

20. Ройтман М.Я. Противопожарное нормирование в строительстве. – М.: Стройиздат, 1985. – 590 с.

21. Термогазодинамика пожаров в помещениях /В.М.Астапенко, Ю.А.Кошмаров, И.С.Молчадский, А.Н.Шевляков/ Под ред. Ю.А.Кошмарова. – М.: Стройиздат, 1988. – 448с.

22. Матюшин А.В., Матюшин Ю.А. Интегральный метод расчёта необходимого времени эвакуации людей из помещения при пожаре // Пожарная безопасность. – 2002. - № 2. – С. 126-132.

23. Иличкин В.С., Букин А.С., Смирнов В.Л. Два подхода к определению показателя токсичности продуктов горения комбинированных материалов (сравнение результатов и оценка применимости) // Пожаровзрывобезопасность. – 2002. - № 4. – С. 16-20.

24. Сивенков А.Б., Серков Б.Б., Асеева Р.М., Сахаров А.М., Сахаров П.А., Скибида И.П. Огнезащитные покрытия на основе модифицированных полисахаридов. Часть 2. Дымообразующая способность и токсичность продуктов горения // Пожаровзрывоопасность. - 2002. - № 2. - С. 21-26.

25. Трушкин Д.В. Оценка пожарной опасности строительных материалов на основе анализа динамических характеристик II. Токсичность летучих продуктов горения, воспламеняемость и распространение пламени // Пожаровзрывобезопасность. – 2003. - № 1. – С. 19-23

УДК [622.867.3:614.895.5]:621.56

*В.А. Вольський, к.т.н., с.н.с. (Науково-дослідний інститут гірничорятувальної справи «Респіратор», м. Донецьк),
А.А. Онасенко (Шахта ім. Ф.Е. Дзержинського ГП «Ровенькиантрацит»),
О.А. Гаврилко, к.т.н. (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)*

ЕКСТРЕНЕ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОТЕРПІЛИХ ПРИ ПЕРЕГРІВАННІ ЗА ДОПОМОГОЮ ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ ХІМІЧНИХ ПАКЕТІВ

Приведено результати досліджень з розробки хімічних засобів екстреного охолодження при перегріванні людей, що працюють в умовах мікроклімату, який спричиняє нагрівання. Засоби являють собою пакети з поліетиленової плівки, що містять роздільно хімічні реактиви і воду. Холод виробляється шляхом розчинення інгредієнтів у воді при активації пакета.

Сучасний стан проблеми. В даний час у підрозділах гірничорятувальної служби (ГРС), як акумулятор холоду для засобів індивідуального протитеплого захисту, а також для екстреного охолодження потерпілих при перегріванні організму застосовуються водольодяні охолоджувальні елементи ОЕ–2 [1]. До переваг таких охолоджувальних елементів варто віднести простоту конструкції, низьку вартість холодоагенту (водяного льоду), можливість повторного використання. Основний недолік – постійна витрата електроенергії для утримання ОЕ–2 у замороженому стані (що вимагає витрат приблизно 30 тис. грн. на рік) і неможливість тривалого збереження їх поблизу місць застосування через відсутність вибухобезпечних електричних морозильних установок.

Як засоби надання допомоги потерпілим від перегрівання, поряд з водольодяними охолоджувальними елементами, можуть бути використані охолоджувальні пакети, у яких холод виділяється внаслідок ендотермічної реакції при розчиненні деяких речовин або їх сумішей у воді [2]. Охолоджувальні пакети з хімічними інгредієнтами не потребують

застосування спеціального устаткування для транспортування і збереження, постійно готові до застосування, зберігають свої охолоджувальні властивості протягом тривалого часу.

У вітчизняній і світовій практиці як інгредієнти для хімічних охолоджувальних пакетів застосовують деякі солі: хлориди калію, кальцію або амонію (KCl , $CaCl_2$, NH_4Cl), нітрати натрію або амонію ($NaNO_3$, NH_4NO_3), тіосульфат натрію ($Na_2S_2O_3$), а також карбамід (CH_4ON_2) [3,4].

При розчиненні наведених вище речовин у воді відбувається значне зниження температури розчину. Завдяки цьому існує можливість відводу тепла від тіла людини. Ступінь зниження температури усередині пакета, а отже, і його теплозахисні властивості, визначаються видом, співвідношенням і кількістю речовин, що знаходяться в пакеті. У зв'язку з цим були проведені експериментальні дослідження з визначення характеристик охолоджувальних пакетів з різними сумішами речовин.

