

системи, що складається з функціональних підсистем і проходить у своєму розвитку всі стадії життєвого циклу.

Таким чином, комплексний підхід до проблеми енергозбереження, застосування сучасних технологій та використання ВДЕ дозволить суттєво зменшити споживання енергетичних ресурсів та збільшити енергетичну стійкість національного господарства України.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОСТІ ХОЛОДИЛЬНОГО ЛАНЦЮГА В СУЧАСНИХ УМОВАХ СТАНУ ЕНЕРГЕТИКИ ТА АГРОПРОДОВОЛЬЧОГО СЕКТОРУ

В.О. Потапов, д-р техн. наук, проф. (ДБТУ, Харків)

О.В. Петренко, канд. техн. наук, доц. (ДБТУ, Харків)

С.В. Анашкін, голова правління, директор Спілки «ГС Холодильна асоціація України»

М.М. Смілик, власник ТОВ «МС Холод»

На сьогодні низькотемпературні технології дозволяють швидко консервувати та тривалий час зберігати харчову сировину та продукти з мінімальними втратами харчової та поживної цінностей на підприємствах харчової та переробної галузей різної потужності. Системи охолодження та кондиціонування забезпечують стратегічний рівень щодо безпеки функціонування безперервного холодильного ланцюга (БХЛ) та підтримують критично важливий рівень температур, але в той же час ще дають значний внесок у викиди парникових газів.

Виходячи з цього основними трендами розвитку низькотемпературних технологій та техніки на найближчу перспективу є підвищення енергоефективності, безпечності, екологічності та сталості функціонування безперервного холодильного ланцюга.

Новим викликом для вирішення цього завдання стала війна в Україні. Однією із основних цілей російських ракетних ударів є об'єкти інфраструктури, до яких належать енергетичні об'єкти, холодильні склади і приміщення для зберігання харчових продуктів та медичних препаратів. Робота об'єднаної енергетичної системи України супроводжується постійними аварійними та плановими відключеннями електричної енергії, що негативно впливає на підтримку необхідних умов зберігання продуктів, медичних препаратів та інших видів продукції, знижують надійність функціонування холодильного обладнання, що призводить до великих матеріальних втрат. Тому на сьогоднішній час та у найближчій перспективі проблема функціонування холодильного та кліматичного обладнання в умовах відсутності надійного електропостачання є однією із важливих проблем національної безпеки.

В зв'язку з військовими діями виникли проблеми з логістикою та транспортуванням, що не дозволяє швидко доставляти необхідні об'єми продукції до споживачів. Це в свою чергу вимагає розміщення певних запасів швидкопсувних продуктів та матеріалів недалеко від місця дислокації споживачів. За наявними даними 44% підприємств відчувають труднощі, пов'язані з логістикою та транспортуванням. Спостерігається розрив звичних транспортних ланцюжків, зокрема безперервного холодильного ланцюга виробник-склад-споживач. На сьогоднішній час втрати при холодильному зберіганні швидкопсувних продуктів при відсутності стабільного електропостачання сягають 5...10% валового обсягу виробництва, а це 20..24 млн. грн. на рік.

Особливо гостро ця проблема стоїть в питаннях продовольчого та медичного забезпечення, як Збройних сил України, так і інших спеціалізованих підрозділів. Виходячи з інформації служб тилового забезпечення та волонтерів у військах взагалі відсутнє польове та мобільне холодильне обладнання для доставки та зберігання м'яса, риби та інших продуктів, що швидко псуються, а також медикаментів. Питання зберігання цієї продукції в польових умовах особливо є гострою в теплі періоди року, адже не завжди є можливість застосування

холодильного обладнання з підключенням до автономних електрогенераторів, особливо недалеко від зони бойових дій. Також аналогічні проблеми зі зберіганням харчових продуктів виникають у населення, що проживає в зоні бойових дій при відсутності електричної енергії.

Таким чином, для забезпечення функціонування безперервного холодильного ланцюга в умовах воєнного стану та повоєнної відбудови треба вирішити чотири взаємопов'язаних проблеми: технологічну, що пов'язана з технологією зберігання і перевезення продукції та вимагає дотримання певних температурних режимів; експлуатаційну, що пов'язана з технічним оснащенням різного виду холодильного обладнання за об'ємами та температурними режимами, транспортними і допоміжними засобами; енергетичну, що пов'язана з надійним забезпеченням енергією для функціонування всього БХЛ; економічно-екологічну, яка пов'язана із енергоефективністю та екологічною безпечністю такого обладнання впродовж всього періоду експлуатації.

Наразі цю науково-технічну проблему в Україні не вирішено, зокрема відсутнє стаціонарне та мобільне холодильне обладнання, яке здатне працювати певний час в умовах відсутності мережевого електропостачання.

Враховуючі підходи до формування безперервного холодильного ланцюга виробник-споживач в існуючих умовах воєнного стану, перспективним напрямком є децентралізація БХЛ і перехід від великовантажних холодильних складів, потужних переробних підприємств і, відповідно, від потужного холодильного обладнання до малопотужного стаціонарного або мобільного обладнання, яке більш захищено від потенційного руйнування, наявності великих генеруючих потужностей в електромережі, менш вимогливе до місця розташування та транспортної інфраструктури. Також дуже важливим аспектом децентралізованих та малопотужних холодильних систем є зменшення витоків холодоагентів, що мають негативний вплив на клімат, у випадку розгерметизації холодильної системи.

