

УДК 621.565



С. О. Каплун



Л. Ф. Товма



В. О. Потапов



М. М. Смілик



А. У. Шингісов

ПЕРСПЕКТИВНІ СПОСОБИ ЗБЕРІГАННЯ ШВИДКОПСУВНОЇ ПРОДУКЦІЇ ПІД ЧАС ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОДОВОЛЬЧОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ПІДРОЗДІЛІВ У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

Обґрунтовано необхідність застосування безмашинних засобів охолодження або машинного охолодження з використанням альтернативних (нетрадиційних) джерел енергії для забезпечення функціонування військових підрозділів у польових умовах. Встановлено, що для отримання холоду у польових умовах перспективним є застосування акумуляторів холоду, використання абсорбційних і термоелектричних холодильних машин та сонячної енергії. Проведено огляд холодильного обладнання, що працює на вторинних енергоресурсах.

К л ю ч о в і с л о в а: військові підрозділи, польові умови, абсорбційні холодильні машини, сонячні панелі, акумулятори холоду.

Постановка проблеми. Забезпечення військових підрозділів у польових умовах джерелом енергії є одним із важливих питань збереження продовольства. Досвід показує, що успішне виконання завдань особовим складом залежить не тільки від його професіоналізму, навченості, оснащення зброєю та технікою, а й від якості харчування [14; 15].

На сьогодні для організації харчування в польових умовах використовуються сухі пайки та котлові продукти. Недоліком забезпечення особового складу сухими пайками є обмежений термін їх застосування – лише три доби [13; 14], оскільки дослідженнями в області фізіології доведена потреба організму людини в гарячій їжі [16; 17].

Недоліком забезпечення котловими продуктами є відсутність умов для тривалого зберігання продуктів, що швидко псуються (м'ясо, риба, масло вершкове, сир твердий сичуговий та ін.). Таке продовольство потребує холодильних способів зберігання. Існуючі технічні засоби не дозволяють вирішити цю проблему. Разом з тим умови ведення сучасних бойових дій вимагають організації триразового гарячого харчування.

Підвищення якості харчування в польових умовах можливе через удосконалення продовольчого забезпечення за такими напрямками:

- заміна свіжих продуктів на консервовані та харчові концентрати;
- створення розгалуженої системи підвезення продовольства;
- використання місцевої економічної бази для організації харчування особового складу на договірних засадах;

- використання добового польового набору продуктів;

- створення запасів продовольства.

Наведені напрямки мають недоліки:

- швидке приїдання консервованої продукції;
- занадто великі транспортні витрати на підвезення продовольства;
- за умов виконання завдань на відстані понад 50 км від населеного пункту, використання місцевої економічної бази для організації харчування особового складу стає недоцільним;
- створені запаси продовольства можуть ускладнювати передислокацію мобільних військових підрозділів.

Цілком зрозуміло, що зберігання швидкопсувної продукції для забезпечення гарячою їжею особового складу в польових умовах не можливе без застосування холоду.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Постановою Кабінету Міністрів України від 29.03.2002 р. № 426 «Про норми харчування військовослужбовців Збройних Сил, інших військових формувань та осіб рядового, начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту та Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації» (зі змінами) визначені норми харчування військовослужбовців. Зокрема, військовослужбовці, які вибувають для відпрацювання завдань з бойової (навчально-бойової) підготовки в польових умовах (у таборах, на навчаннях, маневрах) у складі підрозділів (команд), а також у район проведення операції Об'єднаних сил, на час пересування забезпечуються сухим пайком, норма № 10 [13]. У примітках до цієї норми також зазначено, що сухим пайком забезпечується особовий склад у разі, коли немає можливості готувати гарячу їжу з продуктів за основною загальновійськовою нормою № 1. У відомчих нормативних актах достатньо широко розглянуті питання продовольчого забезпечення Національної гвардії України в різних умовах службово-бойової діяльності [14], організації харчування в польових умовах [15].

У вітчизняній та зарубіжній науковій літературі надана інформація щодо застосування різних способів охолодження [1; 2; 3; 7; 11; 12].