Експериментальна частина. Були досліджені суміші, що складаються з нітрату або хлорату амонію, карбонату натрію (безводного і декагідрату) і карбаміду в різних поєднаннях з додаванням різних кількостей води. Усього досліджено 9 варіантів суміші.

Кожну з експериментальних сумішей поміщали в пакет з поліетиленової плівки, активували шляхом перемішування з водою, встановлювали термометр, а потім пакет з активованою сумішшю укладали в теплоізолюючу оболонку. Температуру суміші вимірювали з інтервалом 5 хв.

Експерименти показали, що суміш нітрат амонію + декагідрат карбонату натрію дозволяє знизити температуру розчину більше, ніж на $30\text{ }^\circ\text{C}$. Однак практичне застосування такої суміші утруднено, тому що інгредієнти в пакеті повинні утримуватися роздільно і змішуватися безпосередньо перед застосуванням. Інакше при тривалому збереженні відбувається дегідратація карбонату натрію, і властивості суміші знижуються. А пакет з роздільними інгредієнтами значно складніше виготовляти і використовувати.

Аналіз даних експериментів показав, що найбільш прийнятним для створення охолоджувальних пакетів є застосування карбаміду і солей амонію. Високі показники (зниження температури приблизно на $25\text{ }^\circ\text{C}$) отримані при використанні суміші карбаміду і хлористого амонію. Найкращі результати показала суміш, у яку рівними частками входили нітрат амонію, карбамід і вода. Температура знизилася на $37\text{ }^\circ\text{C}$. Таким чином, ця суміш виявилася найбільш ефективною для застосування в охолоджувальних пакетах. Завдяки від'ємній температурі, пакет з такою сумішшю дозволяє застосовувати його для надання допомоги людині, що знаходиться в стані перегрівання, наносячи їй т. зв. „холодовий удар”, що відразу значно покращує її самопочуття.

Зміна температури найбільш ефективних сумішей у часі показана на рис. 1.

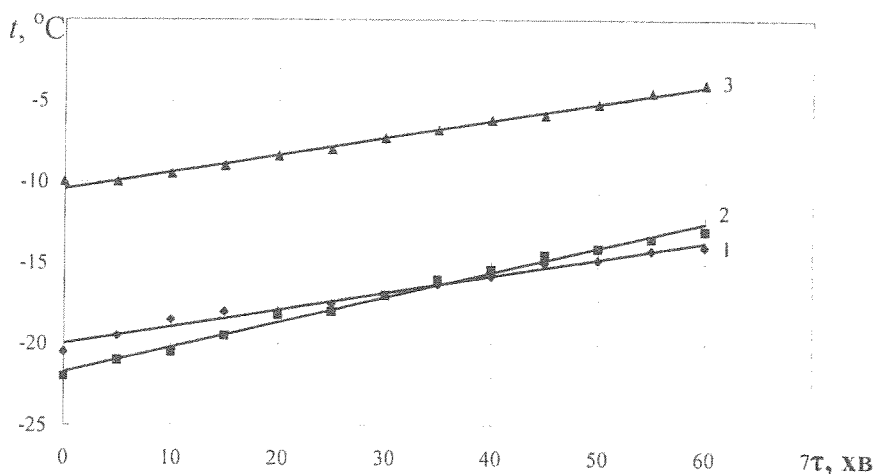


Рис. 1 Зміна температури сумішей у часі

1 – $NH_4NO_3 + Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$; 2 – $NH_4NO_3 + CH_4ON_2$; 3 – $NH_4Cl + CH_4ON_2$

На графіках показані експериментальні точки і побудовані за ними лінії тренду, що описуються відповідними лінійними рівняннями:

$$t_1 = 0,1043\tau - 19,982 \quad (R^2 = 0,983) \quad (1)$$

$$t_2 = 0,1535\tau - 21,736 \quad (R^2 = 0,991), \quad (2)$$

$$t_3 = 0,1051\tau - 10,444 \quad (R^2 = 0,993) \quad (3)$$

Таким чином, для подальших експериментів у якості охолоджувача була відібрана суміш, що складається з однакових за масою кількостей нітрату амонію, карбаміду і води. Така суміш дозволяє одержати максимальне зниження температури в момент активації. Крім того, інгредієнти суміші хімічно нейтральні стосовно один одного, що дозволяє зберігати пакет з підготовленою сумішшю тривалий час без втрати властивостей.

Перевірку часу захисної дії пакетів проводили в термокамері, нагрітій до 40 °С. Це дозволило імітувати дію навколишнього середовища на людину.