Другим діючим принципом формування БХЛ в існуючих реаліях є використання альтернативних джерел енергії та методів акумуляції енергії для забезпечення повного (або частково) автономного функціонування холодильного обладнання в умовах відсутності електропостачання або нестабільного режиму електропостачання.

З метою оцінки можливості реалізації таких принципів побудови БХЛ нами проаналізовано існуючий світовий досвід. Відомі розробки з напрямку акумуляції енергії стосуються здебільшого застосування акумуляторів теплоти для промислових систем теплопостачання зокрема систем рекуперації теплоти. Існують чисельні розробки про застосування систем акумуляції холоду які використовуються у холодильних системах великої потужності. Також існують теплові та холодильні акумулятори для використання у побутових умовах. Найбільш розвинена галузь електричних акумуляторів, які на сьогоднішній час є лідерами серед акумуляторів енергії.

Серед альтернативних джерел, які є потенційно перспективними для холодильних систем слід відзначити сонячну енергію та вторинну або низькопотенційну теплову енергію. Відомі розробки щодо застосування фотоелектричних елементів для живлення мобільного обладнання, зокрема автомобілів та літаків, використання теплоти. Для перетворення прямих джерел теплоти, теплоти низького потенціалу, зайвого та вторинного тепла використовуються абсорбційні холодильні машини.

Проаналізувавши перелічені вимоги до автономного холодопостачання нами запропоновано схемні рішення мобільного холодильного обладнання із живленням від фотоелектричних елементів та збереження цієї енергії у акумуляторах холоду. Застосування акумуляторів холоду дозволить ліквідувати недолік відсутності генерації енергії вночі та знизити коливання температури холодильного зберігання, що є основним критерієм для технології біологічно-безпечного холодильного зберігання в різних логістичних умовах.

На першому етапі досліджень нами проведено експерименти з пошуку оптимальних концентрацій водосольового розчину, як робочої речовини акумулятору холоду, в процесі зарядження та розрядження. Встановлено, що в діапазоні температур $-18...0^{\circ}\text{C}$ швидкість зарядження-розрядження акумулятору по різному залежить від концентрації. В діапазоні

температур, яка відповідає однофазному (твердому стану) швидше змінює температуру водосольовий розчин з меншою концентрацією. Але в температурному діапазоні, який відповідає двофазному стану розчину (лід+розчин) розчин з меншою концентрацією заряджається та розряджається повільніше. В області температур вище криoscopічної (рідкий стан розчину) швидкість зарядження-розрядження акумулятору практично однакова. Таким чином доведено, що не можна збільшити час розрядження акумулятору якщо в ньому використовується розчин тільки однієї концентрації. Цей результат підтверджено також в отриманій математичній моделі, яка враховує об'єм акумулятору та об'єм його теплоізоляції. На підставі цієї моделі знайдено оптимальне співвідношення товщини теплоізоляції та товщини акумулятора за якої при фіксованому об'ємі всієї конструкції тривалість розрядження акумулятора найбільша.

Ці результати покладені нами в апаратну схему та ескізний проект автономної мобільної холодильної установки, яка складається з фотоелектричних модулів, частотного перетворювача, електричних акумуляторів та спеціально розробленої холодильної камери, стінки якої мають активну теплоізоляцію на основі холодильних акумуляторів.

Перспективою подальших досліджень є розробка технічного завдання на проектування енергонезалежного мобільного обладнання для забезпечення БХЛ: холодильний склад – холодильний транспорт – споживач. Планується розробити проектну документацію для номенклатури обладнання з об'ємом холодильних камер від 30 літрів до 6 м³ та температур зберігання 0...+5⁰С та -18 ... -20⁰С.

РЕАЛІЗАЦІЯ ОСНОВНИХ ЗАДАЧ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ НА БАЗІ МОДУЛЬНИХ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ

С.М. Мольський, інженер I кат., експерт (*«ГС Холодильна асоціація України»*, Харків)

Найпоширеніші споживачі комерційного та промислового холоду: виробники та переробники продуктів харчування, логістичні продуктові підприємства, об'єкти роздрібної торгівлі. Здебільшого головною концепцією реалізації холодопостачання таких споживачів були централізовані системи. Альтернативним рішенням можуть стати сучасні модульні децентралізовані системи.

Сучасна проблематика централізованих холодильних систем має наступні фактори:

- ризик втрати до 100% холодильної потужності внаслідок аварії;
- нетиповість кожного рішення та обладнання, що в свою чергу впливає на терміни, вартість та якість поставок і виконання робіт ;
- складність проектування, виробництва, монтажу та експлуатації;
- перехід на більш небезпечні холодоагенти;
- мала кількість та недостатній рівень кваліфікованих кадрів;
- велика залежність від іноземних виробників та фахівців;
- неможливість побудувати глибоку систему контролю та підтримки якості.

Для подолання цієї проблематики необхідно створити умови для розвитку системного підходу до вітчизняних холодильних систем у напрямках: розробок; проектування; виробництва; дистрибуції; інсталяції; сервісу; експлуатації.

Ефективним інструментом для утворення таких умов може стати програма побудови систем холодопостачання на базі децентралізованих модульних апаратів.

Капітальні переваги децентралізованих модульних систем наступні:

- умовна конструкційна простота, компактність та стандартність;
- швидкість процесів розробки проектних рішень, видачі комерційних пропозицій, збирання холодильних агрегатів та машин;
- гнучкість введення в експлуатацію при ступінчастому введенні та за необхідністю збільшення проектної потужності;