

О. І. Кисельова, к.п.н., Ю. В. Берменко

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, м. Одеса

### АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Стаття присвячена аналізу енергоспоживання та підвищенню енергоефективності на підприємствах харчової промисловості, зокрема на молокопереробних підприємствах України. Розглянуто сучасні проблеми галузі: високі витрати енергоресурсів, залежність від традиційних джерел та негативний вплив на довкілля. Проаналізовано основні технологічні процеси молокопереробних підприємств – охолодження, пастеризацію, роботу холодильних камер і СІР-мийку, які формують понад половину витрат енергії. Запропоновано комплекс заходів з підвищення енергоефективності: встановлення частотних перетворювачів, рекуперація тепла, модернізація холодильних систем, оптимізація СІР-мийки, перехід на LED-освітлення, використання сонячних панелей і теплових насосів.

Визначено, що реалізація цих рішень забезпечує економію електроенергії 25–50 %, тепла 20–30 %, води 30–50 % та зменшення викидів CO<sub>2</sub> на 20–40 %, сприяючи зниженню собівартості продукції, стабільності виробництва та сталому розвитку підприємства.

**Ключові слова:** енергоефективність, харчова промисловість, молокопереробне підприємство, рекуперація тепла, відновлювані джерела енергії, частотні перетворювачі.

О. І. Kyselyova, Ph.D., Yu. V. Bermenko

### ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF IMPLEMENTING ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN FOOD INDUSTRY ENTERPRISES

The article presents an analysis of the effectiveness of implementing energy-saving technologies in the food industry, based on the example of dairy processing enterprises. The study identifies the most energy-intensive processes, including milk cooling, pasteurization, operation of refrigeration chambers, and CIP (Cleaning in Place) systems, and evaluates opportunities for optimizing energy consumption. Key measures for improving energy efficiency include the installation of frequency converters on pumps, compressors, and fans; heat recovery from pasteurization and refrigeration processes; modernization of refrigeration systems using floating condensation pressure technology; optimization and automation of CIP systems; transition to LED lighting with motion sensors; and the integration of renewable energy sources, such as solar panels and heat pumps. Implementing these measures enables significant reductions in energy consumption, including a 25–50 % decrease in electricity use, a 20–30 % reduction in thermal energy consumption, and a 30–50% reduction in water use. Additionally, CO<sub>2</sub> emissions can be lowered by 20–40 %, contributing to improved environmental performance. The adoption of energy-efficient and renewable technologies enhances the financial performance, competitiveness, and sustainability of the enterprise, while also ensuring compliance with international quality and environmental standards (ISO 9001, ISO 22000, ISO 14001, HACCP). The study highlights the critical role of systematic energy monitoring, process automation, and technological modernization in achieving sustainable development in the dairy sector. The findings provide practical recommendations for food industry enterprises seeking to reduce production costs, increase energy efficiency, and minimize environmental impact through integrated energy management strategies.

**Keywords:** energy efficiency, food industry, dairy processing enterprise, heat recovery, renewable energy sources, frequency converters.

DOI 10.32684/2412-5288-2025-2-27-102-108

**Постановка проблеми у загальному виді.** Сучасний етап розвитку економіки України характеризується зростанням цін на енергоносії, посиленням вимог до енергоефективності та необхідністю мінімізації негативного впливу промислових підприємств на довкілля. Як зазначають дослідники (К. Гура, Н. Кубрак, В. Черняв-

ський та ін.), харчова промисловість, зокрема молокопереробна галузь, відноситься до енергоємних секторів економіки, оскільки технологічні процеси потребують значних обсягів електроенергії, теплової енергії та водних ресурсів [1, 2]. В умовах глобальної конкуренції та інтеграції українських виробників до європейського ринку

особливо актуальним стає впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій [3]. Їх застосування дозволяє не лише знизити собівартість продукції, а й підвищити її якість, забезпечити відповідність міжнародним стандартам управління якістю та безпечністю продукції (ISO 9001 [4], ISO 22000 [5], HACCP [6]), а також суттєво зменшити екологічне навантаження на навколишнє середовище ISO 14001 [7].

