

УДК 355.424

О.О. Кіреєв¹, Г.Б. Гишко²

¹Університет цивільного захисту України, Харків

²Харківській університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ВОГНЕЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИХ СПОЛУК ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЇХ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ВІД ЗАПАЛЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН

Пропонуються результати дослідження гелеутворюючих вогнегасящих та вогнезахисних сполук з метою можливості використання їх для захисту озброєння та військової техніки від впливу уражаючих факторів запалювальної зброї. Досліджено вогнезахисна властивість гелеутворюючої системи $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$, яку пропонується наносити на матеріали, що використовуються для укриття озброєння та військової техніки при впливі на них відкритого полум'я палаючої запалювальної речовини – напалму. Визначено захисні властивості гелевих сполук за часом.

гелеутворюючі вогнегасящі та вогнезахисні сполуки, запалювальна речовина, напалм

Вступ

Забезпечення дій підрозділів та частин організовується у будь яких умовах обстановки з метою створення сприятливих умов для успішного виконання завдань, що поставлені перед ними. Захист від запалювальної зброї – одне з важливих питань забезпечення. Вирішення цього завдання організується з метою максимально знизити втрати особового складу, озброєння та військової техніки від впливу уражаючих факторів запалювальної зброї [1].

Постановка проблеми. Виконання заходів захисту від запалювальної зброї та пожеж, що виникають як наслідок її застосування, неможливо без використання засобів вогнегасіння та засобів, що характеризуються вогнезахисними властивостями.

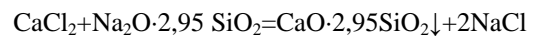
У керівних документах для захисту від уражаючих факторів запалювальної зброї рекомендується використовувати захисні екрани, що виготовляються з місцевих матеріалів, а також різноманітні вогнезахисні покриття у вигляді обмазок, фарб та просочувань. В свою чергу необхідно зазначити, що у деяких випадках виконати ці рекомендації неможливо або вони є неефективними, завдяки тому, що зазначені покриття є невологостійкими [2].

От чому виникає необхідність звернутися ще раз до питання аналізу захисних властивостей існуючих засобів та дослідити можливості нових засобів, що можуть використовуватися для захисту від уражаючих факторів запалювальної зброї.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У попередньо опублікованих працях [3 – 5] для вогнегасіння та вогнезахисту було запропоновано використовувати гелеутворюючі сполуки. Ці сполуки являють собою дві складові, які зберігаються окремо одна від одної та одночасно подаються на робочу поверхню. Перша складова являє собою розчин гелеутворюючого компоненту, друга – розчин каталізатору гелеутворення. При одночасній подачі цих розчинів

на поверхні, що горять, або ті, які необхідно захистити від вогню, відбувається змішування розчинів між собою, що призводить до утворення стійкого гелю.

Внаслідок взаємодії гелеутворювача та каталізатора гелеутворення перебігає реакція утворення нерозчинних полісилікатів двох чи трьох валентних металів та сульфатів або хлориду натрію. Так, основною реакцією при використанні в якості каталізатора гелеутворювача хлориду кальцію буде така:



Крім того, відповідно до роботи [6] утворюється силікагель та гідроксид кальцію. У реальних умовах доцільно використовувати надлишок однієї з складових гелеутворюючої системи – полісилікат натрію або сіль багатовалентного металу. В залежності від співвідношення компонентів суттєво змінюються і властивості гелю, що утворюється. Гель утворює на поверхні вогнезахисний шар, що не стікає, і при цьому у його складі вода складає від 60 до 94 %. Шар гелю легко утримується на вертикальних і нахилених поверхнях. Використання гелеутворюючих сполук замість звичайної води дає можливість суттєво знизити витрати речовин для гасіння пожеж та захисту легкозаймистих матеріалів. Застосування гелюутворюючих сумішей не призводить до суттєвого екологічного збитку.

