

*Гринь Світлана Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра хімічної техніки та промислової екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, e-mail: himeco@kpi.kharkov.ua.*

*Філенко Олеся Николаевна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра хімічної техніки та промислової екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна.*

*Гринь Светлана Александровна, кандидат технических наук, доцент, кафедра химической техники и промышленной экологии, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина.*

*Filenko Olesia, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: olesyafilenko200@mail.ru.*

*Grin Svitlana, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: himeco@kpi.kharkov.ua*

УДК 614.842.615

Цапко Ю. В.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ДЕРЕВИНИ ПРИ МОДИФІКУВАННІ ПРОСОЧУВАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ

*Розкрито механізм стійкості модифікованої деревини до термічного розкладу. Проведено дослідження процесу термодеструкції модифікованої деревини, методом хроматографії здійснено якісний і кількісний аналіз одержаних продуктів та встановлено збільшення коксового залишку у оброблених зразках та зниження кількості горючих газів.*

**Ключові слова:** просочення, деревина, антипірени, антисептики, деструкція, ефективність модифікації, вогнестійкість.

### 1. Вступ

Капітальне будівництво та реконструкція існуючих об'єктів цивільного, промислового та спеціального призначення, пов'язане з використанням різноманітних будівельних матеріалів, у тому числі целюлозовмісних (деревина, тканини, папір), які високочутливі до впливу високої температури, вологості та біологічного пошкодження, тобто здатністю зберігати функціональні властивості в умовах експлуатації. А тому на сьогодні найбільш ефективним методом поліпшення комплексу властивостей целюлозовмісних матеріалів: підвищення біо- і вогнестійкості, гідрофобності, міцності та довговічності, є модифікування її неорганічними та органічними речовинами.

### 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Захист деревини капілярним просоченням, забезпечує високу ефективність і повинен створити умови досягнення необхідної якості захисного покриття і тривалості безпечної експлуатації об'єктів [1].

Для комплексного захисту деревини від загоряння і біологічного руйнування запропоновано невелику кількість препаратів, зокрема суміш сульфату амонію, діамонійфосфату і фтористого натрію (композиція МС), або ортоборату натрію і борної кислоти (композиція ББ), та суміш карбонату натрію і борної кислоти (композиція БС) [2–6]. На теперішній час з'явилися просочувальні композиції з антипірену (фосфати та сульфати амонію) та антисептика (гуанідинфосфат) – ДСА [5]. Ефективність антипіренів для целюлозовмісних матеріалів визначається рівнем їх вогнезахисної здатності

і обумовлюється розкладом антипіренів під дією температури з поглинанням тепла та утворення важкогорючого коксового залишку [7–10]. Однак всі аспекти даного механізму досконало не визначені.

Метою даної роботи є дослідження механізму термічного розкладу деревини. У зв'язку з цим необхідно провести дослідження процесу термодеструкції модифікованої деревини та здійснити аналіз одержаних летких продуктів розкладу.

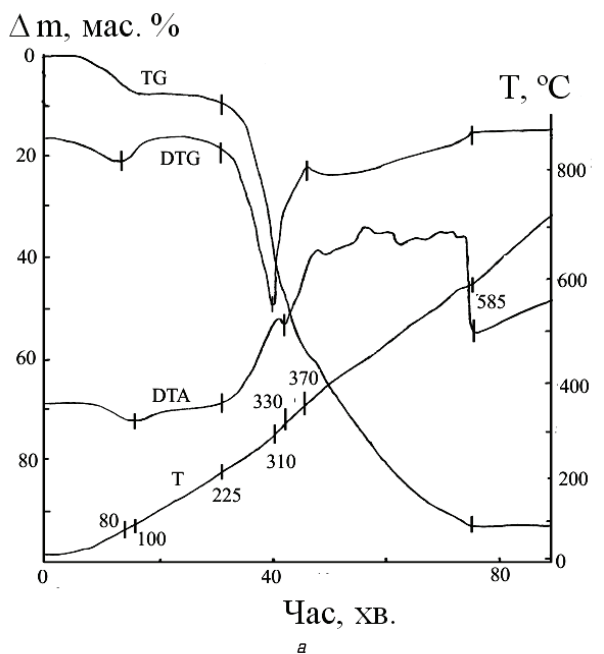
### 3. Результати досліджень механізму деструкції модифікованої деревини

Для оцінки захисної ефективності просочувальних засобів проведено дослідження термодеструкції деревини, що була оброблена сумішшю фосфату та сульфату амонію, карбонату натрію і борної кислоти та ортоборату натрію і борної кислоти, що є найпоширенішими на сьогодні.

