

причин гибели людей при пожарах. Установлено, что больше всего людей погибло по причине отравления угарным газом. Подсчитаны риски для населения Украины погибнуть от конкретной причины пожара. Подтверждено, что с развитием цивилизации изменилось соотношение причин гибели на пожарах: от открытого огня к токсичным продуктам горения.

Summary

TOXICITY OF COMBUSTION PRODUCTS IS THE MAIN CAUSE OF LOSS OF LIFE AS A RESULT OF FIRES

Kharchenko I., Klimas R., Skorobagatko T., Yakimenko Ye.

Information on loss of life as a result of fires in Ukraine for the period of 1991 to 2005 is submitted. It is noted that tempos of

increasing of this indicator have positive tendency with simultaneous contraction of production volumes as well as population. Factors to pose hazard to life under fire conditions are indicated including influence of high temperatures, smoke, and toxic combustion products. Generalized data submitted by territorial control bodies of the MES of Ukraine concerning loss of life at fires are presented. It has been stated that most of men perished because of poisoning with carbon monoxide. Risks of death because of specific cause of fire for Ukrainian population have been calculated. It has been confirmed that ratio of causes of loss of life at fires had changed while civilization developed from open flame to toxic combustion products.

УДК 614.842

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВОГНЕЗАХИСТУ ЦЕЛЮЛОЗОВІСНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЯКІ ПРОСОЧЕНІ АНТИПІРЕНАМИ

Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Жартовський С.В.

Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України, м. Київ

Впервые поступила в редакцию 19.08.2006 г. Рекомендована к печати на заседании ученого совета НИИ медицины транспорта (протокол № 7 от 18.11.2006 г.).

Целюлозні матеріали [1] (деревина, фанерні плитні матеріали, тканини, папір, очерет та ін.), які знайшли широке розповсюдження в промисловості і побуті, відносяться до горючих матеріалів.

Відомо чимало випадків пожеж, виникненню і розвитку яких сприяли незахищені целюлозні матеріали. Зокрема, у вересні 2005 року в одному з театрів м. Каїра (Єгипет) від звичайної свічки виникло загоряння порт'єр, куліс та декорацій з паперу. Під час пожежі загинуло 38 осіб. Однією з причин швидкого розвитку пожежі була відсутність профілактичних заходів щодо виробів з тканин і паперу.

До профілактичних заходів необхідно, зокрема, віднести просочення целюлозовісних матеріалів вогнебіозахисними засобами, які складаються з антипіренів та антисептиків [2, 3].

Целюлоза - це полісахарид, що побудований з елементарних ланок ангідро-

D-глюкози та представляє собою полі-1,4-в-D-глюкопіранозил-D-глюкопіранозу. Макромолекула целюлози поряд з ангідроглюкозними ланками може містити залишки інших моносахаридів (гексоз та пентоз), а також уронових кислот. Характер та кількість таких залишків визначаються умовами біохімічного синтезу. Целюлоза - це головна складова частина клітинних стінок вищих рослин. Разом з речовинами, що її супроводжують, вона відіграє роль каркасу, який несе основне механічне навантаження.

Целюлоза так само, як крохмаль і цукор, відноситься до класу вуглеводів. Ретельне вивчення добре очищеної целюлози, отриманої з різних вихідних матеріалів, показало, що незалежно від джерела одержання целюлоза представляє собою продукт наступного елементарного складу: С - 44,4%, Н - 6,17%, О - 49,39%, що приблизно відповідає формулі $C_6H_{10}O_5$ [4].

Процеси теплообміну та тепломасообміну, що відбуваються в матеріалах, залежать як від параметрів цих процесів (температура, час, кількість вологи чи парів), так і від теплофізичних властивостей матеріалів, які визначаються коефіцієнтами теплопровідності, питомою теплоємністю, температуропровідністю, термоградієнтною дифузією маси, повітропроникністю.

Незважаючи на існуючі розходження між целюлозним матеріалами по складу і зовнішньому вигляду, вони виявляють ряд однакових властивостей. Усі ці матеріали при нагріванні піддаються розкладу.