У попередніх роботах було досліджено вогнезахисна дія гелеутворюючих сумішей на деревину, пластик, ДВП та ДСП [7]. Всі ці дослідження були проведені із використанням відкритого полум'я газової горілки. Полум'я газової горілки при попередньому змішуванні газу та повітря належить до кінетичного полум'я. Запалювальні речовини, що використовуються у запалювальній зброї, під час горіння утворюють дифузійне полум'я, от чому його вплив на займисті матеріали відрізняється від характеру дії кінетичного полум'я.

Постановка завдання та його рішення

З метою визначення вогнезахисних властивостей гелеутворюючих сполук по відношенню до полум'я напалму необхідно провести відповідні дослідження по вогнестійкості одного з займистих матеріалів. Нами в якості такого матеріалу був обраний брезент, який використовується для укріття бойової техніки. Поверхнева щільність брезенту, який використовувався, складала 300 г/м^2 . Для дослідження використовувалась запалювальна речовина напалм, яка відноситься до запалювальних сумішей, що виготовлені на основі нафтопродуктів. Ці суміші найбільш поширені і здатні викликати опіки шкірного покриву та підпалювати горючі матеріали.

Не загущені запалювальні суміші легко займаються і готуються на основі бензину, дизельного пального та технічних мастил.

Загущені запалювальні суміші являють собою в'язкі желеподібні суміші, до складу яких входить бензин або будь який інший органічний розчинник, який змішаний із згущувачем.

У якості згущувача у напалмах застосовуються: суміші алюмінієвих солей нафтенної, пальметинової, олеїнової кислот та кислот кокосової олії; синтетичний каучук, полістирол та інші полімерні речовини (напалм "В").

В якості вогнезахисної гелеутворюючої суміші використовувалась сполука $\text{CaCl}_2(9\%) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{ SiO}_2(8\%)$. Тут, та в подальшому, сполука гелеутворюючої системи вказується по кожному компоненту окремо без врахування розчинення при змішуванні компонентів. Цей склад відповідає мінімальним концентраціям гелеутворювача та каталізатора, взятих із запасом 30%. Аналогічна композиція добре зарекомендувала себе при проведенні досліджень із захисту рослинних займистих матеріалів від полум'я лісових пожеж [8].

Попередніми дослідженнями встановлено, що найбільшого вогневого впливу на займисті матеріали проявляє прямий вплив полум'я на матеріал, який знаходиться у його верхньому шарі. Вплив полум'я напалму, який нанесено на зразок займистого матеріалу, відбувається лише по периметру крайки напалму, нанесеного на зразок займистого матеріалу. При цьому цей вплив слабкіший за вплив верхнього шару полум'я. Так час пропалювання брезенту, який знаходиться у верхньому шарі полум'я в умовах, що були обрані, складає 10 – 12 с, а відповідний ефект для зразка брезенту, на котрий нанесено напалм, складає 14 – 15 с.

Експериментальна частина

Для проведення досліджень була використана загальна для вогневих досліджень схема. Джерело полум'я розміщувалося у нижній частині установки, а у верхній частині розміщувався зразок, що досліджувався. Відстань між джерелом полум'я та дослід-

жуємим зразком підбиралася так, щоб зразок знаходився на висоті, що відповідає $2/3$ висоти полум'я. Внаслідок попередніх експериментів були обрані наступні параметри лабораторного устаткування. Напалм в кількості 3 мл за допомогою шприца розміщувався у фарфоровому тиглю, верхній діаметр котрого складав 20 мм, а висота 19 мм. На відстані 5 см від верхнього краю тиглю за допомогою хімічного штативу закріплювалось металеве кільце шириною 15 мм та з внутрішнім діаметром 50 мм. На це кільце зверху розміщувався зразок тканини розміром 7×7 см. Шар гелю на зразок матеріалу наносився шляхом розпилювання компонентів гелеутворюючої системи. Розпилювання здійснювалося за допомогою розпилювача ОП-301. Товщина шару гелю визначалася ваговим методом. Для цього тканину зважували у сухому стані та після нанесення на неї шару гелю. Щільність гелю була визначена експериментально та її значення склало $1,07 \text{ г/см}^3$.