Незважаючи на розвиток виробництва та використання сучасного обладнання, багато молокопереробних підприємств залишаються залежними від традиційних джерел енергії та не використовують повною мірою потенціал енергозберігаючих технологій. Це призводить до підвищення виробничих витрат, зниження конкурентоспроможності продукції та збільшення негативного впливу на довкілля. Саме тому вивчення ефективності впровадження сучасних енергозберігаючих рішень у харчовій промисловості є актуальним напрямом досліджень.

**Аналіз джерел.** Енергоспоживання на підприємствах харчової промисловості, зокрема на молокопереробних заводах, є одним із ключових факторів формування виробничих витрат. В. Чернявський та А. Гоєнко зазначають, що такі процеси, як охолодження, пастеризація, сушіння, СІР-мийка та зберігання продукції, потребують значних обсягів електроенергії та тепла, що впливає на собівартість, конкурентоспроможність і екологічний слід підприємства. В умовах зростання цін на енергоносії та посилення екологічних вимог ефективно використання енергоресурсів стає особливо важливим [3].

Дослідження вітчизняних та зарубіжних авторів (К. Гура, Т. Критська, А. Мандрика, Е. Клемент та ін.) показують, що впровадження інноваційних енергозберігаючих рішень дозволяє значно скоротити споживання електроенергії, тепла та води, а також зменшити викиди в атмосферу [1, 7, 9, 10]. Серед найефективніших підходів до підвищення енергоефективності на молокопереробних підприємствах А. Мандрика виділяє застосування частотних перетворювачів на насосах, вентиляторах і компресорах, що дозволяє регулювати швидкість їх роботи відповідно до фактичного навантаження. Це забезпечує економію електроенергії, зменшує знос обладнання та рівень шуму [10].

Важливу роль відіграє також рекуперація тепла – тепло, що виділяється під час пастеризації або роботи холодильних машин, може використовуватися для підігріву технологічної води, що дає змогу суттєво знизити витрати теплової енергії [9].

А. Браш, Е. Масанет та інші дослідники наголошують, що модернізація систем охолодження є ключовим напрямом енергозбереження, оскільки

традиційні холодильні установки працюють із фіксованим тиском конденсації, що спричиняє надмірне споживання енергії та зниження ресурсу обладнання. Використання технології плаваючого тиску конденсації та автоматизації роботи компресорів і конденсаторів дозволяє адаптувати систему до змінних умов, знижуючи електроспоживання й підвищуючи надійність [11].

Оптимізація СІР-мийки також є важливим напрямом енергозбереження – повторне використання промивної води й мийних розчинів разом із рекуперацією тепла зменшує витрати води, енергії та хімікатів, забезпечуючи дотримання санітарних норм. Автоматизація процесів та контроль ключових параметрів підвищують стабільність і якість операцій [10].

Енергоефективне освітлення також має значний потенціал економії. Впровадження світлодіодних ламп із датчиками руху знижує споживання електроенергії на 60–80 %, зменшує теплове навантаження на холодильні камери та скорочує витрати на обслуговування, оскільки LED-світильники мають тривалий ресурс роботи [3].

На думку В. Кропівного, до перспективних рішень відноситься також використання відновлюваних джерел енергії. Сонячні панелі можуть забезпечувати частину електроспоживання підприємства, а теплові насоси ефективно використовуються для підігріву води або опалення приміщень, знижуючи споживання газу та електроенергії. Поєднання цих технологій дозволяє створити замкнуту енергосистему, скоротити викиди CO<sub>2</sub> та підвищити автономність підприємства [12].

Комплексне впровадження енергозберігаючих технологій на молокопереробних підприємствах дає змогу знизити виробничі витрати, підвищити конкурентоспроможність продукції та значно зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку харчової промисловості.