Пластикову флягу місткістю 2 дм³, заповнену водою з температурою 38 °С поміщали в теплоізолюючу оболонку. До фляги прикладали пакет з охолоджувальною сумішшю і термометром. Після активації суміші починали виміри температури, що здійснювалися через кожні 5 хв. Були використані пакети з масою суміші 0,12 – 0,36 кг. Результати експериментів приведені на рис. 2, звідки видно, як змінюється температура суміші в часі при різній масі суміші в пакетах.

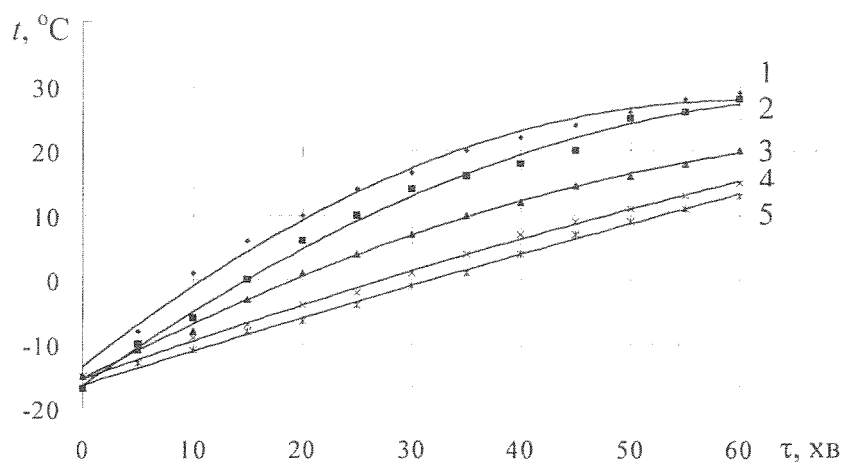


Рис. 2 Зміни температури у часі для пакетів з різною масою суміші

1 – 5 – маса $m = 0,12 - 0,36$ кг з інтервалом 0,06 кг

За експериментальними точками було отримано апроксимуючі рівняння:

$$t'_1 = -0,0112\tau^2 + 1,3626\tau - 13,522 \quad (R^2 = 0,933) \quad (4)$$

$$t'_2 = -0,0084\tau^2 + 1,2308\tau - 16,483 \quad (R^2 = 0,995) \quad (5)$$

$$t'_3 = -0,0053\tau^2 + 0,9011\tau - 15,39 \quad (R^2 = 0,993) \quad (6)$$

$$t'_4 = -0,0015\tau^2 + 0,6032\tau - 15,429 \quad (R^2 = 0,998) \quad (7)$$

$$t'_5 = -0,0006\tau^2 + 0,5328\tau - 16,401 \quad (R^2 = 0,998) \quad (8)$$

Приведені вирази показують, що експериментальні дані з високим ступенем кореляції описуються рівняннями параболи другого порядку.

Важливою характеристикою засобів захисту від тепла є час захисної дії. Для досліджуваних пакетів цей параметр визначали як період, протягом якого температура суміші підвищувалася до 20 °С. Отримані розрахунковим шляхом на основі рівнянь (4) – (8) значення показані на рис. 3, що відображає залежність часу захисної дії τ_3 пакетів від маси суміші.