Після нанесення шару гелю на тканину її розміщували на кільце лабораторного устаткування гелевим шаром донизу. Після цього підпалювали напалм в тиглі, давали йому розгорітися на протязі 10 с і після цього за допомогою тигельних щипців розміщували під матеріал тканини, що обраний для дослідження. За допомогою секундоміра фіксувався час від моменту початку вогневого впливу до моменту візуального прогорання тканини. Так як у більшості випадків тканина не займалася, за момент прогорання приймався час локального почорніння брезенту. Почорніння тканини у всіх випадках спостерігалось у геометричному центрі зразка матеріалу, що досліджувався.

У тих випадках, коли прогорання не наставало на протязі 3 хвилин, тигель з напалмом, що горів, замінювався на новий тигель з напалмом. Це здійснювалося завдяки тому, що через деякий проміжок часу інтенсивність горіння напалму знижувалась. Час прогорання визначався як середнє значення результатів трьох експериментів. Відтворюваність результатів за часом прогорання змінювалась від 3 – 5 с для шару 0,5 та 1,0 мм до 15 с для шару 3,0 мм.

При дослідженні працездатності вогнезахисних шарів у часі просушування зразків брезенту, що були оброблені гелем або водою, здійснювалося у приміщенні лабораторії за температури $19 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Через визначені проміжки часу здійснювалося зважування зразків брезенту, на які було нанесено вогнезахисний шар. На підставі цих даних, розраховувалася маса гелеутворюючого шару, що залишався на матеріалі. Зважування в усіх випадках здійснювалося з точністю до 0,01 г за допомогою ваг ТНВ-600.

Обговорення отриманих результатів

На рис. 1 приведені залежності часу прогорання брезенту від товщини шару гелю, що був нанесений на нього. Відповідні експерименти здійснювалися через час, який не перевищував 5 хвилин після нане-

сення вогнезахисного шару. На цьому ж графіку відображені експериментальні дані для того випадку, коли брезент змочували водою (точки для значень $l < 0,5$ мм). При цьому за товщину шару води приймалася гіпотетична товщина, яка була розрахована виходячи з маси води та площі зразка матеріалу, що досліджувався. Максимальна величина товщини шару гелю була обрана рівною 3 мм, так як за більшої товщини спостерігалася часткове сковзання вогнезахисного шару при вертикальному розміщенні зразка брезенту.

Як видно з рис. 1 вогнезахисна дія гелевого шару помітно зростає зі збільшенням товщини шару. Для товстого шару гелю вона перевищує 5 хвилин, чого достатньо для того, щоб застосувати заходи з гасіння запалювальних речовин та їх видалення з брезенту, яким укрито озброєння та військова техніка, або його скидання на землю.

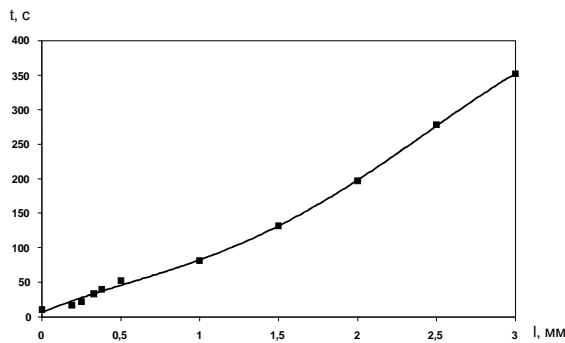


Рис. 1. Залежність часу прогорання зразків брезенту (t) від товщини шару вогнезахисного гелю (l)

Безперечно, що з часом з гелеутворюючих покриттів буде випаровуватися вода і при цьому їх вогнезахисні властивості будуть погіршуватися. Саме для цього було досліджено працездатність гелю з часом. Для цього зразки брезенту оброблялися гелеутворюючою композицією з визначеною товщиною (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 та 3,0 мм). Зразки, що досліджувалися, піддавалися просушуванню в умовах лабораторії. Через визначені проміжки часу визначалися вогнезахисні властивості зразків матеріалу. Максимальний час просушування визначався часом досягнення зразками постійної маси. На відміну від води гелеутворюючий шар повністю не висихав не залежно від тривалості просушування.