**Мета дослідження** – проаналізувати ефективність використання енергоресурсів на прикладі малих і середніх підприємств молокопереробної галузі України, визначити основні напрями підвищення енергоефективності шляхом впровадження сучасних енергозберігаючих і відновлюваних технологій.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Одним із прикладів молокопереробних підприємств (дані з відкритих джерел [13, 14]), що активно розвиваються на внутрішньому та зовнішньому ринках, є ТОВ «Деражнянський молочний завод», заснований у 1944 році. У 1996 році підприємство отримало статус ТОВ, що дозволило залучити інвестиції, модернізувати виробництво та розширити асортимент продукції. Станом на

2025 рік завод випускає понад 30 видів молочних та кисломолочних виробів, сирів, масла, спрединів та технічного казеїну під брендами «Деражня» та «Здоровий світ». Підприємство обладнане сучасними технологіями, сертифіковане за міжнародними стандартами ISO та постачає продукцію як на внутрішній ринок, так і на експорт (Польща, Німеччина). Завод має численні галузеві нагороди та значну частку ринку.

Організаційна структура ТОВ «Деражнянський молочний завод» охоплює виробничі цехи, лабораторію контролю якості та інші відділи, типові для підприємств молокопереробної галузі. На ньому працює близько 190–200 осіб, що демонструє зростання кадрового потенціалу в останні роки.

Таблиця 1 – SWOT-аналіз підприємства «Деражнянський молочний завод»

<i>Сильні сторони (Strengths)</i>	<i>Слабкі сторони (Weaknesses)</i>
Наявність міжнародних сертифікатів систем менеджменту (ISO 9001, ISO 22000, ISO 14001), що підтверджують відповідність європейським стандартам якості, безпеки та екологічності.	Невисока маржинальність: співвідношення чистого прибутку до виручки у 2024 році становило близько 2,2%, що обмежує можливості для швидкої модернізації.
Широка географія збуту продукції на внутрішньому ринку (понад 5 областей України) та експорт до країн ЄС (Німеччина, Польща).	Відсутність даних щодо оновлення виробничих потужностей (за останні 5 років), енергоефективності та інноваційних проектів.
Стабільні канали реалізації через державні закупівлі (заклади освіти та охорони здоров'я), що забезпечують гарантований попит.	Залежність від традиційних енергоресурсів (електроенергія, газ, холод) без масштабного переходу на відновлювані джерела енергії.
<i>Можливості (Opportunities)</i>	<i>Загрози (Threats)</i>
Розширення експорту на ринки ЄС завдяки відповідності стандартам якості та безпеки продукції.	Коливання цін на молочну сировину, що може призвести до зростання собівартості та зниження прибутковості.
Розвиток B2B-напрямів (HoReCa, постачання інгредієнтів для харчової промисловості).	Посилення конкуренції з вітчизняною та імпортною молочною продукцією.
Впровадження енергоефективних технологій (системи рекуперації тепла, модернізація СІР-мийки, використання відновлюваних джерел енергії).	Енергетичні ризики, пов'язані з нестабільністю постачання електроенергії та газу, що може призвести до збоїв у виробництві.

SWOT-аналіз демонструє сильні сторони підприємства – міжнародну сертифікацію, розвинену систему управління, широку географію збуту, участь у державних закупівлях та стабільний експорт. До слабких сторін належать невисока рентабельність та обмежена відкритість щодо виробничих показників. Серед перспектив – розширення поставок у ЄС, розвиток B2B-напрямів, оновлення обладнання та впровадження енергоощадних технологій. Основні загрози пов'язані з цінами на сировину, конкуренцією та енергетичними ризиками. У цілому підприємство є конкурентоспроможним завдяки міжнародній сертифікації та ефективній організаційній структурі. Виробництво характеризується високими стандартами якості та активним розвитком експортних напрямів.

Разом із тим, як і більшість приватних ма-

Завод дотримується міжнародних стандартів ISO 9001 [4], ISO 22000 [5] та ISO 14001 [7], що гарантує якість, безпечність і екологічність виробництва. Фінансові результати підтверджують стабільний розвиток, так у 2024 році виторг становив 462,9 млн грн, чистий прибуток – 10,4 млн грн, а активи – 106,1 млн грн. У першому півріччі 2025 року підприємство також продемонструвало позитивну динаміку. Активна участь у системі Prozorro та понад 7,4 тис. укладених договорів свідчать про високий рівень довіри з боку державних установ [13, 14].

