

*С.В. Жартовський, канд. техн. наук
(Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки)*

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВОГНЕБІОЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ І ТКАНИН КОМПЛЕКСНИМ ЗАСОБОМ ФСГ-1

Досліджені екологічні аспекти вогнебіозахисту деревини і тканин просочувальним комплексним засобом ФСГ-1 з використанням стандартних методів біологічного руйнування вогнебіо захищених матеріалів. Визначені токсикологічні показники небезпечних продуктів горіння вогнебіо захищених матеріалів. Встановлено, що комплексний засіб ФСГ-1 для вогнебіо захисту тканин і деревини здатний ефективно захистити їх від біоруйнування. Результати випробувань на визначення токсичності продуктів горіння вогне захищених тканин і деревини вказують на значне зменшення показників токсичності, а деревина навіть переходить до класу малонебезпечних матеріалів.

Ключові слова: біозахист, вогнезахист, комплексний засіб, просочення, токсичність, продукти горіння.

Актуальність проблеми і огляд останніх публікацій. Деревина, вироби з неї та тканини займають важливе місце в життєдіяльності людини. Але ці матеріали мають значний недолік: вони є горючими матеріалами та піддаються біоруйнуванню. Основною причиною загибелі людей на пожежі є отруєння продуктами горіння зазначених матеріалів. І взагалі, під час пожеж в навколишнє середовище надходить велика кількість шкідливих речовин, що негативно впливає на екологічний стан середовища. Аналіз проблемних питань з екології під час створення вогнебіо захищеної деревини і виробів з неї наведено в роботі [1]. Загальне дослідження літературних джерел з практики вогнебіо захисту деревини також висвітлює негативні моменти: для біо захисту переважно використовувались і використовуються речовини першого і другого класу небезпеки, тобто отрути та високотоксичні речовини. Основною причиною такого стану речей є домінуюча хибна думка про те, що після обробки зазначені надзвичайно шкідливі речовини залишаються в середині деревини. Тобто тривалий час спеціалісти з пожежної безпеки повністю ігнорували факт емісії шкідливих речовин в навколишнє середовище після проведення вогнебіо захисних робіт. Це є некоректним, оскільки відомо, що після просочення колювання вологості повітря призводить до „викачування” (як насосом) сольових антипіренів разом з антисептиками на поверхню деревини. І саме завдяки цьому явищу державні будівельні норми містили вимоги щодо щорічного повторного просочення.

Негативним є той факт, що ринок насичується закордонними просочувальними вогнебіо захисними засобами, що не відзначаються високою ефективністю, але при цьому мають значну вартість та приховані показники токсичності антисептиків.

Наприклад, в регламенті робіт з вогнезахисту вогнебіо захисним засобом для дерев'яних конструкцій „Фенилак” виробництва ЗАО „НПП Рогнеда” (Росія) є суттєві протиріччя, безпосередньо пов'язані з проблемами екології. В технічних характеристиках зазначено, що цей засіб віднесено до IV класу небезпеки, хоча в той же час зазначено, що середовище водного робочого розчину має показник рН на рівні 13. Тобто зазначений захисний засіб є дуже міцним лугом і ніяк не може бути «слабим едким веществом», на підтвердження чого, в тому ж регламенті зазначено, що після просочення деревина стає коричневою, може мати тріщини та білі висоли на поверхні. А це значить, що засіб „Фенилак” (міцний луг) спалює (або роз'їдає) деревину.

Подібні випадки спонукали Державний департамент пожежної безпеки та Технічний комітет Держспоживстандарту України ТК 25 „Пожежна безпека та протипожежна техніка” провести ретельний аналіз нормативної документації щодо обмеження застосування у вогнебіо захисних засобах речовин першого та другого класу небезпеки. Але, на жаль, ця робота не доведена до нормативних рішень.

Таким чином, екологічні питання вогнебіозахисту целюлозовмісних матеріалів залишаються актуальними і зараз.

Постановка завдання досліджень та його вирішення. Під час розроблення комплексного просочувального вогнебіозахисного засобу для деревини і тканин ФСГ-1 необхідно було розглянути екологічні аспекти цієї задачі, а саме, визначити ефективність біозахисту тканин і деревини та дослідити і визначити токсичність продуктів горіння вогнебіо захищених тканин і деревини.