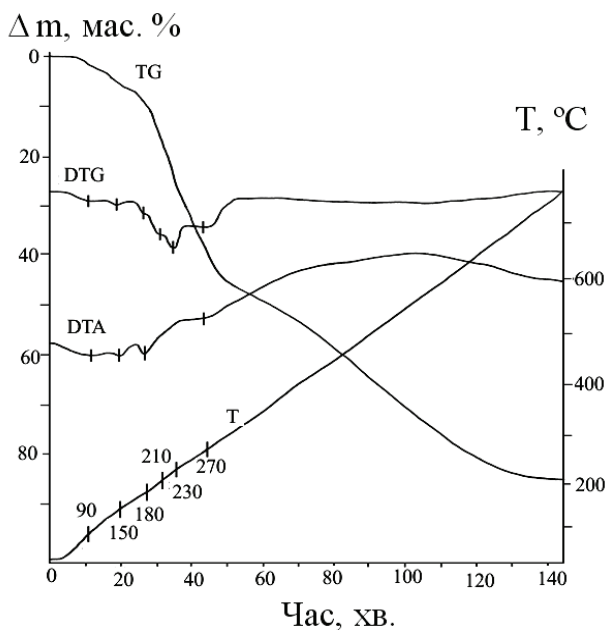
З метою визначення області температур, за яких термічна деструкція матеріалів відбувається найбільш інтенсивно, проводилось попереднє термогравіметричне дослідження процесів термічної деструкції в динамічному режимі із застосуванням дериватографа Q-1500 D. Якісний і кількісний склад цих сумішей визначали газохроматографічним методом з використанням газового хроматографа ЛХМ-7А. Досліджували зразки тирси соснової деревини, а також обробленої сумішшю фосфату та сульфату амонію, карбонату натрію і борної кислоти та ортоборату натрію і борної кислоти в атмосфері повітря нормального складу (вміст кисню – 21 % об.). У всіх дослідях маса зразка становила 190 мг, швидкість нагрівання – 5 градусів на хвилину, зразок порівняння – порошок а-корунду, матеріал тиглів – алунд,

чутливість гальванометрів: DTA — 250 мкВ, DTG — 500 мкВ. Результати аналізу досліджуваних матеріалів ілюструються (рис. 1, 2).

У всіх досліджених зразках за температур до 100 °С, відбуваються ендотермічні процеси випаровування хімічно незв'язаної води без деструкції матеріалу. Крім того, органічні речовини втрачають конституційну воду (ендоефект з максимумом при 190 °С на рис. 1, а з додатковою втратою маси). Однак характер і послідовність термічних ефектів (криві DTA) для кожного матеріалу особливі. У зразку незахищеної деревини поряд з ендотермічними процесами піролізу за порівняно невисоких температур відбуваються екзотермічні окиснювальні процеси, про що свідчить хід кривої DTA в області першого піка кривої DTG (рис. 1, а).