Актуальним питанням сьогодення щодо удосконалення зберігання швидкопсувної продукції в польових умовах є впровадження результатів наукових досягнень в області розроблення нового обладнання, використання альтернативних льодосоляних сумішей або сучасних евтектичних розчинів [1; 4; 5; 6]. Світові тенденції створення матеріалів, що акумулюють холод на основі водно-сольових систем, можна простежити за патентами Японії, США, Франції та Великої Британії. Докладні дані щодо їхніх переваг та недоліків наведено в огляді [8].

Мета статті – обґрунтувати найбільш доцільні способи забезпечення холодом військових підрозділів у польових умовах.

Виклад основного матеріалу. Наразі вирішення проблеми забезпечення мобільних військових підрозділів джерелами енергії за межами пунктів постійної дислокації можливе шляхом застосування безмашинних засобів охолодження або машинного охолодження з використанням альтернативних (нетрадиційних) джерел енергії. Розглянемо можливі варіанти холодопостачання в польових умовах з метою вибору найбільш оптимального рішення.

Безмашинне охолодження ґрунтується на процесах плавлення, випаровування та сублімації з використанням готових холодоносіїв (водний, евтектичний і сухий лід, зріджені гази, повітря).

Льодосоляне охолодження за допомогою суміші дробленого водного льоду і солі. Завдяки додаванню солі швидкість танення льоду збільшується, а температура його танення знижується. Температура плавлення суміші залежить від концентрації та хімічного складу солі. Розчин солі з найнижчою температурою танення називається евтектичним, а температура його танення – криогідратною точкою. Так, при концентрації NaCl у розчині 23,1 % можна отримати температуру в середовищі, яке охолоджується, -21°C . Евтектичний розчин застосовують для зероторного охолодження. Для цього в зероти – наглухо запаїні форми, заливають евтектичні розчини і заморожують їх. Останнім часом евтектичне охолодження набуває популярності при перевезенні швидкопсувної продукції та фармацевтичних препаратів в ізотермічному транспорті або контейнерах завдяки застосуванню сучасних евтектичних розчинів (водяних розчинів кристалогідратів, гліколів та спиртів) [1].

За кордоном цей вид охолодження широко використовують перед усім через екологічну чистоту, зокрема, фірма «Carrier Transicold» (Франція) пропонує серію установок з машинно-акумуляційним охолодженням «Vatna» для ізотермічних автофургонів об'ємом від 4 м^3 до 23 м^3 з температурою замерзання евтектичного розчину -32°C . Установки призначені для перевезення морозива та швидкозаморожених продуктів і розраховані на 14 годин безперервної роботи при температурі навколишнього повітря $+30^{\circ}\text{C}$ [2]. Світовий лідер у виробництві евтектичних плит – італійська фірма «FIT s.p.a.», пропонує серії евтектичних плит моделей EBS і EFR [3; 4].

Проведений огляд показав, що для енергоефективного практичного застосування евтектичних холодильних систем необхідні акумулятори холоду з ширшим діапазоном температур. Перспективним є застосування водно-сольових систем з використанням неорганічних солей як робочих речовин. Вони мають високу теплоту фазового перетворення та відносно невелику вартість [9]. Останнім часом учені активно проводять роботи з пошуку таких речовин.

Найбільш багатообіцяючими речовинами для акумуляторів холоду, за даними електронних джерел [9; 10], виявилися водяні розчини кристалогідратів: хлориди натрію, калію, магнію, амонію, стронцію, бікарбонату натрію, броміди натрію, стронцію, нітрати нікелю, магнію, цинку, роданід амонію. Новинкою в евтектичних холодильних системах стало застосування як робочої речовини модифікованих полімер-кристалів кремнію (силікону), підбраного таким чином, щоб мати температуру фазового переходу з твердого стану в рідкий дещо вище 0 °С. При цьому теплопоглинання у процесі танення, внаслідок значних енерговитрат на руйнування молекулярних зв'язків у полімер-кристалах кремнію, а також відсутності конвекційного руху густої рідини, набагато перевищує теплоємність води або сольових розчинів під час аналогічного процесу. Це дозволяє підтримувати протягом тривалого часу температуру на рівні від +3 °С до +5 °С.