В роботі [2] за допомогою кристалохімічних та ІЧ-спектроскопічних досліджень було встановлено, що просочувальний засіб для вогнебіозахисту тканин і деревини ФСГ-1 є водним розчином комплексної сполуки полігексаметиленгуанідинфосфату карбаміду. На цей засіб розроблено технічну документацію [3]. Ця комплексна сполука, як і всі амонійні солі ортофосфорної кислоти, за ГОСТ 12.1.007-76 відноситься до III класу небезпеки (помірно небезпечні речовини), на яку, за результатами досліджень Державної установи „Інститут медицини праці АМН України”, видано санітарно-епідеміологічний висновок [4].

В роботі [2] встановлено також, що вогнебіозахисний засіб ФСГ-1 є одночасно ефективним вогнезахисним засобом як для тканин, так і для деревини, тому його й названо комплексним засобом. Наявність полімерного антисептика у комплексній сполуці апіорі дозволяє прогнозувати активність біозахисту. Однак для встановлення кількісної характеристики були проведені біологічні випробування вогнезахисних тканин і деревини.

Біологічні випробування вогнебіо захищених тканин проведені спільно з лабораторією хімічної обробки та захисту деревини і клеїв УкрНДІ „Ресурс” за ГОСТ 26603 [5] методом визначення біологічної стійкості матеріалу до дії мікрофлори лісового ґрунту, враженого культурами грибів роду *Ceratocystus*, *Sporodemia*, *Penicillium*. Заданий ступінь захисту становив M_{95} шляхом порівняльного контролю серії дослідів вогнебіо захищених матеріалів (з часом експозиції в робочому розчині засобу для тканин 3 хвилини) з матеріалами, що не оброблені жодними захисними засобами. Термін досліджень становив два календарних місяці. Результати досліджень наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Експериментальні дослідження біостійкості необроблених тканин та тканин, що оброблені засобом ФСГ-1

№ досліду	Кількість зразків	Середня втрата маси зразків тканин з бавовни, %		Середня втрата маси зразків тканин з поліефіру, %		Середня втрата маси зразків тканин з віскози, %		Середня втрата маси зразків тканин з льону, %	
		необроблені	оброблені	необроблені	оброблені	необроблені	оброблені	необроблені	оброблені
1	5	25,6	1,18	28,7	1,74	18,9	0,96	39,7	2,02
2	5	26,1	1,21	27,3	1,91	19,7	0,94	42,4	1,94
3	5	26,0	1,09	39,1	1,89	20,1	0,89	40,1	1,93
4	5	25,1	1,26	38,4	1,82	20,0	0,97	39,9	1,89
5	5	25,8	1,23	39,0	1,85	19,3	0,93	40,7	2,00

Результати випробування тканин показали, що зразки необроблених тканин втрачають від 26,1 % (бавовна) до 40,7 % (льон) своєї маси, а тканини, оброблені засобом ФСГ-1, втрачають від 1,3 % (бавовна) до 2 % (льон). Отже, вогнебіо захищені тканини з бавовни, поліефіру, віскози та льону визначаються біостійкими.

Біологічні випробування вогнебіо захищеної деревини також проведені спільно з лабораторією хімічної обробки та захисту деревини і клеїв УкрНДІ „Ресурс” за ГОСТ 16712 [6] і ГОСТ 26603 [5] методом визначення біологічної стійкості матеріалу до дії мікрофлори лісового ґрунту, враженого культурами грибів, аналогічно тому, як це зроблено для дослідження

тканин. Заданий ступінь захисту становив M_{95} шляхом порівняльного контролю серії дослідів зразків вогнебіо захищеної деревини розміром $3 \times 3 \times 1,5$ см (з часом експозиції в робочому розчині засобу ФСГ-1 для деревини - 3 хвилини) з зразками деревини таких же розмірів, що не оброблені жодними захисними засобами. Термін досліджень становив два календарних місяці. Результати досліджень наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Експериментальні дослідження біостійкості зразків необробленої деревини (сосни) та зразків деревини, що оброблені засобом ФСГ-1

Об'єкт дослідження	№ досліду	Кількість зразків	Середня втрата маси, %
Необроблені зразки деревини	1	5	37,6
	2	5	37,4
	3	5	38,0
	4	5	37,7
	5	5	37,6
Зразки деревини оброблені засобом ФСГ-1	6	15	1,83
	7	15	1,87
	8	15	1,89
	9	15	1,82
	10	15	1,78

Аналіз результатів таблиці 2 показує, що максимальний рівень біоруйнування контрольних зразків деревини дорівнює 38,0% втрати маси. Згідно з зазначеною методикою, припустима втрата маси зразків, що оброблених засобом ФСГ-1, повинна становити: $M_{95} = 38,0 \times 0,05 = 1,90$, тобто втрата маси вогнебіо захищених зразків деревини не повинна перевищувати 1,90%. Як засвідчують результати досліджень (табл. 2) у зразків вогнебіо захищеної деревини цей показник менший, а тому вони визначаються біостійкими.

