	11,669	9,723	16,67	50	25
10	9,032	9,357	7,530	19,52	55	65
11	12,026	12,477	11,490	7,91	53	25
12	10,699	11,235	9,637	14,22	50	30
Середнє для 12 взірців				17,47	52	47
Контроль**	10,285	10,285	2,290	77,73	30	170

Примітки: * тління взірців після їх горіння не спостерігалось. ** час тління контрольних взірців 110 с

Результати вогневих досліджень показали, що деревина, захищена амідофосфатом КМ, переходить із групи легкозаймистих матеріалів, до самозатухаючих, а амідофосфат КМ можна віднести до антипіренів II групи вогнезахисної ефективності при використанні 17 %-го водного розчину і масовій витраті до 85 та 40 кг/м³ для сосни та дуба відповідно, оброблених методом прогрів-холодна ванна. Варто звернути увагу на те, що під час вогневих випробувань на жодному з взірців не спостерігалось тління; самостійне горіння після зняття теплового імпульсу відбувалось тільки нетривалий час, що свідчить

про високу здатність цього антипірену до зменшення горіння. Так, для деревини сосни середня втрата маси становила менше 16 %, а дуба менше 18 %.

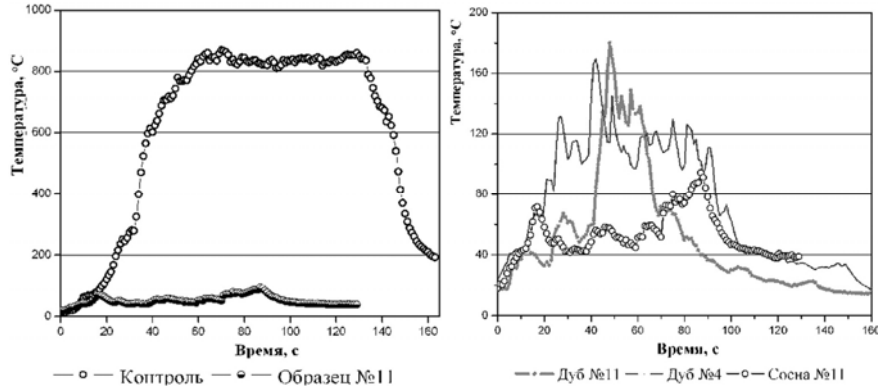


Рис. 3. Термограма горіння взірців деревини сосни та контрольного зразка

Рис. 4. Термограма горіння взірців деревини сосни і дуба

Потрібно сказати, що більша втрата маси та загалом гірший вогнезахист зразків дуба пояснюється його гіршою здатністю до просочування антипіреном. Також бачимо, що середній час самостійного горіння значно більший для зразків дуба, а саме: 50 с проти 30 с для сосни. Також і займання відбувалося швидше для зразків деревини дуба. Проте, якщо порівняти результати горіння контрольних зразків, то бачимо значні показники вогнезахисту для оброблених антипіренами. Щодо характеру горіння спостережуваних зразків, то варто зазначити, що для жодних із них не спостерігали повного розгорання зразка, самостійне горіння, що спостерігалось, було не інтенсивним та обмежувалось невеликими зонами до 30 % площі зразка.

Також те, що горіння було незначним, підтверджено термограмами газів горіння (рис. 3 і 4), де показано, що контрольний зразок (який не оброблений захисним засобом) вже на 15-20 секундах починає займатись і починає стрімко розгоратися, що веде до зростання температури, яка вже через хвилину сягає близько 800 °C і після припинення вогневого імпульсу (15 с) продовжує горіти до повного згорання (втрата маси 85 %). Взірці ж, оброблені антипіреном, як бачимо з графіка, втримують практично стабільну температуру протягом всього часу.

Також очевидно з рис. 4, що в середньому температура газів горіння є вищою для оброблених зразків дуба, аніж для сосни, що також пояснюється нижчою вогнезахисністю та більшою втратою маси таких зразків через більшу горючість. Треба зазначити, що температури, зафіксовані на термограмах, не є абсолютними, а слугують для порівняння горючої здатності зразків, оскільки термопара розташована у фіксованому місці (10 мм над зразком), а не в окислювальній частині полум'я, яке є змінним від експерименту.

Висновок. Отже, цей антипірен можна успішно використовувати для підвищення вогнестійкості деревини в столярному і будівельному виробництвах.