SWOT-аналіз підприємства молокопереробної галузі на прикладі ТОВ «Деражнянський молочний завод» представлений в таблиці 1. молокопереробної галузі на прикладі ТОВ

лих і середніх підприємств молокопереробної галузі України, проаналізоване підприємство потребує підвищення рентабельності шляхом скорочення енергетичної залежності та зменшення впливу коливань цін на сировину. Тому його подальший розвиток пов'язаний із системним впровадженням енергоефективних технологій та зміцненням конкурентних позицій як на внутрішньому, так і на міжнародному ринку.

Окрім ТОВ «Деражнянський молочний завод», у межах дослідження було проаналізовано низку інших малих і середніх підприємств молокопереробної галузі України (ФГ «Альпійка», Надсянська молочна компанія, Молочна Хмара та ін. [14]) з метою визначення середніх показників енергоспоживання та структури основних витрат енергоресурсів.

Основні енерговитрати підприємств форму-

ються п'ятьма ключовими ресурсами: електроенергія (35–40 %), яка забезпечує роботу насосів, компресорів, холодильних установок, систем освітлення та клімат-контролю; природний газ (30–35 %), що використовується для пастеризації, стерилізації, роботи парових котлів та опалення приміщень; холод (15–20 %), необхідний для охолодження молока, зберігання готової продукції та підтримання технологічних температурних режимів; вода, яка застосовується у технологічних процесах, митті обладнання та системах охолодження; стиснене повітря (5–10 %), що використовується у пневмосистемах, автоматизації та обслуговуванні обладнання. Оптимізація використання цих ресурсів дозволяє знизити виробничі витрати, підвищити енергоефективність та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Основні енергоспоживаючі процеси:

1. Охолодження молока – є першим етапом після приймання – це швидке зниження температури свіжого молока з +30...+35 °C до +4...+6 °C для запобігання розвитку мікрофлори та збереження якості сировини. Молоко потрапляє до охолоджувальних танків через холодильні установки (чілери) з компресорами, конденсаторами та теплообмінниками. Основне споживання енергії припадає на електроенергію для роботи компресорів, вентиляторів і систем циркуляції холодоагенту. Частково використовується теплова енергія, наприклад, для підігріву води через рекуперацію. Частка енергоспоживання – близько 20–25 %.

2. Пастеризація – забезпечує термічне знищення патогенних мікроорганізмів без значного впливу на смак та харчову цінність молока. Виконується у пластинчастих або трубчастих пастеризаторах при +72 °C протягом 15–20 с. або при +63–65 °C протягом 30 хв. Після нагрівання молоко охолоджується до +4 °C. Для процесу потрібні теплова енергія (пара) та електроенергія для насосів і циркуляційних систем. Пастеризація є одним із найбільших споживачів енергії, 25–30 % загального енергоспоживання.

3. Холодильні камери – зберігання готової продукції здійснюється у стаціонарних або модульних камерах. Температурний режим залежить від виду продукції: +0...+6 °C для молочних продуктів і близько –18 °C для заморожених. Камери обладнані компресорами, конденсаторами та вентиляційними системами. Основне споживання енергії – електроенергія для підтримання температури та вентиляції. Частка витрат – 20–25 %.

4. СІР-мийка (Cleaning in Place) – автоматизована система очищення обладнання без його розбирання. Використовуються лужні та кислотні розчини, гаряча вода та пара. Енергоспожи-

вання припадає на електроенергію для насосів і теплову енергію для нагріву води до 80–90 °C. Частка витрат – 10–15 %.

Таким чином, найбільшими споживачами енергії на підприємстві є пастеризація та охолодження молока, що разом формують понад половину витрат, значна частка припадає на холодильні камери, тоді як СІР-мийка є менш енергоємною, хоча критичною для санітарії.

На підприємствах ведеться базовий облік споживання електроенергії, газу та води на рівні підприємства або цехів, однак детальний розподіл за технологічними процесами (охолодження, пастеризація, СІР-миття, холодильні камери) зазвичай відсутній. Облік здійснюється щоденно або щомісяця, переважно вручну, без автоматизованих систем моніторингу, що ускладнює оперативне виявлення аномалій та прийняття рішень щодо оптимізації енергоспоживання.