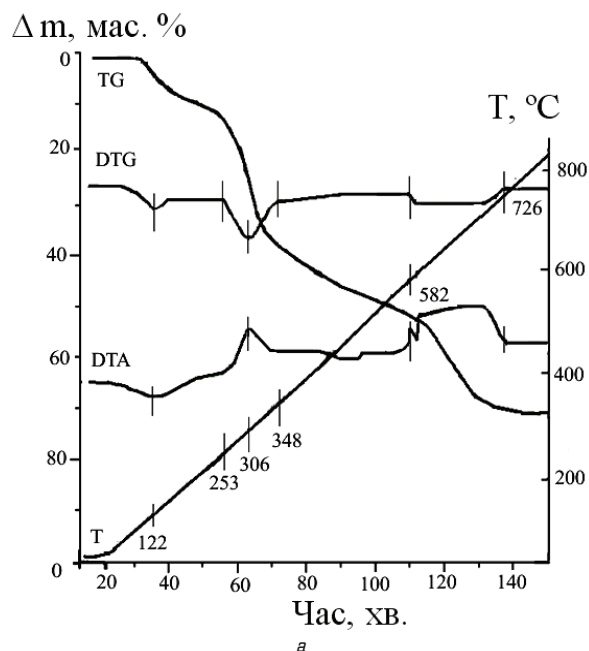
а



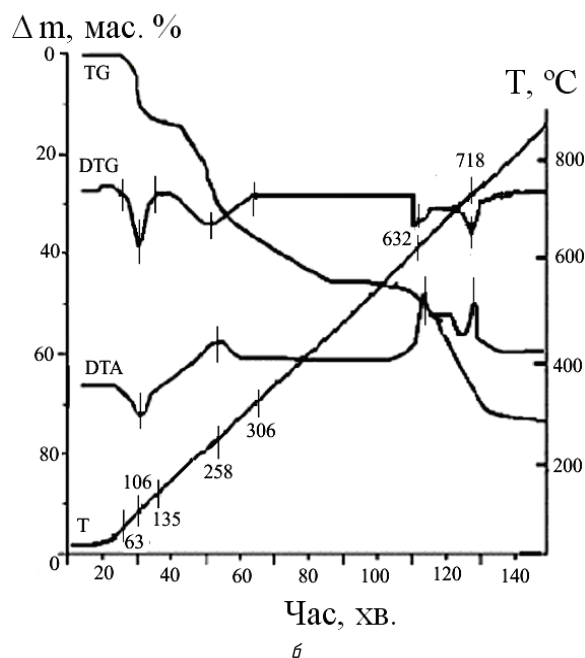
б

**Рис. 1.** Криві термогравіметричного аналізу зразків соснової деревини: необробленої (а) та обробленої (б) сумішшю на основі фосфатів та сульфатів амонію в нормальній повітряній атмосфері

Відмічається також наявність двох суттєво відмінних стадій деструкції у процесі нагрівання, а саме характерною є стадія інтенсивної втрати маси до температур 370–390 °С, яка може бути зумовлена утворенням і полуменим горінням газоподібних продуктів, та повільніша стадія, яка зумовлена вигоранням карбонізованого залишку. Окремого аналізу потребують зміни характеру кривих термогравіметричного аналізу зразків деревини (особливо кривих TG і DTA), що проявляються для модифікованої деревини (рис. 1, б, рис. 2, а, б). Для них відмічено різну температуру початку термоокиснювальної деструкції деревини: (200–205 °С) — для деревини, обробленої засобами на основі фосфатів та сульфатів амонію та 230–250 °С — для деревини,



а



б

**Рис. 2.** Криві термогравіметричного аналізу зразків соснової деревини обробленої сумішшю на основі карбонату натрію і борної кислоти (а), сумішшю ортоборату натрію і борної кислоти (б) в нормальній повітряній атмосфері

а також обробленої сумішами карбонату натрію і борної кислоти та ортоборату натрію і борної кислоти. Процеси деструкції у значній мірі залежать від природи вогнезахисної композиції: в міру її вогнезахисної дії сповільнюється втрата маси, відповідно змінюється і вигляд кривих ДТА, а саме зменшується висота і збільшується ширина піків, які характеризують протікання екзотермічних перетворень, внаслідок чого закінчення процесу деструкції фіксується за вищих температур.

Одним з методів, який дає можливість дослідити утворення летких продуктів вогнезахисної деревини є газохроматографічний аналіз. Враховуючи, що інтенсивне газовиділення починалось за температури 200–215 °С, за участі екзотермічних процесів температура зразка швидко зростала до 310–350 °С, за методикою [10] були проведені дослідження, зібрані леткі продукти піролізу та проведено газохроматографічний аналіз (табл. 1).

