

ТЕХНОЛОГІЯ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ В ЛОГІСТИЦІ ШВИДКОПСУВНИХ ТОВАРІВ

TEMPERATURE CONTROL TECHNOLOGY IN PERISHABLE GOODS LOGISTICS

Анотація. Логістика швидкопсувних та глибоко заморожених продуктів розглядається з міждисциплінарної перспективи, зосереджуючись на стратегічних, технологічних та сталих підходах. Аналізуються вплив температури, вологості та швидкості доставки на якість швидкопсувних продуктів, а також особливості транспортування глибоко заморожених товарів відповідно до стандартів АТР, НАССР та ISO 22000. Пропонується міжфункціональний підхід, що поєднує комерційні цілі з екологічною відповідальністю через методи зеленої логістики для зниження викидів, енергоспоживання та харчових відходів. Підкреслюється важливість міжорганізаційної співпраці та моніторингу в режимі реального часу для забезпечення безпеки продуктів і підвищення ефективності ланцюга постачання. Містяться практичні рекомендації для фахівців, політиків і науковців щодо сталого розвитку холодового ланцюга.

Abstract. The logistics of perishable and deep-frozen products is considered from an interdisciplinary perspective, focusing on strategic, technological and sustainable approaches. The impact of temperature, humidity and delivery speed on the quality of perishable products is analyzed, as well as the features of transporting deep-frozen goods according to ATP, HACCP and ISO 22000 standards. A cross-functional approach is proposed, combining commercial objectives with environmental responsibility through green logistics methods to reduce emissions, energy consumption and food waste. The importance of inter-organizational collaboration and real-time monitoring is emphasized to ensure product safety and improve supply chain efficiency. Practical recommendations are provided for professionals, policymakers and scientists on the sustainable development of the cold chain.

Ключові слова: швидкопсувні продукти, логістика холодового ланцюга, контроль температури, міжнародні стандарти (АТР, НАССР), екологічна стійкість

Key words: perishable products, cold chain logistics, temperature control, international standards (ATP, HACCP), environmental sustainability

Глобальна торгівля товарами, чутливими до температури, зростає безпрецедентними темпами, що зумовлено зростанням споживчого попиту на свіжі, безпечні та високоякісні продукти харчування, а також суворими правилами щодо транспортування та зберігання продуктів харчування. На цьому зростаючому ринку логістика швидкопсувних та глибоко заморожених продуктів відіграє дедалі більш стратегічну роль. Ці групи продуктів

— від молочних продуктів та м'яса до фруктів та овочів — потребують складних систем обробки, транспортування та зберігання для підтримки їхньої якості та забезпечення безпеки споживачів [1]. Крім того, дотримання міжнародних правил, таких як, стало невід'ємною частиною захисту здоров'я населення та підтримки довіри до транскордонних ланцюгів поставок.

Забезпечення якості та безпеки продукції в усьому холодовому ланцюгу є багатогранним завданням. З одного боку, це вимагає точного контролю температури, надійних систем моніторингу та ефективного управління запасами; з іншого боку, існує нагальна потреба у вирішенні екологічних ризиків, пов'язаних з викидами від транспорту та споживанням ресурсів. Отже, логістика заморожених та швидкопсувних товарів повинна поєднувати як операційну досконалість, так і стратегії сталого розвитку. Порівняльний аналіз різних

швидкопсувних товарів, таких як молоко, фрукти та інші чутливі харчові категорії, виявляє спільні логістичні імперативи: швидке переміщення, щоб уникнути втрати вартості, дотримання суворих температурних вимог та мінімізація часу обробки для зменшення ризиків забруднення. У свою чергу, [5] зосереджується на умовах транспортування заморожених продуктів, визначаючи взаємодію між безпекою споживачів та екологічним навантаженням. Незважаючи на цю підвищену увагу досліджень, залишаються прогалини як у теоретичних основах, так і в практичних методологіях оптимізації логістики глибоко заморожених та швидкопсувних продуктів. Значна частина існуючої літератури досліджує широкі концепції управління ланцюгами поставок або зосереджується на окремих аспектах транспортування харчових продуктів, таких як технології пакування або короткострокове прогнозування. Менша кількість досліджень всебічно розглядає інтеграцію управління ризиками, екологічної стійкості та специфіку різних категорій швидкопсувних товарів.

Логістика в управлінні швидкопсувними товарами передбачає послідовність взаємозалежних етапів – закупівлю, транспортування, зберігання та розподіл – кінцевою метою яких є збереження якості та безпеки продукції, забезпечуючи водночас своєчасну доставку кінцевим споживачам [3]. У контексті товарів з коротким терміном придатності або чутливих до температури товарів ці процеси стають одночасно складнішими та більш критичними. Закупівля включає пошук сировини або частково оброблених товарів, які повинні відповідати суворим стандартам якості з самого початку [5]. Після придбання товарів їх транспортують за спеціально регульованих умов, таких як контрольована температура або рівень вологості, щоб захистити їхні структурні та біохімічні властивості [5]. Зберігання, чи то на проміжних об'єктах, чи на кінцевих складах, вимагає ефективного управління запасами, щоб запобігти надмірному накопиченню запасів або псування продукції. Нарешті, розподіл охоплює доставку «останньої милі» або масштабніші поставки, які доставляють ці товари до центрів обробки, роздрібних торговців або медичних закладів [5]. Таблиця ілюструє спрощеним чином, як швидкопсувні товари (молоко та деякі категорії фруктів) можуть представляти різні, але перекриваючі логістичні потреби [5].