На більшості підприємств відсутній комплексний енергоаудит, який дозволив би виявити приховані втрати енергії та визначити потенціал для впровадження енергозберігаючих рішень. Серед основних проблем варто відзначити нестачу детального обліку споживання енергії: не здійснюється розподіл витрат за окремими процесами, не аналізуються пікові навантаження, режими простою та недовантаження обладнання. Додаткові втрати виникають через недостатню ізоляцію трубопроводів і резервуарів, негерметичність холодильних камер, простої та неефективну роботу насосів і компресорів. Також бракує систем автоматизованого моніторингу, що унеможливорює оперативне виявлення аномального споживання та формування сигналів про перевищення нормативів. Окрім цього, не повністю використовується потенціал вторинної та регенеративної енергії, зокрема рекуперація тепла після пастеризації для охолодження молока чи підігріву води СІР-мийки.

Неефективне використання енергоресурсів підвищує собівартість продукції та послаблює конкурентоспроможність підприємства. Завищені витрати на електроенергію й газ, а також простої та неповне завантаження обладнання знижують ефективність виробництва. Кожен втрачений кВт·год чи кілограм пари безпосередньо погіршує фінансові результати та ринкові позиції підприємства.

На основі проведеного аналізу енергоспоживання та технологічних процесів молокопереробних підприємств визначено ключові заходи, які дозволять знизити витрати енергоресурсів та підвищити ефективність виробництва. Упровадження цих заходів забезпечить економію енергії та води, підвищить фінансову ефективність і конкурентоспро-

жність підприємства, а також зменшить негативний вплив на довкілля відповідно до принципів сталого розвитку.

Одним із найефективніших заходів є встановлення частотних перетворювачів (ЧП) на насосах, вентиляторах і компресорах, що дозволяє регулювати швидкість електродвигунів відповідно до потреб технологічних процесів. ЧП забезпечують енергозбереження на рівні 30–50% при роботі на неповному навантаженні, зменшують знос обладнання завдяки плавному запуску та зупинці й покращують керованість виробництва через інтеграцію в системи SCADA/PLC. На підприємстві їх доцільно встановлювати на: насоси систем охолодження, технологічного водопостачання та СІР; вентилятори холодильних камер і вентиляційних систем; компресори холодильних установок та стисненого повітря. Очікуваний практичний ефект: економія електроенергії 25–40%, стабільніший технологічний процес, зменшення ремонтних витрат і зниження викидів CO<sub>2</sub> через скорочення енергоспоживання. Рекуперація тепла передбачає використання відпрацьованого тепла від пастеризації та холодильних машин (тепло конденсації) для підігріву технологічної води. Через теплообмінники воду можна нагрівати до +60–80 °С, що дає змогу використовувати її для СІР-мийки та інших виробничих потреб. Основний ефект рекуперації тепла: економія теплової енергії – 20–30%; зниження споживання пари та електроенергії – 20–30%; скорочення витрат на енергоресурси – 20–25%; зменшення викидів CO<sub>2</sub> – 15–20%; стабільний підігрів води до +60–80 °С. Таким чином, рекуперація тепла дозволяє суттєво зменшити собівартість продукції, підвищити енергоефективність і покращити екологічні показники заводу.

Не менш важливим напрямом підвищення енергоефективності є модернізація системи охолодження, яка залишається одним із найбільш енергомістких комплексів молокозаводу. Традиційні холодильні установки працюють із фіксованим тиском конденсації незалежно від температури навколишнього середовища, що призводить до надмірного енергоспоживання компресорів, неефективного регулювання подачі холодоагенту у випарники та відсутності автоматичної адаптації під фактичне теплове навантаження. У результаті холодильна система споживає більше електроенергії та зменшує ресурс обладнання.

Для усунення цих недоліків ефективно застосувати технологію плаваючого тиску конденсації, яка передбачає автоматичну зміну тиску в конденсаторі залежно від температури зовнішнього повітря та теплового навантаження системи.