До холодильних машин, в яких для одержання холоду використовується теплова енергія, належать пароежекторні та абсорбційні холодильні машини. В них реалізуються два цикли: прямий, який перетворює теплову енергію у механічну, та зворотний, у якому використовується ця енергія для одержання холоду. Найчастіше у цих установках використовується тепло низького потенціалу, що сприяє їх використанню за наявності достатньої кількості зайвого та вторинного тепла.

Абсорбційні холодильники отримали свою назву від процесу абсорбції – поглинання рідким або твердим поглиначем (зазвичай водою) парів холодоагента, що утворюються у випарнику. Найчастіше холодоагентом у водно-аміачному абсорбційному холодильнику слугує аміак, а в бромисто-літєвому – вода [9]. Циркуляція розчину холодоагента здійснюється безперервно, поки працюють кип'ятильник і термонасос, що обігриваються одним джерелом тепла. Таким чином, в абсорбційному холодильному агрегаті безперервної дії роль всмоктуючої частини механічного компресора виконує абсорбер, а нагнітальної – термонасос. В абсорбційному холодильнику холодильний агрегат виготовлений з безшовних труб, з'єднаних газовим зварюванням, він розташований на задній стінці, а випарник – усередині холодильної камери. Нагрівач абсорбційного холодильника може працювати як від електричного струму, так і від газу. Тобто газ та електричний струм використовуються в такому абсорбційному холодильнику виключно для підігріву водно-аміачної суміші холодильного агрегата. Такий холодильник можна запустити як від газового балона, так і від електричної мережі. Це дає можливість забезпечити функціонування електрогазового мобільного холодильника від електричного струму та газового балона [10].

Стандартний 50-літровий балон з газом забезпечує роботу холодильника від 30 днів до 60 днів, залежно від об'єму його робочої камери. Температурні показники аналогічні звичайному пристрою: від +3 °С до +5 °С у холодильному відділенні і від -15 °С до -5 °С у морозильному.

Найбільш поширені холодильні машини такого типу у холодильному обладнанні з використанням вторинних енергоресурсів. Їх використовують на морському транспорті. До вторинних енергоресурсів слід віднести теплоту газів, що виходять з головних суднових двигунів та котельних установок, тепло охолодження головних двигунів, дизель-генераторів та суднових допоміжних механізмів [11]. Холодильна машина, споживаючи утилізаційне тепло охолодження двигуна, може стійко працювати за будь-яких режимів роботи головної силової установки, забезпечуючи при цьому необхідну кількість холодної води. Останню можна використовувати для охолодження повітря у системі комфортного кондиціонування, для глибокого охолодження наддувного повітря, а також для інших побутових потреб. Існують схеми одержання холодної води у бромисто-літєвій абсорбційній машині, яка використовує теплоту газів, що виходять з двигуна.

Іншим перспективним напрямком вирішення проблеми польового забезпечення холодом є використання сонячної енергії в низькотемпературних процесах. Вперше ідею про використання сонячної енергії для охолодження і кондиціонування повітря було подано у 1889 р. англійським вченим Тельє. Він запропонував просту геліоустановку типу «гарячий ящик» з аміачним розчином, де аміак повинен бути доведений до високого тиску і використаний для охолодження. У 1938 р. англійський вчений А. Мор запропонував схему абсорбційної холодильної машини, що використовує як паливо водень, одержуваний електролізом води за допомогою термоелементів, що нагріваються сонячною енергією [12]. У даний час дослідження сонячного охолодження ведуться в двох напрямках: створення сонячних установок для кондиціонування повітря; створення сонячних побутових холодильників періодичної і безперервної дії. Прикладом останніх є чілер абсорбційного типу з використанням енергії сонця.