Процес термічного розкладання протікає послідовно у дві стадії [5]: з поглинанням енергії E_1 і виділенням енергії E_2 . Кількість енергії, що поглинається, відповідає енергії, яка необхідна для порушення існуючого стану речовини і початку мимовільного процесу її перетворення в продукти, що мають більшу стійкість в умовах нагрівання. Ця реакція, властива усім горючим речовинам і, зокрема, целюлозним матеріалам, характеризується співвідношенням $E_2 > E_1$ і тому вважається екзотермічною.

Горючі речовини розрізняють по кількості енергії, що міститься в них і легкості її виділення.

Для визначення пожежної небезпеки матеріалів найбільший інтерес представляє вивчення наступних величин:

- 1) кількість енергії E_1 , яка необхідна для збудження мимовільного процесу у матеріалі;
- 2) кількості тепла, що виділяється з матеріалу, E_2 .

Проте можна вважати, що виділення тепла і підвищення температури відбуваються головним чином за рахунок окиснення продуктів розкладу досліджуваного матеріалу.

Загальна властивість целюлозних матеріалів виражається в їх здатності при розкладанні виділяти легкозаймісті гази та пари і залишати в звичайних умовах твердий залишок (вугілля) як кінцевий продукт піролізу.

При нагріванні целюлозних матеріалів високомолекулярні речовини, які вхо-

дять до їх складу (целюлоза, лігнін, пентозани, гексозани) при високих температурах виявляються малостійкими і розкладаються. Загальний напрямок цього розкладання такий, що зі складних речовин, які володіють високою молекулярною масою, утворюються більш прості і стійкі речовини. Ці продукти можуть у свою чергу проходити подальше розкладання.

Горіння целюлозовмісних матеріалів відбувається тільки при наявності необхідних умов. Початок горіння газоподібних продуктів піролізу починається з реалізації трикутника горіння (пожежі), відбувається взаємозв'язок між горючою речовиною, окисником та джерелом запалювання.

Хімічний вогнезахист деревини полягає у введенні до неї сповільнювачів горіння (антипіренів) – речовин, що, впливаючи на кінетику піролізу дерев'яних матеріалів, зменшують швидкість утворення горючих летких продуктів (CH_4 , H_2 , CO та ін.), інгібують газофазові реакції в полум'ї та виключають безполуменеве горіння карбонізованого залишку. Тривале збереження вогнезахисного ефекту можливе, якщо сповільнювачі горіння вступають у реакцію з компонентами лігніновуглеводневого комплексу. Для зниження горючості таких матеріалів, як деревина, що містить у структурі гідроксильні групи, найбільш ефективними є фосфоровмісні сповільнювачі горіння [6-13]. У присутності таких сповільнювачів горіння зменшується виділення летких речовин і змінюється механізм утворення карбонізованого залишку.

У роботі [14] показано, що більш ніж у два рази можна збільшити вихід коксового залишку шляхом оброблення сосни фосфатами та боратами, вихід летких продуктів зміниться за рахунок зменшення горючої складової смоли, отже, зменшаться теплота згоряння летких горючих продуктів і кількість тепла, що подається на поверхню деревини. Тому, для підтримки горіння потрібно існування більш могутнього теплового потоку, а вугільний шар у міру його збільшення буде додатковим захистом від піролізу для внутрішніх шарів деревини [14].