Принцип її роботи полягає в тому, що при зниженні зовнішньої температури тиск конденсації зменшується, що знижує навантаження на компресор і скорочує електроспоживання. Навпаки, при підвищенні навантаження або високій зовнішній температурі система автоматично підвищує тиск, забезпечуючи стабільність холодильної потужності. Використання цієї технології дозволяє досягти економії електроенергії на рівні 10–15%, сприяє плавній роботі обладнання, зменшує його знос та підтримує стабільну температуру у холодильних камерах і технологічних процесах.

Оптимізація аміачних (NH<sub>3</sub>) компресорів, які є основними споживачами електроенергії у системах холодопостачання, дозволяє досягти значного економічного та екологічного ефекту. Для цього доцільно здійснити регулювання об'ємної подачі холодоагенту відповідно до реального теплового навантаження, встановити частотні перетворювачі для плавного керування швидкістю компресорів та системи моніторингу й автоматизації з контролем температури, тиску та витрати холодоагенту. Такі заходи дозволять знизити електроспоживання на 15–25%, скоротити витрати на технічне обслуговування, підвищити стабільність температур у холодильних камерах, знизити викиди CO<sub>2</sub> та ризик витоків аміаку.

Поряд із модернізацією компресорів важливо звернути увагу на оптимізацію СІР-мийки – ключового елемента виробничого циклу молочної промисловості. Використання заходів з повторного використання промивної води та мийних розчинів дозволяє економити 30–50% свіжої води, зменшити обсяги стічних вод і витрат на хімікати, при цьому забезпечити дотримання санітарних норм та стабільної якості продукції. Енергозбереження досягається за рахунок рекуперації тепла гарячої води, оптимізації температурних режимів та ізоляції трубопроводів і резервуарів, що забезпечує економію до 30–40% енергії на підігрів.

Ключовим фактором підвищення ефективності СІР-мийки є автоматизація процесу. Використання програмованих логічних контролерів і датчиків температури, рН та концентрації мийних розчинів забезпечує точне дотримання параметрів процесу, зменшує витрати води та хімікатів і підвищує повторюваність операцій. Крім того, інтеграція систем моніторингу витрат води, енергії та тривалості циклів дозволяє виявляти вузькі місця та формувати рекомендації для подальшої оптимізації, що підвищує загальну ефективність і екологічну стійкість підприємства.

Перехід на світлодіодне (LED) освітлення з інтегрованими датчиками руху є одним із ефективних заходів з енергозбереження, оскільки LED-лампи споживають на 70–80% менше елек-

троенергії порівняно з традиційними джерелами світла, мають високий коефіцієнт світловіддачі та практично не виділяють тепло, що особливо важливо для холодильних камер. Використання датчиків руху забезпечує ввімкнення освітлення лише при наявності персоналу, зменшуючи енергоспоживання та навантаження на систему охолодження. Крім того, LED-світильники зберігають стабільну роботу при низьких температурах до  $-25 \dots -30$  °C та мають захист від вологості й пилу (IP65–IP68), а тривалий життєвий цикл (30–50 тис. годин) дозволяє знизити витрати на обслуговування. Орієнтовні розрахунки показують, що впровадження LED з датчиками руху може забезпечити економію електроенергії до 80–85 % залежно від графіка роботи складу або холодильного відділення. Для максимального ефекту рекомендується правильно підбирати світильники, розташовувати датчики руху та інтегрувати освітлення в загальну систему автоматизації підприємства.

Зростання вартості енергоносіїв і вимога скорочувати викиди стимулюють харчові підприємства впроваджувати відновлювані джерела енергії, зокрема сонячні панелі та теплові насоси. Сонячні панелі перетворюють сонячну енергію в електричну, дозволяючи покривати до 20–40 % денного електроспоживання, знижувати витрати на електроенергію, підвищувати автономність і скорочувати викиди CO<sub>2</sub>, проте, їх ефективність залежить від погодних умов і потребує значних початкових інвестицій. Теплові насоси використовують тепло повітря, води або ґрунту для опалення та охолодження приміщень, забезпечують високу енергоефективність (4–5 одиниць тепла на 1 одиницю електроенергії), зменшують споживання газу та викиди CO<sub>2</sub>, але потребують значних площ для встановлення та високих початкових вкладень.