Комбінований абсорбційний чілер – це безкомпресорна холодильна машина, яка виробляє холод, утилізуючи енергію гарячої води, пари або використовуючи сонячну енергію. Холодоагентом в

абсорбційних чілерах найчастіше є дистильована вода, а абсорбентом – розчин бромистого літію. Для виробництва холоду абсорбційні чілери дозволяють не використовувати електричну енергію у випадках: її ліміту; надлишкового тепловиділення у виробничому циклі; функціонування когенераційних електростанцій для отримання електроенергії та гарячої води.

Крім усього іншого, абсорбційні чілери мають низку переваг порівняно з іншими системами:

- тривалий термін служби – в межах 20 років, до проведення першого капітального ремонту;
- низька собівартість виробленого холоду;
- знижений рівень шуму і вібрації через відсутність компресорів з електромоторами;
- застосування холодильних/нагрівальних агрегатів з полум'яним газовим генератором прямої дії дозволяє відмовитися від бойлерів, які використовують у звичайних установках;
- забезпечення максимальної економії електроенергії в періоди пікових навантажень;
- можливість використання аварійних електрогенераторів меншої потужності, через те що споживання енергії у абсорбційних холодильних установках є мінімальним, якщо порівнювати їх з електричними холодильними установками;
- знижується до мінімуму вплив на навколишнє середовище внаслідок зменшення споживання електроенергії та газу, що утворюють парниковий ефект і спричинюють глобальне потепління.

Іншим безмашинним способом отримання холоду є використання термоелектричного холодильника. Принцип його роботи базується на термоелектричних ефектах Зеебека, Пельтьє і Томпсона, що пов'язані з взаємним перетворенням теплової енергії в енергію електричного струму. Найбільш поширене обладнання, у якому використано ефект Пельтьє.

Ефект Пельтьє полягає в тому, що при пропусканні постійного струму через термоелемент, що складається з двох провідників або напівпровідників, у місці з'єднання виділяється або поглинається деяка кількість теплоти.

Виділення або поглинання теплоти Пельтьє залежить від напрямку струму і терmostруму, який виник би при нагріванні місця з'єднання провідників. У разі збігу напрямку теплота Пельтьє поглинається, у іншому випадку – виділяється. За наявності декількох спаїв виділення теплоти на одному спаї завжди супроводжується поглинанням її на другому і навпаки.

Енергетична ефективність термоелектричних холодильних машин залежить від фізичних властивостей матеріалів термоелементів, якими є напівпровідники [10]. При проходженні струму через термоелемент одна його частина нагрівається, друга – охолоджується. На холодній стороні міститься радіатор і вентилятор для інтенсивного і рівномірного охолодження робочої камери. На гарячому – теплоізольована ємність з водою, яку після нагрівання можна використовувати для побутових потреб. Термоелектричний сонячний холодильник живиться від 20-вольтового фотоелемента потужністю 50 Вт. Як тільки на джерело живлення – фотоелемент, потрапляють сонячні промені, система запускається, і вже через годину показники температури змінюються приблизно на 10 °С в обох частинах – в холодній та гарячій. Після досягнення заданої температури енергія починає акумулюватися.

Холодильник можна додатково підключити до акумулятора. В цьому випадку сонячна батарея буде заряджати акумулятор.

Сонячну батарею необхідно кріпити таким чином, щоб її площа була перпендикулярна напрямку на сонце і щоб її можна було повертати слідом за ним. Вкрай небажано, щоб на поверхню сонячної батареї падала тінь від навколишніх предметів. У зоні затінення опір батареї знижується, і виникає витік струму, що зменшує надходження корисної потужності у навантаження. Батарея в місці витоку струму може перегрітися аж до виходу з ладу. Багато, щоб зворотна сторона батареї не була теплоізолюваною, а обдувалася повітрям. З підвищенням температури сонячної батареї її ефективність спадає.

Крім того, для підзарядки холодильника можна використовувати і комбіновану сонячно-вітрову станцію.

Німецька компанія Krone випускає напівпричіп-рефрижератор з вакуумними сендвіч-панелями і холодильним агрегатом на сонячних батареях [7]. Панелі забезпечують високу теплоізоляцію при мінімальній товщині. Їх серцевина складається зі спресованого порошку, що є мікропористою кремнієвою кислотою, з якої викачане повітря. В результаті нові панелі дозволили збільшити коефіцієнт теплопровідності на 25 %.