З викладеного вище можна зробити висновок, що для попередження загорян-

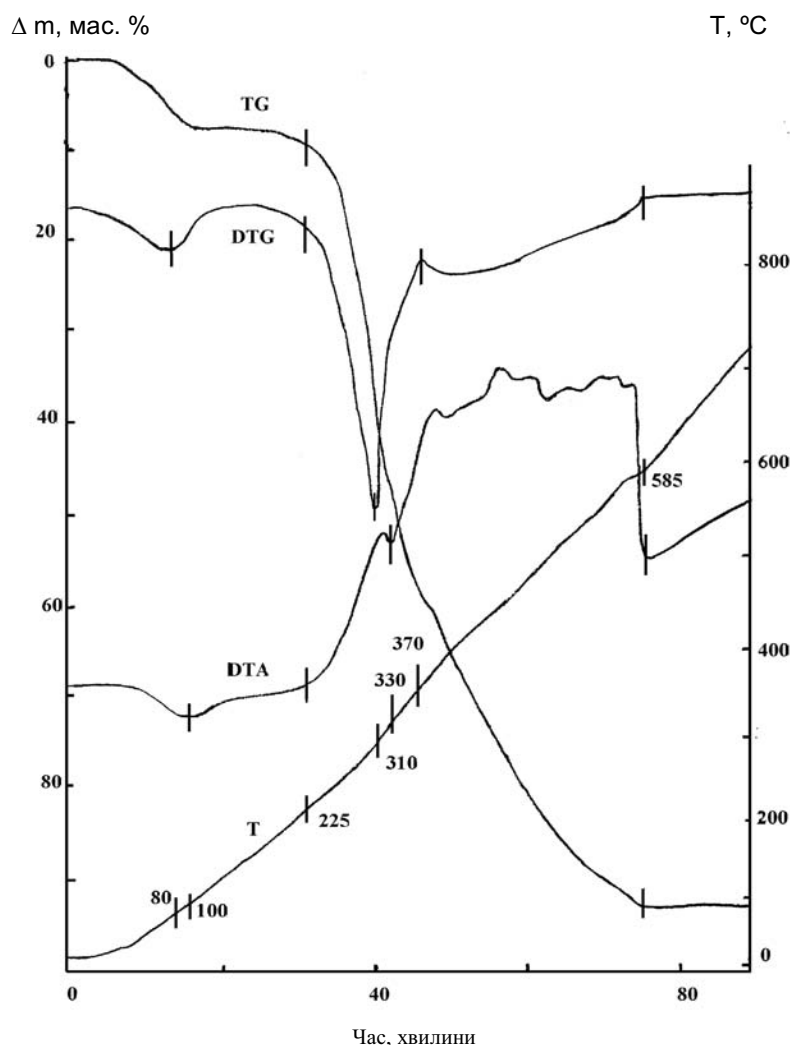


Рис. 1. Криві термогравіметричного аналізу зразків не обробленої соснової деревини в нормальній повітряній атмосфері

ня деревини необхідно створити умови, які виключають перевищення температури прогріву деревини над температурою заpalення, цей температурний інтервал знаходиться в межах 200...250 °C. Однією з таких умов є застосування антипіренів, які повинні мати вогнезахисні властивості, стримуючи розвиток процесу горіння.

На сьогодні запропоновано невелику кількість вогнезахисних препаратів, зокрема суміш сульфату амонію, діамонійфосфату і фториду натрію (вогнезахисна композиція МС), або ортоборату натрію і борної кислоти (вогнезахисна композиція ББ), та суміш карбонату натрію і борної кислоти (вогнезахисна композиція БС), які забезпечують лише II групу вогнезахисної ефективності згідно ГОСТ 16363, до того ж композиція МС вміщує високо небезпечну речовину (фторид натрію) у рецептурі вогнебіозахисного препарату, зменшують

перспективу їх використання для вогнезахисту будівельних конструкцій з деревини. На теперішній час з'явилися ефективні просочувальні композиції (суміші), зокрема композиція з антипірену (фосфати та сульфати амонію) та антисептика полімерного походження (полігексаметиленгуанідінфосфат) – ДСА-1, та ДСА-2 [2, 3], які забезпечують I групу вогнезахисної ефективності згідно ГОСТ 16363 [15]. Композиція ДСА-2 відрізняється від ДСА-1 більшою товщиною полімерної плівки полігексаметиленгуанідінфосфату ("Гембар"). У випадку застосування вогнебіозахисних композицій ДСА-1 та ДСА-2 після випаровування вологи з деревини утворюється полімерна плівка, яка перешкоджає виходу антипірену

із деревини на поверхню. При цьому проходить зміна механізму його вимивання. Рух водного розчину антипірену в капілярах деревини змінюється на дифузійну проникність тільки молекул води через полімерну плівку, що призводить до зменшення швидкості вимивання. Наявність полімерної плівки може змінити як механізм піролізу деревини, так і механізм вогнезахисту целюлозовмісних матеріалів.

З цією метою необхідно було дослідити механізм вогнезахисної ефективності нових просочувальних композицій для деревини.