Поеднання сонячних панелей і теплових насосів дозволяє створити замкнену енергосистему: електроенергія СЕС живить компресори та насоси, а теплові насоси формують тепло або холод з мінімальним споживанням електрики. Це знижує навантаження на електромережу і газові котли та дозволяє скоротити викиди CO<sub>2</sub> на 20–40 %, що робить підприємство більш енергоефективним і екологічно безпечним.

Наприклад, за річного споживання 3960 МВт·год електроенергії, 8250 МВт·год тепла/газу та 66 000 м<sup>3</sup> води підприємство утворює близько 1554 т CO<sub>2</sub> на рік. Упровадження відновлюваних джерел енергії в освітленні, охолодженні та опаленні може підвищити енергоефективність підприємства на 10–30% за рахунок часткового заміщення традиційних енергоносіїв, одночасно підвищивши енергостійкість, знизивши витрати та скоротивши екологічний слід.

Це також може зменшити викиди CO<sub>2</sub> на 20–40%, тобто на 130 – 680 т щороку.

**Висновки.** Аналіз діяльності підприємств молокопереробної галузі показав, що енергоспоживання формують п'ять основних ресурсів: електроенергія, природний газ, холод, вода та стиснене повітря. Найбільші витрати припадають на пастеризацію та охолодження молока, які разом складають понад половину загальних енергоресурсів. Значну частку займають холодильні камери та СІР-мийка. Виявлені напрями підвищення енергоефективності включають встановлення частотних перетворювачів на насосах, компресорах та вентиляторах, впровадження систем рекуперації тепла, модернізацію холодильних систем із технологією плаваючого тиску конденсації, оптимізацію та автоматизацію СІР-мийки, перехід на LED-освітлення з датчиками руху, а також використання відновлюваних джерел енергії – сонячних панелей і теплових насосів. Реалізація цих заходів дозволяє знизити споживання електроенергії на 25–50 %, теплової енергії на 20–30 %, скоротити витрати води на 30–50 % та зменшити викиди CO<sub>2</sub> на 20–40 %.

Таким чином, комплексна модернізація енергетичних систем підприємств молокопереробної галузі забезпечує підвищення енергоефективності, зменшення собівартості продукції, стабільність технологічних процесів та зниження негативного впливу на довкілля. Це підтверджує, що впровадження енергозберігаючих та відновлюваних технологій є ключовим фактором сталого розвитку молокопереробних підприємств.

### Перелік використаних джерел

1. Гура К. Молочні підприємства можуть значно заощадити енергоресурси та кошти завдяки енергоефективним заходам. Landlord. URL: <https://landlord.ua/news/molochni-pidpriemstva-mozhut-skorotyty-vytraty-enerhii-maizhe-udvichi> (дата звернення 22.10.2025).
2. Кубрак Н. Р. Конкурентні переваги виробників на ринку молокопродуктів України. Науковий вісник Херсонського державного університету. 2018. Вип. 31. С. 90–95. URL: <https://ej.journal.kspu.edu/index.php/ej/article/view/378> (дата звернення 22.10.2025).
3. Чернявський В., Гоєнко А. Багатокритеріальний підхід до прийняття рішень щодо вибору оптимальної стратегії реалізації потенціалу енергозбереження на молокозаводах України. 7-ма міжнародна конференція IEEE з енергорозумних систем. 2020. С. 418–423.
4. ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT). Системи управління якістю. Вимоги. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.