Це пояснюється тим, що у гелеутворюючій композиції обраного складу в надлишку знаходиться гігроскопічна речовина – хлорид кальцію.

Залежність часу прогорання від часу просушування для різної товщини вогнезахисного шару приведені на рис. 2. Як видно з графіку, для товстого гелеутворюючого шару вогнезахисні властивості зберігаються більш тривалий час, ніж для тонкого. Через час, що перевищує добу, вогнезахисні властивості гелевого шару досягають свого мінімального значення і залишаються постійними необмежено тривалий час.

Без сумніву, причиною зменшення вогнезахисних властивостей з часом є випаровування з вогнезахисного гелю. Охолоджуюча дія води є основною

складовою вогнезахисної дії гелеутворюючого шару. Для встановлення характеру залежності маси води в вогнезахисному покритті від часу просушування були експериментально визначені маси гелевого покриття для різного часу просушування. Відповідні залежності приведені на рис. 3.

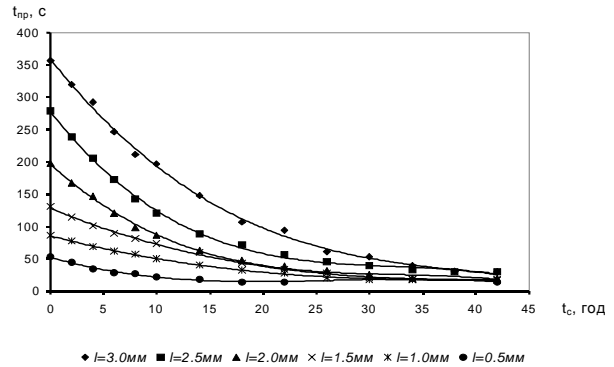


Рис. 2. Залежність часу прогорання зразків брезенту (t_{пр}) від часу просушування вогнезахисного гелю (t_с)

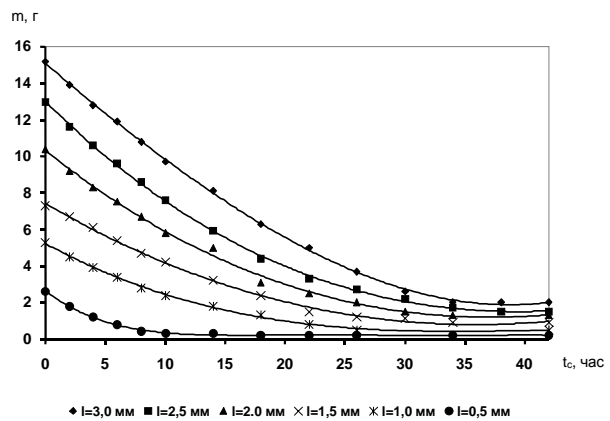


Рис. 3. Залежність маси гелевого шару (m) від часу просушування вогнезахисного гелю (t_с)

Як видно з рис. 3 характер залежності аналогічний відповідним залежностям часу прогорання зразків брезенту від часу (рис. 2). На підставі експериментальних даних за залежностями вогнезахисних властивостей та мас гелевих шарів від часу була побудована залежність часу прогорання зразків брезенту від маси частково просушених гелевих шарів. Ця залежність показана на рис. 4.