Раніше проведеними дослідженнями було встановлено [16], що із збільшенням масової частки сульфату амонію у вогнегасному порошку збільшується його вогнегасна здатність під час гасіння пожеж класу А, а саме сульфат амонію легше та

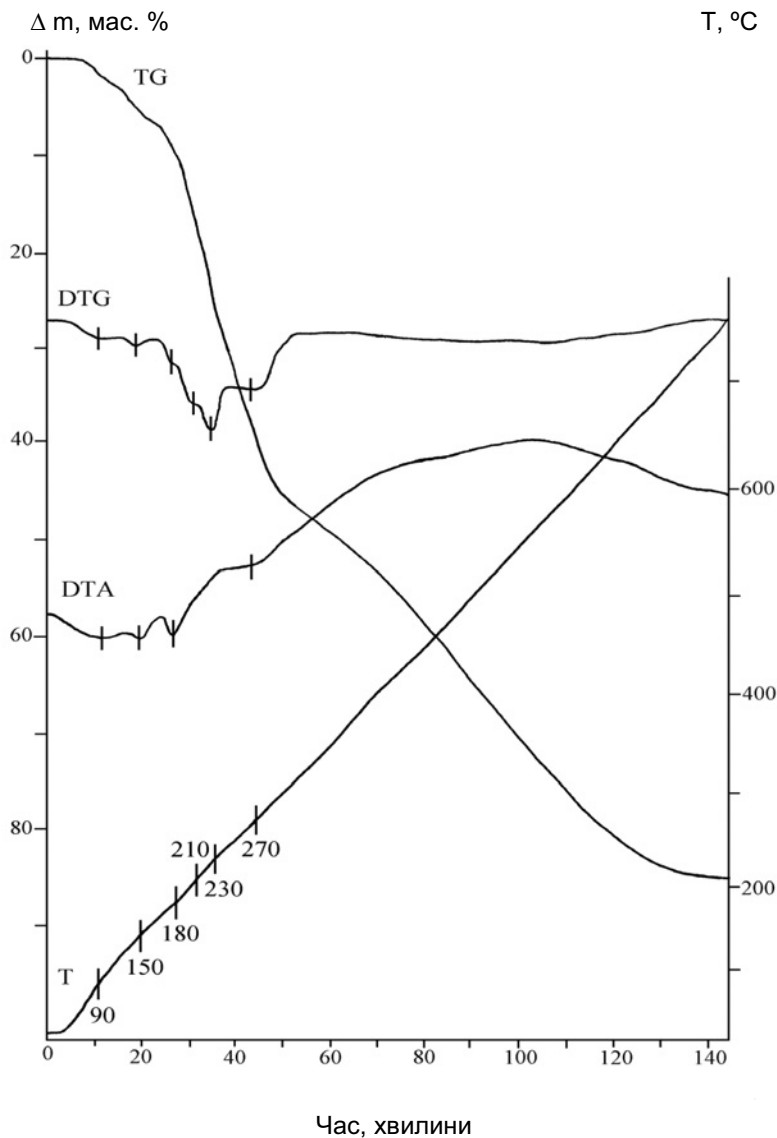


Рис. 2. Криві термогравіметричного аналізу зразків соснової деревини обробленої вогнезахисним засобом на основі фосфатів та сульфатів амонію в нормальній повітряній атмосфері.

швидше плавиться і утворює захисну плівку на обвугленій деревині.

Для визначення впливу на процес утворення горючих газів та горіння деревини вогнезахисного оброблення просочувальними засобами, були проведені термогравіметричні та хроматографічні дослідження.

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.

Досліджували зразки тирси соснової

деревини, а також обробленої вогнезахисними засобами на основі фосфатів та сульфатів амонію та за наявності полімерного антисептика "Гембар" в атмосфері повітря нормального складу (вміст кисню - 21 % об.). У всіх дослідах маса зразка становила 190 мг, швидкість нагрівання - 5 градусів на хвилину, зразок порівняння - порошок акорунду, матеріал тиглів - алунд, чутливість гальванометрів: DTA - 250 мкВ, DTG - 500 мкВ. Результати досліджень ілюструються рис. 1 - 3.

У всіх досліджених зразках за температур до 100 °C, відбуваються ендотермічні процеси, які супроводжуються втратою їх маси. Такі процеси зумовлюються випаровуванням хімічно незв'язаної води без деструкції матеріалу зразків. Крім того, органічні речовини втрачають конституційну

воду (ендоефект з максимумом при 190 °C на рис. 1 з додатковою втратою маси).