Перспективи подальших досліджень способів забезпечення холодом військових підрозділів у польових умовах передбачають проведення експериментів та створення лабораторних зразків

обладнання. Вони повинні працювати в різних кліматичних умовах (спека, підвищена вологість повітря), бути мобільними та безшумними.

Висновки

Таким чином, проаналізувавши вітчизняні та зарубіжні літературні джерела, автори вважають, що найбільш доцільними рішеннями для забезпечення холодом військових підрозділів у польових умовах на сьогодні є:

- застосування абсорбційних холодильних приладів з комбінованою системою енергопостачання (газ та електрична енергія, яку отримано за допомогою сонячних батарей);
- термоелектричні холодильні прилади з використанням сонячної енергії;
- використання евтектичних плит як додаткового джерела холоду.

Перелік джерел посилання

1. Холодильні установки : підручник / І. Г. Чумак та ін. ; за ред. І. Г. Чумака. 6-е вид., перероб. та доп. Одеса : Пальміра, 2006. 552 с.
2. Установки з машинно-акумуляційним охолодженням «Vatna». URL: www.carriertransicoldeurope.com (дата звернення: 08.12.2021).
3. Eutectic plates. URL: <https://www.fic.com/en/product/eutectic-plates> (дата звернення: 08.12.2021).
4. Корниенко В. М., Клименко В. В. Исследование конвективного теплообмена дисперсных аккумулирующих систем со сплошной жидкой фазой в латентных аккумуляторах холода. *Научное и техническое обеспечение холодильной промышленности* : сб. науч. тр. к 80-летию ВНИИХИ. Москва, 2010. С. 38–46.
5. Клименко В. В., Скрипник О. В., Корниенко В. М. Газогідратні акумулятори природного холоду в системах активного вентилявання плодоовочесховищ. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2011. № 2. С. 16–19.
6. Types of car refrigerators: principle it working and features of operation. URL: <https://130.com.ua/en/vidy-avtomobilnyh-holodilnikov/> (дата звернення: 08.12.2021).
7. Принцип роботи газового холодильника. URL: <https://www.autoholodilniki.ru/prinzip-raboti-gasovogo-holodilnika.html> (дата звернення: 10.07.2019).
8. Загоруйко В. О. Суднова холодильна техніка : підручник. Київ : Наукова думка, 2002. С. 575.
9. Холодильник, що працює від сонячної батареї. URL: <http://promeqnn.narod.ru/sun.html> (дата звернення: 10.07.2019).
10. Холодильник, який працює без електрики. URL: <http://crio.pro/xolodilnoe-oborudovanie/xolodilnik-kotoryj-rabotaet-bez-elektrichestva/> (дата звернення: 08.12.2021).
11. Причепи-холодильники на сонячних батареях. URL: <https://www.autocentre.ua/kommercheskie/novinka-kommercheskie/poyavilis-pritseyu-holodilniki-na-solnechnyh-batareyah-106073.html> (дата звернення: 08.12.2021).
12. Сонячні батареї: опис різних видів та матеріалів нового покоління. URL: <https://teplo.guru/eko/solnechnyie-batarei-novogo-pokoleniya.html> (дата звернення: 08.12.2021).
13. Про норми харчування військовослужбовців Збройних Сил, інших військових формувань та осіб рядового, начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту та Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації (зі змінами) : Постанова Кабінету Міністрів України від 29.03.2002 р. № 426. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws>. (дата звернення: 10.07.2019).
14. Про затвердження Положення про продовольче забезпечення Національної гвардії України в мирний час : наказ МВС України від 14.09.2015 р. № 1118.
15. Про затвердження Інструкції з організації, розміщення, харчування, водопостачання, банно-працьового обслуговування особового складу Національної гвардії України в польових умовах : Наказ командувача Національної гвардії України від 05.08.2016 р. № 499.
16. Товма Л. Ф., Євлаш В. В., Глущенко В. В. Фізіолого-гігієнічна оцінка добового раціону харчування військовослужбовців Збройних Сил України та інших військових формувань і його коригування шляхом введення білково-вітамінного продукту «VitaBar». *Честь і закон*. 2017. № 1(60). С. 131–138.