Таким чином, просочувальна композиція для поверхневого вогнебіо захисту тканин і деревини ФСГ-1 (ТУ У 24.6-32528450-002:2004 виробництва ТОВ „Захист-Центр, м. Київ) забезпечує тканинам та деревині необхідний рівень біостійкості за вимогами ГОСТ 16712 та ГОСТ 26603.

Згідно з ГОСТ 12.1.044, одним з небезпечних факторів пожежі (НПФ) є токсичні продукти горіння. Під час виникнення пожежі вплив токсичних продуктів горіння може значно випереджати дію інших НПФ (підвищену температуру оточуючого середовища й відкрите полум'я). Тому показник токсичності продуктів горіння є складовою основних показників пожежної небезпеки будівельних матеріалів.

В Україні та країнах СНД найбільше розповсюджений метод визначення токсичності продуктів горіння матеріалів, регламентований згідно з ГОСТ 12.1.044 [7].

Метод базується на принципі статичного впливу продуктів горіння на піддослідних тварин в експозиційній камері. Камеру горіння об'ємом $0,003 \text{ м}^3$ обладнано електронагрівальною панеллю, яка випромінює тепловий потік на зразок матеріалу. Продукти горіння із цієї камери надходять до експозиційної камери через 15 хвилин від початку теплової дії на зразок або з моменту досягнення максимальної концентрації CO та CO_2 в камері горіння, де протягом 30 хвилин здійснюється отруєвання піддослідних білих мишей. У конструкції установки об'єм експозиційної камери може змінюватися, що дозволяє проводити токсикологічні дослідження за сталою масою зразків і змінним об'ємом експозиційної камери та навпаки – за однаковим об'ємом експозиційної камери і різною масою зразків. Випробування проводяться в одному із двох режимів – термоокислювального розкладу й полуменевого горіння. Після експозиції установку вентилують упродовж 10 хвилин, реєструють кількість загиблих та живих тварин. Потім продовжують спостереження за останніми протягом 14 діб.

Основним критерієм вибору режиму випробувань служить найбільша кількість загиблих у порівняльних групах піддослідних тварин. Залежно від складу матеріалу, під час проведення випробувань визначають вихід CO, CO₂, HCN, NO_x, альдегідів та інших речовин. Для оцінки складу CO в токсичний ефект вимірюють вміст COHb – карбоксигемоглобіну в крові піддослідних тварин. Отриманий ряд залежності летальності від відносної маси матеріалу застосовують для розрахунку показника токсичності H_{CL50}, г/м³. Розрахунок середніх летальних доз і концентрацій проводять за допомогою пробіт-аналізу [8].

У першій частині випробувань використання піддослідних тварин не проводиться. Натомість, радіаційному нагріванню та спалюванню підлягають лише зразок матеріалу зручного розміру масою до 5 грамів. Хімічний склад продуктів горіння в експозиційній камері спостерігається за допомогою постійного аналітичного моніторингу - CO, CO₂, O₂ та інших токсичних газів, наявність яких прогнозується залежно від хімічного складу матеріалу зразка (тобто органічних сполук, галогенідів водню, ціаніду водню тощо). Для визначення сумарної концентрації CO в експозиційній камері застосовують метод інфрачервоної спектроскопії, а для галогенідів водню, HCN та O₂ – парамагнітні аналізатори.

Повний період спостережень у випробуваннях становить 30 хвилин, що відповідає терміну експозиції отруювання піддослідних тварин. Після закінчення перших 15 хвилин лампи нагріву вимикають і димохід, що з'єднує піч і експозиційну камеру, закривають кришкою.