Температури, за яких починається інтенсивна деструкція, тобто спостерігається швидка втрата маси зразків, суттєво не відрізняються і становлять 200 - 215 °C. Однак характер і послідовність термічних ефектів (криві DTA) для кожного матеріалу особливі, що пов'язане з відмінностями їх хімічного складу.

У зразку незахищеної деревини поряд з ендотермічними процесами піролізу (відщеплення летких продуктів) навіть за порівняно невисоких температур відбуваються екзотермічні окиснювальні проце-

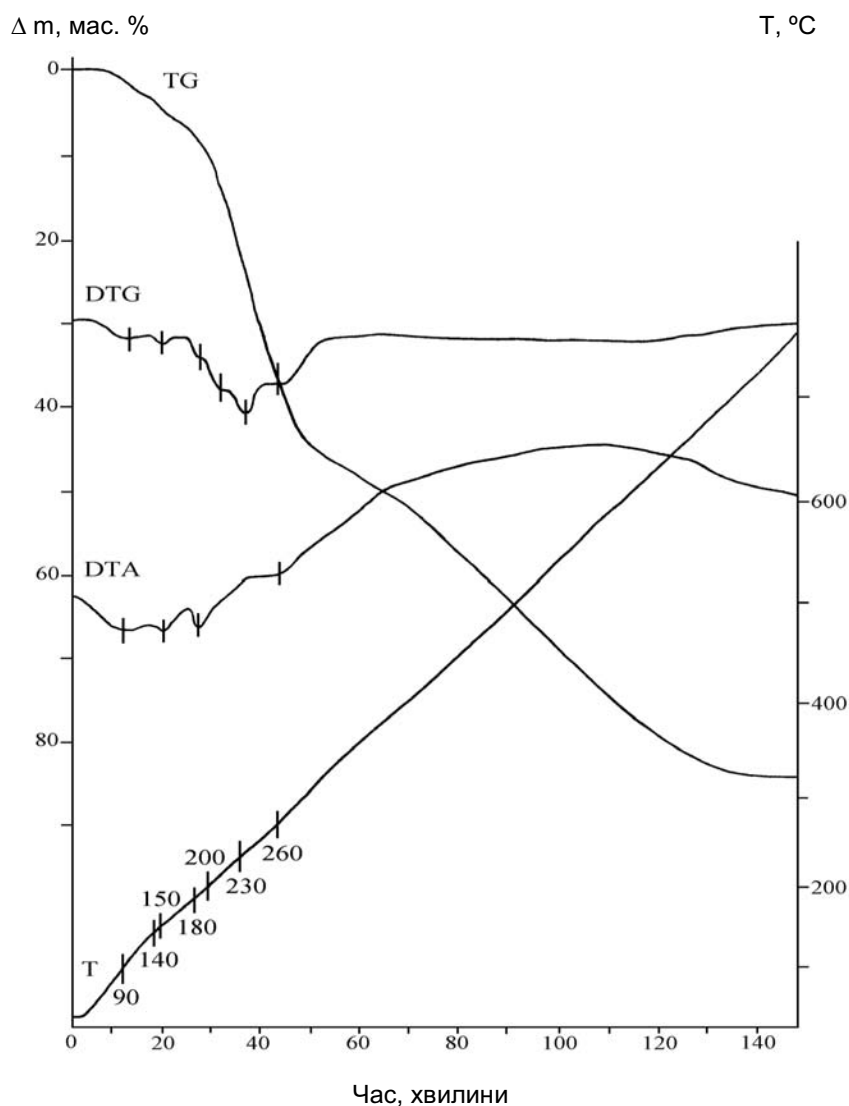


Рис. 3. Криві термогравіметричного аналізу зразків соснової деревини обробленої вогнезахисним засобом на основі фосфатів та сульфатів амонію та за наявності полімерного антисептика "Гембар" в нормальній повітряній атмосфері

си, про що свідчить хід кривої DTA в області першого піка кривої DTG (рис. 1), а саме наявність помітного екзо ефекту починаючи з температури 225 °С, на який накладається менший за величиною ендоефект з максимумом в області 330 °С. Відмічається також наявність двох суттєво відмінних стадій деструкції у процесі нагрівання досліджуваного зразку незахищеної деревини, а саме, характерною є стадія інтенсивної втрати маси до температур 370-390 °С, яка може бути зумовлена утворенням і полуменевим горінням газоподібних продуктів, та повільніша стадія (за більш високих температур - після того, як величина відносної втрати маси вже досягла 60 - 70 %), яка зумовлена здебільшого вигоранням карбонізованого

залишку і характеризується більшим екзотермічним ефектом. Таке співвідношення величин термічних ефектів спостерігається, очевидно, внаслідок того, що полуменеве горіння (перша стадія) відбувається переважно за межами тигля і значно менше впливає на показання термопари, ніж гетерогенний процес окислення карбонізованого залишку на межі розділу "тверда речовина - газ" (друга стадія).