5. ДСТУ ISO 22000:2019 (ISO 22000:2018, IDT). Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюзі. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
6. Clement E. Milk Production: A Life cycle analysis. *Educational Material Symposium*, Can. 2015. URL: <https://www.dairynutrition.ca/symposium/2015/milk-production-a-life-cycle-analysis> (дата звернення 14.10.2025).
7. ДСТУ ISO 14001:2015 (ISO14001:2015, IDT) Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
8. Мудрак Р. П. Господарська діяльність підприємств молокопереробної галузі харчової промисловості України. *Український журнал прикладної економіки*. 2020. Т. 5 № 1. С. 388-394. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2020-1-45>.
9. Критська Т. В., Алексієвський Д. Г., Кисельов Є. М. Електронні пристрої та технології для промисловості, енергозбереження та екологічних напрямів : монографія. Одеса: Олді+, 2023. 154 с.
10. Мандрика А. С. Енергоефективні технології : навчальний посібник. Суми: Сумський держ. ун-тет, 2021. 330 с.
11. Brush A., Masanet E. Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Dairy Processing Industry. An ENERGY STAR® Guide for Energy and Plant Managers: Berkeley: Environmental Protection Agency, 2011. 144 p.
12. Кропивний В.М. Ресурсоефективні та чисті технології: навчальний посібник. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. 369 с.
13. Деражнянський молочний завод. Офіційний сайт підприємства. URL: <https://dmz.ua/> (дата звернення 19.10.2025).
14. Аналітика Prozorro. Підприємства молокопереробної галузі. URL: <https://clarity-project.info/edrs> (дата звернення 09.10.2025).
3. Cherniavskiy V., Hoienko A. Bahatokryterialnyi pidkhid do pryiniattia rishen shchodo vyboru optymalnoi stratehii realizatsii potentsialu enerhozberezhennia na molokozavodakh Ukrainy. 7-ma mizhnarodna konferentsiia IEEE z enerhorozumnykh system. 2020. S. 418-423.
4. DSTU ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT). Systemy upravlinnia yakistiu. Vymohy. Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2016.
5. DSTU ISO 22000:2019 (ISO 22000:2018, IDT). Systemy upravlinnia bezpechnistiu kharchovykh produktiv. Vymohy do bud-iakoi orhanizatsii v kha-rchovomu lantsiuzi. Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2019.
6. Clement E. (2015). Milk Production: A Life cycle analysis. *Educational Material Symposium*, Can. URL: <https://www.dairynutrition.ca/symposium/2015/milk-production-a-life-cycle-analysis>. (дата звернення 14.10.2025).
7. DSTU ISO 14001:2015 (ISO14001:2015, IDT) Systemy ekolohichnoho upravlinnia. Vymohy ta nastanovy shchodo zastosuvannia. Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2016.
8. Mudrak R. P. Hospodarska diialnist pid-priemstv molokopererobnoi haluzi kharchovoi promyslovosti Ukrainy. *Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky*. 2020. Т. 5 № 1. S. 388-394. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2020-1-45>.
9. Krytska T. V., Aleksiiivskiy D. H., Kiselov Ye. M. Elektronni prystroi ta tekhnolohii dlia promyslovosti, enerhozberezhennia ta ekolohichnykh napriamiv : monohrafiia. Odesa: Oldi+, 2023. 154 s.
10. Mandryka A. S. Enerhoefektyvni tekhnolohii : navchalnyi posibnyk. Sumy: Sumskiy derzh. un-tet, 2021. 330 s.
11. Brush A., Masanet E. (2011). Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Dairy Processing Industry. An ENERGY STAR® Guide for Energy and Plant Managers: Berkeley: Environmental Protection Agency.
12. Kropivnyi V.M. Resursoefektyvni ta chysti tekhnolohii: navchalnyi posibnyk. Kropyvnytskyi: TsNTU, 2022. 369 s.
13. Derazhnianskyi molochnyi zavod. Ofitsiyniy sait pidpriemstva. URL: <https://dmz.ua/> (дата звернення 19.10.2025).
14. Analitika Prozorro. Pidpriemstva molokopererobnoi haluzi. URL: <https://clarity-project.info/edrs> (дата звернення 09.10.2025).

## References

1. Hura K. Molochni pidpriemstva mozhut znachno zaoshchadyty enerhoresursy ta koshty zadyaky enerhoefektyvnym zakhodam. Landlord. URL: <https://landlord.ua/news/molochni-pidpriemstva-mozhut-skorotyty-vytraty-enerhii-maizhe-udvichi> (дата звернення 22.10.2025).
2. Kubrak N. R. Konkurentni perevahy vyrobnykiv na rynku molokoproduktiv Ukrainy. *Naukovyi visnykh Khersonskoho derzhavnoho universytetu*. 2018. Vyp. 31. S. 90–95. URL: <https://ej.journal.kspu.edu/index.php/ej/article/view/378> (дата звернення 22.10.2025).

Надійшла до редакції 22.10.2025