Спільно з відділом гігієни та токсикології ДП УНДІ медицини транспорту МОЗ України були проведені відповідні токсикологічні випробування вогнебіозахищеної тканини «GROWAG» польського виробництва та деревини сосни оброблених засобом ФСГ-1. Стосовно вогнебіозахищеної тканини, на першому етапі проведено санітарно-хімічні випробування в режимі термоокислювальної деструкції (400⁰С) та полум'яного горіння (750⁰С). Зразки кондиювали в лабораторних умовах не менше 48 годин.

Аналіз санітарно-хімічних досліджень при горінні вогнебіозахищеної тканини «GROWAG» у повітрі запалювальної камери вказує на наявність оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю та водню ціаністого. Проведено визначення перевищення концентрацій, при яких у піддослідних тварин виникає гостре отруєння.

В токсикологічних випробуваннях визначали показник токсичності (H_{CL50}), який характеризується співвідношенням кількості матеріалу до одиниці об'єму замкнутого простору, продукти згорання якого викликають загибель 50% піддослідних тварин. Експозиція становила 30±0,5 хв, концентрація кисню у камері перевищувала 18%. У кожному досліді використовували білих мишей вагою 20,0±2,0 г.

У кожному температурному режимі знаходили ряд значень залежності загибелі тварин від відношення маси зразка до об'єму експозиційної камери, який використовували для розрахунку показника токсичності H_{CL50} за допомогою пробіт-аналізу [8]. Результати розрахунків представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Результати розрахунків H_{CL50}

Наважка, г	Смертність, %	Місце концент- рацій	Пробіти	Ваговий коефіці- ент
40	0	1	3,04	1
50	30	2	4,48	4,3
60	50	3	5,00	5
70	80	4	5,84	3,9
80	100	5	6,96	1

Масову долю карбоксигемоглобіну в крові лабораторних тварин визначали спектрофотометричним методом [9]. Результати токсикологічних випробувань наведені у табл. 4.

Результати токсикологічних випробувань

400 ⁰ С		750 ⁰ С	
H _{CL50} , г/м ³	HbCO, %	H _{CL50} , г/м ³	HbCO, %
94,3±6,9	49,8±4,4	61,4±5,4	52,6±4,8

За результатами досліджень продуктів горіння можна зробити такий висновок. Кількісні характеристики вмісту шкідливих сполук у повітрі експозиційної камери та рівень карбоксигемоглобіну в крові лабораторних тварин свідчать про те, що смертельний ефект обумовлений головним чином дією оксиду вуглецю, аміаку та водню ціаністого. Максимальне значення показника H_{CL50}, визначене при температурі 750⁰С, становило 61,4±5,4 г/м³. Тому значення H_{CL50} при температурі 750⁰С використане для встановлення величини показника токсичності продуктів горіння. За цим показником досліджений зразок вогнебіо захищеної тканини відноситься до класу помірно небезпечних матеріалів. Слід зазначити, що необроблені тканини з поліефіру знаходяться на межі класів: високо небезпечні – помірно небезпечні [7].

Що стосується дослідження зразків вогнебіо захищеної деревини сосни, то вони проводились у порівнянні із зразками, необробленими вогнебіо захисним засобом. Згідно з [7] програма робіт містила санітарно-хімічні та токсикологічні випробування досліджувальних матеріалів в двох режимах: термоокислювальної деструкції (≈450⁰С) та полум'яного горіння (≈750⁰С). Зразки кондиціювали, згідно з вимогами, у лабораторних умовах не менше 48 годин.

Порівняльний аналіз продуктів горіння вказує, що обробка деревини вогнезахисним засобом найбільше впливає на міграцію оксидів вуглецю з деревини. Для деревини, що обробленої вогнезахисним засобом, утворення монооксиду вуглецю пригнічується в умовах термоокислювальної деструкції.

Під час токсикологічних випробувань вогнебіо захищеної деревини у кожному температурному режимі знаходили ряд значень залежності загибелі тварин від відношення маси зразка до об'єму експозиційної камери, який використовували для розрахунку показника токсичності H_{CL50} за допомогою пробіт-аналізу. Масову долю карбоксигемоглобіну в крові лабораторних тварин визначали спектрофотометричним способом.

Результати випробувань показують, що значення H_{CL50} при температурі 750⁰С не досягнуто при максимальній насиченості простору випробувальної установки 130 г/м³ та експозиції 30 хвилин. Тому для встановлення класу небезпечності продуктів горіння цих матеріалів, згідно з класифікацією за п. 2.16.2 [7], були використані дані H_{CL50} при температурі 450⁰С. Значення H_{CL50} для деревини, що оброблена і не оброблена вогнезахисним засобом, дорівнює відповідно 123,1±15,3 г/м³ та 44,1±8,8 г/м³.