Окремого аналізу потребують зміни характеру кривих термогравіметричного аналізу зразків деревини (особливо кривих TG і DTA), що проявляються для деревини обробленої вогнезахисним засобом на основі фосфатів та сульфатів амонію та за наявності полімерного антисептика "Гембар" (рис. 2 - 3). Для них практично не змінюється температура

початку термоокиснювальної деструкції деревини (200-205 °С) і температура, за якої спостерігається максимальна швидкість деструкції (210-325 °С); величина цієї швидкості також суттєво не змінюється (максимальні відхилення відповідних кривих DTG близькі за величиною). Натомість процеси деструкції на другій стадії у значній мірі залежать від природи вогнезахисної композиції: в міру її вогнезахисної дії сповільнюється втрата маси. Відповідно змінюється і вигляд кривих DTA, а саме зменшується висота і збільшується ширина піків, які характеризують протікання екзотермічних перетворень, внаслідок чого закінчення процесу термоокиснювальної деструкції фіксується за вищих температур.

Таблиця 1

Якісний і кількісний склад газоподібних продуктів термічної деструкції деревини

Компонент	Вміст компонентів у летких продуктах деструкції деревини, % об.		
	Соснової деревини	Соснової деревини, обробленої сумішшю фосфатів та сульфатів амонію	Соснової деревини, обробленої сумішшю фосфатів та сульфатів амонію і полімерним антисептиком
CO	39,08	15,8	12,84
CO ₂	51,93	не виявлено	не виявлено
CH ₄	6,05	0,54	сліди
C ₂ H ₆ + C ₂ H ₄	0,45	не виявлено	не виявлено
C ₃ H ₈	0,19	не виявлено	не виявлено
C ₃ H ₆	0,32	не виявлено	не виявлено
H ₂	0,73	0,44	0,11
O ₂	0,26	не виявлено	не виявлено
N ₂	0,99	83,22	87,04

Така відмінність впливу вогнезахисних засобів на протікання деструкції на різних стадіях обумовлюється різними механізмами, за якими відбувається втрата маси зразків. Якщо на першій стадії йде переважно піроліз із відщепленням летких продуктів, швидкість якого не залежить від подальших хімічних перетворень цих продуктів, то на другій стадії швидкість втрати маси визначається кінетикою взаємодії карбонізованого залишку з окисником.

Одним з методів, який дає можливість дослідити утворення летких продуктів вогнезахисної деревини є газохроматографічний аналіз. Найвищий вміст летких компонентів визначається у газоподібних продуктах, які утворюються внаслідок піролізу (термічного розкладу без доступу повітря).

З урахуванням результатів термогравіметричних досліджень процес термодеструкції зразків рослинної сировини проводили в умовах, за яких утворення газоподібних продуктів відбувається з найбільшою швидкістю. Інтенсивне газовиділення починалось за температури 200-215 °С, за участі екзотермічних процесів температура зразка швидко зростала до 310-350 °С. Основна кількість (понад 90%) продуктів піролізу надходила в газозбірник в діапазоні 210-320 °С, у якому, за даними термогравіметричного аналізу, деструкція відбувається за механізмом відщеплення летких продуктів.

Для одержання газоподібних продуктів термічної деструкції використане спеціальне обладнання, яке розроблене та виготовлене раніше [17]. За наведеною методикою були проведені дослідження та зібрані леткі продукти піролізу.

Результати газохроматографічного аналізу одержаних горючих газових сумішей наведено в табл. 1.