Таблиця 1

Якісний і кількісний склад продуктів термічної деструкції деревини

Компонент	Вміст компонентів у летких продуктах деструкції соснової деревини, % об.			
	Необроблена	Оброблена композицією ДСА	Оброблена композицією БС	Оброблена композицією ББ
CO	39,08	15,8	16,35	24,37
CO <sub>2</sub>	51,93	не виявлено	82,58	67,36
CH <sub>4</sub>	6,05	0,54	0,46	6,74
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> + C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,45	не виявлено	0,05	4,87
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,19	не виявлено	не виявлено	не виявлено
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0,32	не виявлено	не виявлено	не виявлено
H <sub>2</sub>	0,73	0,44	0,56	3,83
O <sub>2</sub>	0,26	не виявлено	не виявлено	не виявлено
N <sub>2</sub>	0,99	83,22	не виявлено	не виявлено

Як видно з табл. 1, після піролізу необробленої та обробленої деревини суміші продуктів деструкції суттєво відрізняються за вмістом азоту, діоксиду вуглецю та кількістю горючих газів. Так для деревини, обробленої сумішшю фосфатів та сульфатів амонію кількість азоту збільшилась більше, ніж у 80 разів, для деревини, обробленої сумішшю карбонату натрію і борної кислоти виявлено збільшення діоксиду вуглецю в 1,5 рази, а для деревини, обробленої сумішшю ортоборату натрію і борної кислоти — більше 10 % горючих газів та незначне підвищення кількості діоксиду вуглецю.

#### 4. Висновки

Таким чином, проведені дослідження за допомогою термогравиметрії та газової хроматографії засвідчують, що механізм вогнезахисної ефективності різних для традиційних сольових антипіренів. Наявність сумішей сольових антипіренів на деревині змінює процес термодеструкції,

зменшує кількість горючих газів, які флегматизуються великою кількістю азоту та діоксиду вуглецю.

#### Литература

- Шналь, Т. Огнестойкость деревянных конструкций [Текст] / Т. Шналь. — Львов: Изд-во «Львовская политехника», 2006. — 220 с.
- Романенков, И. Г. Огнезащита строительных конструкций [Текст] / И. Г. Романенков, Ф. А. Левитес. — М.: Стройиздат, 1991. — 320 с.
- Тычино, Н. А. Особенности практического применения огне- и биозащитных средств для пропитки древесины [Текст] / Н. А. Тычино // Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. — 2002. — Вып. 6. — С. 38–43.
- Леонович, А. А. Химический подход к проблеме снижения пожароопасности древесных материалов [Текст] / А. А. Леонович // Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. — 1996. — Вып. 3. — С. 10–14.
- Бут, В. П. Новый подход к огнебиозащите изделий из целлюлозы [Текст] / В. П. Бут, В. М. Жартовский и др. // Пожаровзрывобезопасность. — 2004. — Вып. 5. — с. 31–32.
- Сивенков, А. Б. Огнезащитные покрытия на основе модифицированных полисахаридов. Часть 3. Характеристики тепловыделения при пламенном горении и теплофизические свойства [Текст] / А. Б. Сивенков, Б. Б. Серков // Пожаровзрывоопасность. — 2002. — Вып. 3. — с. 13–19.
- Цапко, Ю. В. Влияние поверхностной обработки древесины на огнестойкость деревянных конструкций [Текст] / Ю. В. Цапко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2013. — № 5/5(65). — С. 11–14.
- ГОСТ 30219-95. Межгосударственный стандарт. Древесина огнезащитная. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение [Текст]. — Чинний від 1996-01-01. — К., 1997. — 44 с.
- Баженов, С. В. Способы и средства огнезащиты древесины [Текст] : руководство / С. В. Баженов, С. Н. Булага, Л. В. Елисеева. — М.: ВНИИПО МВД РФ, 1999. — 55 с.
- Откідач, Д. М. Флегматизування горючих газових середовищ [Текст] / Д. М. Откідач, Ю. В. Цапко, К. І. Соколенко. — К.: Пожінформтехніка, 2005. — 196 с.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОГНЕСТОЙКОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ МОДИФИЦИРОВАНИИ ПРОПИТОЧНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Раскрыт механизм устойчивости модифицированной древесины к термическому разложению. Проведено исследование процесса термодеструкции модифицированной древесины, методом хроматографии совершен качественный и количественный анализ полученных продуктов и установлено увеличение коксового остатка в обработанных образцах и снижение количества горючих газов.

**Ключевые слова:** пропитка, древесина, антипилены, антисептики, деструкция, эффективность модификации, огнестойкость.

*Цапко Юрій Володимирович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна, e-mail: Alekslion7777@bigmir.net.*

*Цапко Юрій Владиславович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна.*

*Tsapko Yuriy, Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, e-mail: Alekslion7777@bigmir.net*