Рівень карбоксигемоглобіну у крові лабораторних тварин свідчить про те, що смертельний ефект від деструкції обох матеріалів обумовлений, головним чином, дією монооксиду вуглецю. Обробка деревини вогнезахисним засобом (порівняно з необробленою деревиною) знижує клас небезпечності матеріалу за показником токсичності. Тобто деревина, вогнебіо захищена комплексним засобом ФСГ-1, відноситься до класу мало небезпечних матеріалів.

Висновки. Встановлено, що комплексний засіб ФСГ-1 для вогнебіо захисту тканин і деревини здатний ефективно захистити ці матеріали від біоруйнування. Результати випробувань на визначення токсичності продуктів горіння вогнезахиснених тканин і деревини вказують на значне зменшення показників токсичності, а деревина навіть переходить до класу мало небезпечних матеріалів. Таким чином, покращується загальний екологічний стан при використанні вогнебіо захищених матеріалів (деревини і тканин), що оброблені комплексним захисним засобом ФСГ-1.

Список літератури:

1. **Жартовский С.В.** Шляхи створення та використання просочувальних вогнебіозахисних засобів ДСА-1, ДСА-2 для деревини і фанери / С.В. Жартовский // Пожежна безпека: теорія і практика: Зб. наук. праць.– Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2010. – №5. – С. 36-55.
2. **Жартовський С.В.** Копозиційний просочувальний засіб для вогнебіозахисту деревини і тканин / С.В. Жартовський, Д.І. Рихліцький // Науковий вісник УкрНДІ ПБ. – 2010. – №2(22). – С. 54-63.
3. Зміна №3 до ТУ У 32528450-002-2004 Композиція просочувальна для поверхневого вогне- та біозахисту тканин, паперу, очерету та соломи ФСГ-1.
4. Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи №05.03.02-07/80700 від 14.12.2009 р.
5. **ГОСТ 26603-1985** Полотна нетканые (подоснова) антированные из волокон всех видов для теплоизоляционного линолеума. Метод определения биостойкости.
6. **ГОСТ 16712-95** Средства защитные для древесины. Методы испытания токсичности.
7. **ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы испытаний.
8. Руководство к практическим занятиям по гигиене труда / Под ред. проф. Шевченко А.М. – Киев, 1986 г.
9. Судебно-медицинская экспертиза, №2, 1979 г., с. 39-42.

С.В. Жартовский, канд. техн. наук

(Украинский научно-исследовательский институт пожарной безопасности)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОГНЕБИОЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ И ТКАНЕЙ КОМПЛЕКСНЫМ СРЕДСТВОМ ФСГ-1

Исследованы экологические аспекты огнебиозащиты древесины и тканей пропиточным комплексным средством ФСГ-1 с использованием стандартных методов биологического разрушения огнебиозащищенных материалов. Определены токсикологические показатели опасности продуктов горения огнебиозащищенных материалов. Установлено, что комплексное средство ФСГ-1 для огнебиозащиты тканей и древесины способно эффективно защищать эти материалы от биоразрушения. Результаты испытаний по определению токсичности продуктов горения огнебиозащищенных тканей и древесины указывают на значительное снижение показателей токсичности, а древесина даже переходит в класс мало опасных материалов.

Ключевые слова: биозащита, огнезащита, комплексное средство, пропитка, токсичность, продукты горения.

*S.V. Zhartovskyi, Candidate of Sciences (Engineering)
(Ukrainian Research Institute of Fire Safety)*

ECOLOGICAL ASPECTS OF FABRIC AND WOOD FIRE-BIO-PROTECTION BY FSG-1 IMPREGNATION COMPLEX

Ecological aspects of fabric and wood fire-bio-protection by FSG-1 impregnation complex with use of standard methods of biological destruction of fire-bio-protected materials are examined. Toxicological danger factors of combustion products of fire-bio-protected materials are determined. It is installed that FSG-1 combined means is useful for effective protection of fabric and wood from biodestruction. Results of toxicological tests of combustion products of fire-bio-protected fabric and wood point for significant reduction of toxicity factors, more ever, fire-bio-protected wood moves to low hazardous materials class.

Key words: bio-protection, fire-protection, combined means, impregnation, toxicity, combustion products.