Як видно з таблиці, після піролізу необробленої та обробленої деревини вогнезахисними засобами на основі фосфатів та сульфатів

амонію, суміші продуктів деструкції суттєво відрізняються за вмістом азоту та кількістю горючих газів. Продукти піролізу вогнезахисної деревини за своїм складом не здатні до горіння. При наявності плівки гуанідинового полімеру на вогнезахисній деревині, продукти піролізу мають більшу кількість азоту, так як цей полімер розкладається з виділенням азоту, а також продукти піролізу містять меншу кількість оксиду вуглецю, що може вплинути на зменшення токсичності продуктів горіння вогнебіозахисної деревини. Таку властивість було встановлено під час випробувань на токсичність продуктів горіння звичайної деревини та вогнебіозахисної композиціями ДСА-1 та ДСА-2 в ДП УкрНДІ медицини транспорту МОЗ України. Випробування показали, що за токсичністю продуктів горіння вогнебіозахисна деревина відноситься до помірно небезпечних матеріалів. Визначена властивість вогнебіозахисних композицій реалізується в інших целюлозовмісних матеріалах, зокрема, у вогнебіозахисної фанери.

Таким чином, проведені теоретичні та експериментальні дослідження механізму вогнезахисту целюлозовмісних матеріалів, що просочені антипіренами, збагатили його новими даними, зокрема встановлено явище флегматизації продуктів піролізу вогнезахисної деревини азотом, як продуктом термічного розкладу антипірену (суміш діамонійфосфату та сульфату амонію), яке ще більш виразніше проявляє для вогнебіозахисної деревини композицією ДСА-1 та ДСА-2.

Література

1. Перельгин Л.М., Уголев Б.Н. Древесиноведение.– М.: Лесная промышлен-

- ность, 1971.– 286 с.
2. Жартовський В.М., Жартовський С.В., Борисов П.Ф. Композиція для вогнебіозахисту деревини. Деклар. патент № 8963 В27К 3/50, Бюл. № 8, 2005.
 3. Жартовський В.М., Жартовський С.В. Композиція для вогнебіозахисту та гідрофобізації деревини. Деклар. патент № 13070 В27К 3/36, Бюл. № 3, 2006.
 4. Дрейк Дж. Мл., Ривс В. Огнезащитные целлюлозные текстильные материалы //Целлюлоза и ее производные /Под ред. Н.Байклза и Л.Сегала. – М.: Мир, 1974. – 481 с.
 5. Лушпа А.И. Основы химической термодинамики и кинетики химических реакций.– М.: Машиностроение, 1981.– 240 с.
 6. Воробьев В.К., Лунева Н.К., Рекашова Н.И., Дмитриченко А.С. Ингибиторы горения древесины на основе металлофосфатных комплексов // Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции. Информ. сб. - М.: ВНИИПО МВД РФ, 1997. - Ч.2. - С. 189–190.
 7. Скрипченко Т.Н., Домбург Г.Э. Сравнительная оценка огнезащитного действия фосфор- и бор содержащих соединений на сульфатной целлюлозе / / Теоретические аспекты модифицирования древесины: Тезисы докладов Всесоюзной конференции. - Рига, 1983.
 8. Лунева Н.А., Петушок И.А., Воробьев В.К., Дмитриченко А.С. Изучение действия фосфор-азотсодержащих антипиренов на процесс термоокислительного разложения и горения целлюлозосодержащих материалов // Пожарная безопасность: Материалы II Международной научно-практической конференции. – Минск: РНПЦ ПБ МВД Беларуси, 1997. - С. 116-117.
 9. Лунева Н.К., Опутина А.Г., Трофимова И.В., Ермоленко И.Н., Тычино Н.А., Воробьев В.К. Создание огнезащитных целлюлозных материалов взаимодействием целлюлозы и полифосфорных кислот // Совершенствование огнезащиты древесины и целлюлозных материалов: Тезисы докладов 2-ой научно-технической конференции. - Киев, 1987. - С. 22-23.
 10. Лунева Н.К., Трофимова И.В., Опутина А.Г., Воробьев В.К., Тычино Н.А. Способ придания устойчивой огне (био) защищенности целлюлозосодержащим материалам путем их химической модификации: Информ. листок. - Минск. Бел НИИТИ, 1989. - № 220. - 2 с.
 11. Исследование огнезащитной эффективности антипиренных составов и технологий пропитки древесины на основе фосфор-азотсодержащих соединений: Отчет о НИР (закл.) / РНПЦ ПБ ГУВПС МВД РБ; Рук. темы Н.А.-Тычино. - № ГР 1995244. - Минск, 1994. - 138 с.
 12. Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Соколенко К.І. Вимоги до експлуатаційних властивостей деревини просоченої вогнезахисними засобами // Зб. наук. пр. Севастопольського військово-морського інституту ім. П.С.Нахімова.- 2005.- Вип.1(7).- С. 231-235.
 13. Жартовський В.М., Бут В.П., Цапко Ю.В., Барило О.Г. Дослідження механізму вогнезахисної ефективності деревини просочувальними композиціями // Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. (Технические науки и архитектура) - К.: Техніка.- 2004.- Вып.55.- С. 219-229.
 14. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров / Пер. с англ. К.Г.Бромштейна; Под ред. Ю.А.Кошмарова, В.Е.Макарова. - М.: Стройиздат, 1990. - 424 с.
 15. ГОСТ 16363-98 Межгосударственный стандарт. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. – К.: Изд-во стандартов, 2000.
 16. Провести теоретичні і експериментальні дослідження процесів придущення полум'я вогнегасними речовинами і виявити шляхи підвищення їх ефективності. Звіт про НДР. УкрНДІПБ МВС України. Керівник Жартовський В.М.; Інв. № 695-О. К., 1995. - 327 с.
 17. Откідач Д.М., Цапко Ю.В., Соколенко