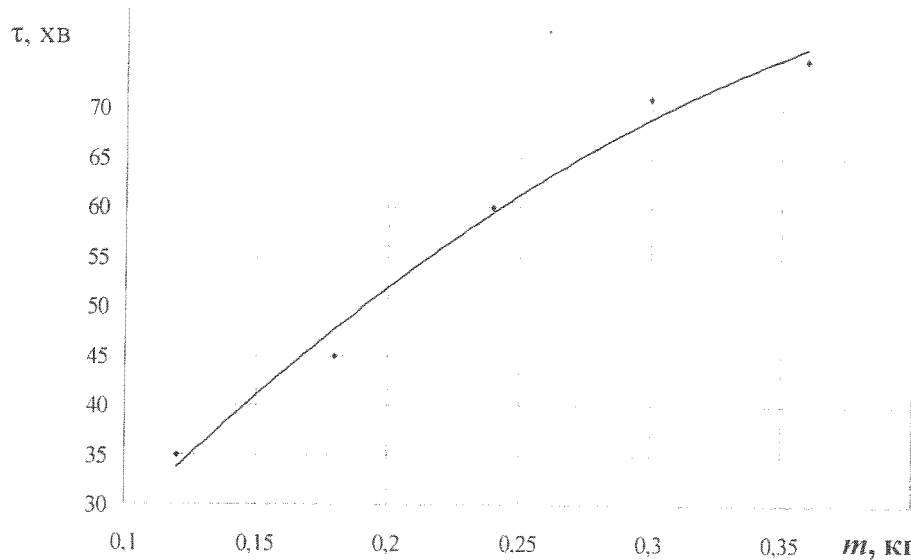


Рис. 3 Зміна часу захисної дії пакетів в залежності від маси суміші

Побудована за точками крива описується рівнянням

$$\tau_3 = -317,46m^2 + 329,05m - 1,2 \quad (R^2 = 0,987), \quad (9)$$

Отримане рівняння дозволяє робити розрахунки охолоджувальних пакетів, зокрема, за масою суміші визначати час захисної дії, або за необхідним часом визначати масу.

Дослідження, результати яких приведені на рис. 1-3, проводилися при умовах, що температура води, поданої в суміш, становила 13-15 °С. На практиці такі умови забезпечити важко. Тому був проведений експеримент, при якому температура води становила 40 °С, а маса суміші – 0,3 кг. Після активації пакет поміщали в теплоізолюючу оболонку і проводили виміри температури, як описано вище. Результати експерименту приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Зміна температури суміші в пакеті при активації водою з $t = 40$ °С

τ , хв	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
t , °С	-12,0	-10,8	-10,0	-9,0	-9,0	-8,0	-8,0	-7,0	-70,0	-6,5	-5,2	-5,0	-4,0

Як впливає з таблиці, навіть при застосуванні води з високою температурою може бути досягнута негативна температура суміші, що також дозволяє використовувати пакет для екстреного охолодження потерпілих.

Таким чином, результати досліджень показують, що як альтернативне джерело холоду в екстрених випадках може бути рекомендоване застосування пакетів, що містять нітрат амонію, карбамід і воду в рівних кількостях. При цьому вода повинна бути відділена від

сухої суміші, але необхідно передбачити можливість швидкої активації пакета шляхом змішування сухої частини з водою. Такий пакет до моменту активації може тривалий час зберігатися в безпосередній близькості від ймовірного місця застосування, а у потрібний момент може бути приведений у дію, зокрема, при необхідності надання екстреної допомоги потерпілому від перегріву.

На основі проведених досліджень розроблено охолоджувальний пакет ОП-1. Всі елементи пакета виконані з поліетиленової плівки і герметизовані методом термосклеювання. У середині пакета в роздільних оболонках з поліетиленової плівки розміщені суміш карбаміду з нітратом амонію і вода.

При необхідності використання пакет активується шляхом стискання. У результаті розривається внутрішній пакет, заповнений водою, вода попадає в суміш, починається розчинення, і температура пакета знижується. Для активації процесу пакет кілька разів струшують.

Технічна характеристика пакета приведена в табл. 2.

Таблиця 2. Технічна характеристика охолоджувального пакета ОП-1

Найменування параметра	Величина
Час захисної дії, хв. при швидкості повітряного потоку 1 м/с і температурі навколишнього середовища 30 °С 35 °С 40 °С	35 30 25
Запас холоду, кДж	25
Маса пакета, г	320±10
Габаритні розміри, мм	240x130x20

Висновок. Розроблені пакети успішно застосовуються гірничорятувальниками, а також можуть використовуватись пожежно-рятувальними підрозділами МНС України, працівниками металургійної, хімічної, скляної промисловості й інших галузей народного господарства при наданні допомоги потерпілим від перегрівання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Напряженно-деформированное состояние полиэтиленовых пленок для охлаждающих элементов // А.А. Онасенко, И.Ф. Марийчук, Н.И. Шилинговский, А.Ф. Должиков // Горноспасательное дело: 2004, вып. 41. – с. 145 – 152
2. Бавро Г.М., Ландо Н.Г., Нефедов А.Ю./Особенности теплового состояния организма человека в изолирующем снаряжении, обусловленные использованием систем локального теплосъема // Авиакосмическая медицина: Тезисы VI Всесоюзной конференции по космической биологии и авиакосмической медицине. – Калуга, 1979.– с. 103 – 105.
3. Короткий довідник з хімії / И.Т.Гороховский; – Київ: Наукова думка, 1987. – 830 с.
4. Патент 3950158 США, МКИ F25D 5/006 Карбамідний холодильний пакет, що має внутрішній мішок з перфорованим клапаном = Urea cold pack having an inner bag provided seal.