Література

1. Горшин С.Н. Консервирование древесины / С.Н. Горшин. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1977. – 336 с.
2. Иванов Ф.М. Биоповреждения в строительстве // Ф.М. Иванов, С.А. Горшин, Дж. Уэйт и др. / под ред. Ф.М. Иванова, С.Н. Горшина. – М. : Стройиздат, 1984. – 320 с.
3. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский, А.И. Расев. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1987. – 360 с.
4. Озарків І.М. Аналіз біовогнезахисних препаратів для дерев'яних конструкцій і споруд / І.М. Озарків, Б.М. Перетятко // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2003. – Вип. 13.4. – С. 278-285.
5. Озарків І.М. Основи біовогнезахисту деревини : навч. посібн. / І.М. Озарків, Ю.М. Губер, Л.Я. Сорока, З.П. Копинець – Львів : Вид-во НЛТУ України, 2007. – 72 с.
6. Перетятко Б.М. Дослідження показників просочення деревини з допомогою антипіренів, створених на основі карбаміду та сполук фосфору / Б.М. Перетятко, І.М. Озарків, Р.О. Демчина // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.4. – С. 169-173.
7. Кондратьев С.Ф. Защита древесины / С.Ф. Кондратьев, А.В. Куценко, Т.А. Садовникова. – К. : Вид-во "Будівельник", 1976. – 173 с.
8. Несов В.Д. Защита деревянных конструкций от возгорания : научное сообщение / науч. ред. В.Д. Несов. – М. : Государственное изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам. – 1958. – Вып. 6. – 51 с.
9. Абрашев Г. Метод пропитки древесины жидкостями / Г. Абрашев // Деревообрабатывающая и мебельная промышленность. – 1973. – № 3-4. – С. 27-30.
10. Генель С.В. Старение древесины и фанеры пропитанных антипиренами / С.В. Генель // Научно-технический реферативный сборник механической обработки древесины. – 1978. – Вып. 11-12. – С. 18-21.
11. Жартовский В.М. Шляхи створення та використання просочувальних вогнезахисних препаратів ДСА-1, ДСА-2 для деревини і фанери / В.М. Жартовський. – К. : Изд-во "Кинетика и катализ". – 2006. – № 1. – С. 176-179.
12. Гречман А.О. Пат. 2147028 Российская Федерация С09К21/04, С09D5/16, В27К3/52, В05D7/06 / А.О. Гречман, Т.А. Гречман // ООО "Технический центр пожарной безопасности" – заявл. 06.04.1999; опубл. 27.03.2000.
13. Попов А.Н. Фурановые олигомеры в производстве композиционных материалов / А.Н. Попов, С.А. Угрюмов // Актуальные проблемы лесного комплекса : сб. науч. тр. – Брянск : Изд-во БГИТА, 2008. – Вып. 21. – С. 260-261. 0,25/0,1 п.л.
14. Леонович А.А. Теория и практика изготовления огнезащитных древесных плит / А.А. Леонович. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. – 176 с.
15. Пат. 2172242 Российская Федерация В27К3/52, В27К3/34, С07F9/22. Огнезащитный состав КМ / А.А. Леонович, А.В. Шелоунов. Заявитель и патентообладатель: Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия, № 2000113921/04; заявл. 31.05.2000; опубл. 20.08.2001.
16. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний: НПБ 251-98 – [Введен в действие от 1998-06-31]. – М. : ВНИИПО) МВД России, 1998. – 5 с.
17. Колдолов В.И. Горючесть и огнестойкость полимерных материалов / В.И. Колдолов. – М. : Изд-во "Химия", 1976. – 160 с.

Демчина М.О., Озарків І.М., Федина М.Ф., Грыджук П.П., Перетятко Б.М. Использование амидофосфата КМ как антипирена для пропитки древесины методом "прогрев-холодная ванна"

Приведены результаты экспериментальных исследований методом "прогрев-холодная ванна" антипиреном – амидофосфатом КМ на примере древесины дуба и сосны. Раскрыты особенности построения и синтеза карбамида. Описано использование методик исследований процессов пропитки и огненных испытаний древесины дуба и сосны, защищенных антипиреном. Показана термограмма газов и процессов горения.

Demchyna R.O., Ozarkiv I.M., Fedyna M.F., Grydguk P.P., Peretyatko B.M. The use of amide-phosphate KM as fire-retardant for wood impregnation by means of hot and cold baths method

This paper describes the methods for increasing fire-resistance of millwork and construction products made of wood. The features of chemical agents for wood protection have been analyzed. The experimental facilities for KM amide-phosphate synthesis have been described. The paper covers the results of experimental studies.

УДК 630*81 Доц. Т.В. Юськевич, канд. с.-г. наук – НЛТУ України, м. Львів

МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕРЕВИНИ ІНТРОДУКОВАНИХ ВИДІВ СОСНИ

Наведено основні механічні властивості деревини інтродукованих видів сосни (сосни Банкса, сосни Веймутова, сосни жорсткої, сосни чорної), які зростають у лісових насадженнях Західного регіону України. Досліджено межу міцності при статичному згині та стиску вздовж волокон деревини досліджуваних видів, а також їх ударну в'язкість при згині та ударну твердість.