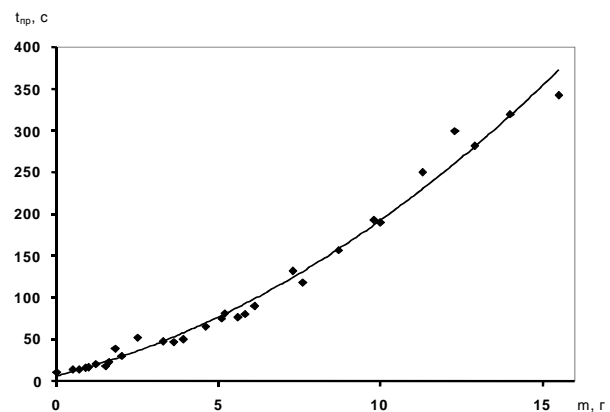


Рис. 4. Залежність часу прогорання зразків брезенту (t_{пр}) від маси вогнезахисного гелю (m)

Як видно з рис. 4 існує кореляція між масою гелеутворюючого покриття та його вогнезахисними властивостями. Причому на цю залежність укладаються як гелі, які підпали під повне та часткове просушування, так і гелі, які не були просушені. На підставі вищезазваного можна стверджувати, що пошук вогнезахисних гелів з покращеними властивостями необхідно здійснювати серед сполук з більшими концентраціями гелеутворювача та каталізатора гелеутворювача. Збільшення часу працездатності вогнезахисних гелів можна досягнути за умов введення у гелеутворюючі композиції більшого надлишку гігроскопічних речовин.

Висновок

Для захисту від уражаючих факторів запальної зброї запропоновано використовувати гелеутворюючі вогнезахисні сполуки $\text{CaCl}_2(9\%) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2(8\%)$, які при нанесенні на матеріали, якими вкривається озброєння та військова техніка, створює умови для захисту від дії відкритого полум'я запальної речовини типу напалм на протязі 5 хвилин. Проведені дослідження показали, що з часом вогнезахисні властивості гелевого покриття послаблюються внаслідок випаровування з нього води. Накреслені шляхи пошуку можливості підвищення вогнезахисної дії та терміну працездатності гелеутворюючих сполук. При досягненні позитивного результату у цьому питанні відкриються нові напрямки у роботі по удосконаленню існуючих та розробці нових, ефективних засобів захисту від запальної зброї.

Список літератури

1. Гишко Г.Б., Ботов М.Ф. Рекомендації щодо порядку організації захисту інженерно-авіаційної служби від наслідків застосування запальної зброї // *Збірник наук. праць*. – X: XI ВПС, 2004. – Вип. 2 (11). – С. 95-102.
2. Инструкция по защите войск от зажигательного оружия. – М.: Воениздат, 1987. – 41 с.
3. Кіреєв О.О., Бабенко О.В., Мурав'їов С.Д. Використання гелеутворюючих систем для попередження, локалізації та ліквідації пожеж та загорань // *Хранение и переработка зерна*. – 2003. – № 12. – С. 52-54.
4. Кіреєв О.О., Бабенко О.В., Бронжаєв М.Ф., Мишурова Т.В. Дослідження властивостей розчинів гелеутворюючих систем та установок для його здійснення // *Проблеми пожежної безпеки*. – 2003. – Вип. 13. – С. 52-56.
5. Айлер Р. Химия кремнезёма. – М.: Химия, 1982. – 483 с.
6. Абрамов Ю.О., Кіреєв О.О., Щербина О.М. Дослідження впливу товщини шару гелю на його вогнезахисні властивості // *Пожежна безпека*. – 2006. – № 8. – С. 159-162.
7. Савченко О.В., Кіреєв О.О., Альбоцій В.М., Данільченко В.А. Дослідження вогнезахисної дії селєвих плівки на матеріалах розповсюджених в житловому секторі // *Проблеми пожежної безпеки*. – 2006. – Вип. 19. – С. 127-131.
8. Сумцов Ю.А., Кіреєв А.А., Тарасова Г.В. Выбор гелеобразующих составов для борьбы с лесными пожарами // *Проблеми пожежної безпеки*. – 2006. – Вип. 19. – С. 143-148.

Надійшла до редколегії 19.10.2006

Рецензент: д-р хім. наук, проф. В.Д. Калугін, Університет цивільного захисту України, Харків.