К.І. Флегматизування горючих газових середовищ. – К.: Пожінформтехніка, 2005. - 196 с.

18. Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Гудович О.Д., Соколенко К.І. Дослідження токсичності продуктів горіння вогнезахищеної деревини // Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. Вып.63 (Технические науки и архитектура). - К.: Техніка, 2005. - С. 320-326.

Резюме

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ЗАЩИТЫ ОТ ОГНЯ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ, ПРОПИТАНЫХ АНТИПИРЕНАМИ

Жартовский В.М., Цапко Ю.В., Жартовский С.В.

В работе приведены результаты те-

оретических и экспериментальных исследований механизма огнезащиты целлюлозосодержащих материалов после пропитки их современными биозащитными средствами от огня.

Summary

RESEARCH OF THE MECHANISM FIRE PROTECTION OF THE CELLULOSE CONTENTING MATERIALS WHICH ARE IMPREGNATED BY FIRE RETARDANTS

Zhartovsky V.M., Tsapko J.V., Zhartovsky S.V.

Results of theoretical and experimental researches of the fire-protect mechanism of cellulose-contained stuffs after impregnation by modern protective agents are given.

УДК 613:541.183:536.46.514.6

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ ТОКСИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ПОВЕРХНОСТИ САЖИ И ДЫМА ПРИ ГОРЕНИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Басалаева Л.В., Копя М.Р., Покора Л.И., Пресняк И.С.
Украинский НИИ медицины транспорта, г. Одесса*

Впервые поступила в редакцию 10.08.2006 г. Рекомендована к печати на заседании ученого совета НИИ медицины транспорта (протокол № 7 от 18.11.2006 г.).

Актуальность темы.

Оценка пожароопасности полимерных материалов – комплексная проблема. Она включает в себя вопросы горючести, воспламенения, распространения пламени по поверхности, тепловыделения и дымообразования, а также токсичности продуктов горения. Одними из ведущих факторов пожара, определяющими пожароопасность полимерных материалов, являются дымообразующая способность и токсичность продуктов горения. Дым является наиболее частой причиной гибели людей при пожарах, оказывает значительное влияние на безопасность работы пожарных и влияет на время ликвидации пожаров [1, 2, 3].

Дым – видимый продукт пожара, состоящий из частичек сажи, газообраз-

ных продуктов сгорания и капель жидкости. В процессе развития пожара количественное соотношение фаз и их качественный состав меняются в зависимости от соотношения кислород/горючее вещество и внешних условий (температуры, влажности, давления, скорости аэрации), что влияет на состав и свойства копоти, оседающей на конструкциях помещений, стенках экспериментальных камер при модельных испытаниях полимеров [4, 5]. Дым представляет собой дисперсную систему, состоящую из мельчайших твердых частиц, взвешенных в смеси продуктов сгорания с воздухом. Диаметр частиц дыма колеблется от 1 до 0,01 мкм. По данным [6] объем дыма, образующегося при горении 1 кг бумаги, составляет 4,21 м³, древесины – 4,40 м³, резины – 10,82 м³.