Ключові слова: інтродуковані види сосни, механічні властивості деревини, межа міцності при статичному згині, межа міцності при стиску вздовж волокон, ударна в'язкість при згині, ударна твердість.

Під час використання деревини як будівельного та облицювального матеріалу, а також і в процесі технологічного оброблення деревини, істотне значення мають її механічні властивості. Вони, як відомо, характеризують здатність матеріалу чинити опір механічним зусиллям.

Дослідження деревини на твердість мають істотне практичне значення, оскільки ця властивість деревини проявляється в процесах різання та шліфування, під час стирання та ін. Окрім цього, визначення твердості є важливим для загального оцінювання якості деревини внаслідок наявного тісного зв'язку між показником твердості і основними механічними властивостями [6, 7].

Проте механічні властивості деревини інтродукованих видів сосни, які зростають в лісових насадженнях України, вивчено вкрай недостатньо, а деякі з них і взагалі не досліджено. Тому метою нашого дослідження було вивчити основні механічні властивості деревини інтродукованих видів сосни (сосни Банкса, сосни Веймутова, сосни жорсткої, сосни чорної), які ростуть у лісових насадженнях Західного регіону України. Для контролю визначали властивості деревини сосни звичайної.

Для проведення запланованих досліджень ми відібрали модельні екземпляри інтродукованих видів у пристигаючих лісових насадженнях ДП "Золочівське ЛГ" та ДП "Бродівське ЛГ" Львівського обласного управління лісового та мисливського господарства. Із відібраних модельних дерев виготовили взірці деревини для проведення експериментів із вивчення фізико-механічних властивостей деревини. Відбір модельних екземплярів, виготовлення взірців та безпосередньо дослідження здійснювали згідно зі встановленими вимогами чинних стандартів [2, 5, 7].

Вид показників, які характеризують здатність деревини деформуватися, являють собою постійні пружності. Ці показники встановлюються шля-

хом механічних випробувань за порівняно короткочасної дії навантажень обмеженої величини, що зумовлено необхідністю дотримуватися умови пружного деформування деревини. Випробовування проводили за допомогою розривної машини ИР 5057-50.

Статичний згин належить до одного з основних показників, які досить часто використовують для характеристики механічних властивостей деревини. Під час експериментальних досліджень заведеною стандартною методикою, зразок розміщували на опорах так, щоб зусилля були спрямовані вздовж річних шарів, тобто був тангентальний згин. За даними вчених, різниця міцності при радіальному і тангентальному згинах спостерігається лише у хвойних, причому межа міцності при тангентальному згині може бути на 10-12 % вища, ніж при радіальному [2].

Стиск вздовж волокон проводили згідно зі стандартом за допомогою відповідного пристрою. Зразок необхідної форми навантажували рівномірно з постійною швидкістю зростання зусилля з таким розрахунком руйнування зразка через 0,5-1,5 хв після початку дослідження. Результати проведених досліджень із вивчення межі міцності при статичному згині та стиску вздовж волокон деревини інтродукованих видів сосни наведено у табл. 1.

Табл. 1. Межа міцності при статичному згині та стиску вздовж волокон деревини інтродукованих видів сосни, МПа

Вид сосни	Частина стовбура	При згині		При стиску	
		σ_w	σ_{12}	σ_w	σ_{12}
С. Банкса	комлева	84,8	79,4	55,2	52,6
	середина	74,2	69,1	48,7	46,2
	верхова	69,0	64,1	47,0	42,6
	середнє	76,0	70,9	50,3	47,1
С. Веймутова	комлева	78,3	72,9	47,5	43,0
	середина	73,4	68,8	45,4	41,1
	верхова	71,9	67,2	47,3	43,0
	середнє	74,5	69,6	46,7	42,4
С. жорстка	комлева	87,6	83,8	53,7	51,5
	середина	76,8	72,0	47,9	45,8
	верхова	71,0	66,7	45,2	42,1
	середнє	78,5	74,2	48,9	46,5
С. звичайна	комлева	89,7	88,8	41,5	39,9
	середина	72,5	71,9	38,9	36,5
	верхова	67,1	66,6	35,6	34,3
	середнє	76,4	75,8	38,7	36,9
С. чорна	комлева	106,5	99,1	68,0	65,1
	середина	87,3	82,6	50,5	48,3
	верхова	81,9	77,0	50,4	46,0
	середнє	91,9	86,2	56,3	53,1

Примітки: σ_w – межа міцності зразка з вологістю w у момент дослідження; σ_{12} – межа міцності зразка за вологості 12 %.

Як видно із даних табл. 1, найвищі значення показника межі міцності при статичному згині відзначено у деревини сосни чорної. Так, за нашими даними, вони змінюються в межах 77,0-99,1 МПа. Найнижчі значення межі