17. Товма Л. Ф., Крамаренко Д. П., Дейниченко Г. В. Методика оптимізації складу трикомпонентної харчової системи з метою створення харчових продуктів для військовослужбовців. *Бізнес-інформ*. 2016. № 1. С. 175–178.

Стаття надійшла до редакції 10.10.2021 р.

УДК 621.565

С. А. Каплун, Л. Ф. Товма, В. А. Потапов, М. М. Смилык, А. У. Шингисов

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ПРОДУКТОВ
ВО ВРЕМЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОИНСКИХ
ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

Обоснована необходимость применения безмашинных средств охлаждения или машинного охлаждения с использованием альтернативных (нетрадиционных) источников энергии для обеспечения функционирования воинских подразделений в полевых условиях. Установлено, что для получения холода в полевых условиях перспективным есть использование аккумуляторов холода, абсорбционных и термоэлектрических холодильных машин и солнечной энергии. Проведено обозрение холодильного оборудования, которое работает на вторичных энергоресурсах.

К л ю ч е в ы е с л о в а: военные подразделения, полевые условия, абсорбционные холодильные машины, солнечные панели, аккумуляторы холода.

UDC 621.565

S. Kaplun, L. Tovma, V. Potapov, M. Smilyk, A. Shyngisov

**PROSPECTIVE WAYS OF STORING PERISHABLE PRODUCTS
DURING FOOD SUPPLY FOR MILITARY UNITS IN FIELD CONDITIONS**

The necessity of non-mechanical cooling methods or using of mechanical cooling devices based on alternative energy source to ensure the operational ability of mobile military units in field conditions has been substantiated. Since nowadays units perform many missions outside of their permanent duty stations when storing perishable food is unable because of electricity the issue has a special importance. Experience shows that the success of the mission assigned to a mobile military unit depends not only on the level of professionalism, training, equipment and machinery but also on quality of food.

While researching the alternative ways to resolve the issue of provision with cold in the field, different sources and international patents related to development of cold keeping materials has been examined. It has been ascertained that use of water and salt systems of nonorganic salts as an active substance as well as thermal electrical refrigerating machines and solar energy in low temperature processes are perspective to ensure the operation of refrigerating units. The functioning of refrigerating equipment which operates on secondary energy resources has been reviewed.

Improvement of quality of feeding in field conditions could be achieved by improving a food supply in the following:

- replacement of fresh food by canned one and food concentrates;*
- development of branched food delivery system;*
- use of local economic opportunities to organize the feeding of personnel on contract basis;*
- use of daily field rations (MREs);*
- work on goods reserves.*

At the same time, the mentioned above also has some disadvantages, as follows:

- canned food become boring soon;*
- the transportation expenses are big enough to deliver the food;*

– the missions remoted from populated area for more than 50 kilometers makes inefficient the use of local economic opportunities to organize the feeding of personnel;

– creation of food reserves could be burdensome for mobile military units.

Therefore, the issue of perishable food storage to provide personnel with hot food in field conditions is unable without use of cold.

Keywords: mobile military units, field conditions, absorptive refrigerating machines, solar panels, cold storage devices.

Каплун Сергій Олексійович – кандидат педагогічних наук, доцент, начальник кафедри технічного та тилового забезпечення Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0000-0002-3378-7431>

Товма Лідія Федорівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічного та тилового забезпечення Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0000-0002-5074-8303>

Потапов Володимир Олексійович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування Державного біотехнологічного університету.

<https://orcid.org/0000-0002-6390-5443>

Смілик Максим Михайлович – аспірант Державного біотехнологічного університету.

<https://orcid.org/0000-0002-3072-4945>

Шингісов Азрет Утебайович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології та безпеки продовольчих продуктів Південно-Казахстанського державного університету.

<https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>