Таблиця 1. - Порівняння ключових логістичних параметрів для вибраних швидкопсувних продуктів

Тип продукту	Критичний діапазон температури	Інтервал транспортування	Основні фактори ризику
Молоко	2–6 °C (сире молоко <10 °C під час транспортування)	24–48 годин після збору	Ріст бактерій, якщо не зберігати в прохолодному місці; сезонність попиту та пропозиції
М'які фрукти	0–5 °C (деякі можна заморожувати при -18 °C)	До 24 годин (свіжі)	Невизначений термін, якщо заморожені механічні пошкодження, коливання вологості, швидке псування

Джерело: складено авторами

Такий порівняльний аналіз підкреслює взаємодію між властивостями продукту (наприклад, активністю води, pH, фізичною структурою) та логістичними методами, необхідними для підтримки якості [1]. Найважливіше те, що будь-яка затримка, неправильні умови транспортування або неправильне управління даними можуть призвести до суттєвої втрати якості або навіть повного витрачання, з прямими економічними наслідками та наслідками для здоров'я населення. Продукти, класифіковані як «швидкопсувні», охоплюють широкий діапазон категорій, від молочних продуктів та м'яса до фруктів та овочів. Ці товари мають спільну вразливість: вони швидко втрачають цінність під впливом невідповідних температур, мікробного забруднення або тривалого часу транспортування [4]. Водночас існують відмінності. Наприклад, молочні продукти, такі як сире молоко, потребують майже безперервного охолодження при температурі 2–6 °C для запобігання розмноженню бактерій. М'ясо та риба часто вимагають більш суворих процесів холодового ланцюга через вищий

ризик росту патогенів, тоді як багато фруктів та овочів потребують ретельного контролю вологості, щоб уникнути висихання або передчасного дозрівання.

Міжнародний регуляторний ландшафт транспортування глибоко заморожених продуктів регулюється, головним чином, Угодою про міжнародне перевезення швидкопсувних харчових продуктів (АТР), прийнятою в Женеві в 1970 році та згодом зміненою. Ця угода категоризує швидкопсувні продукти на основі їх необхідних теплових умов та визначає конкретні діапазони температур під час транспортування (наприклад, -20°C для морозива або -18°C для певних рибних та м'ясних продуктів). Дотримання АТР гарантує, що транспортне обладнання — рефрижераторні транспортні засоби, ізольовані контейнери та механічні рефрижераторні причепа — регулярно перевіряється для підтримки відповідного температурного діапазону [3]. Окрім АТР, важливими є надійні системи управління якістю та безпекою. Система аналізу ризиків та критичних контрольних точок (НАССР) широко використовується для виявлення та пом'якшення біологічних, хімічних та фізичних небезпек на ключових етапах обробки харчових продуктів. У контексті глибоко заморожених вантажів, плани НАССР підкреслюють контроль температури як критичну точку контролю, що вимагає постійного моніторингу, калібрування обладнання та швидких коригувальних заходів у разі відхилень. Стандарти такі як ISO 22000, далі інтегрують принципи НАССР в ширшу систему управління безпекою харчових продуктів, передбачаючи обов'язкові документовані процедури, протоколи відстеження та процеси постійного вдосконалення. Не менш важливим аспектом є маркування та перевірка обладнання. Належне маркування надає операторам критичну інформацію щодо типу продукту, номерів партій та оптимальної температури зберігання [4]. Перевірка, у свою чергу, включає планове технічне обслуговування та перевірку холодильних установок, рефрижераторних контейнерів та пов'язаного з ними обладнання. Цілісний погляд на логістику швидкопсувних та глибоко заморожених продуктів вимагає узгодження з ширшими цілями сталого розвитку, встановленими такими глобальними інституціями, як Організація Об'єднаних Націй та Продовольча та сільськогосподарська організація ООН. Інтегруючи передові рішення холодового ланцюга зі стратегіями зменшення впливу на навколишнє середовище, зацікавлені сторони можуть одночасно захищати здоров'я споживачів, підвищувати конкурентоспроможність компаній та сприяти довгостроковому зберіганню ресурсів. Логістичні системи для швидкопсувних та глибоко заморожених товарів розташовані на стику споживання енергії, викидів парникових газів та запобігання харчовим відходам. Підтримка низьких температур протягом тривалого часу споживає значну кількість енергії, яка часто виробляється з не відновлюваних джерел [2]. Отже, будь-яка неефективність, така як неоптимальна маршрутизація або старіння технології охолодження, призводить до непотрібних викидів CO_2 . Більше того, кожен випадок зіпсованої або викинутої їжі сигналізує про неминучу втрату ресурсів, та підвищений вуглецевий слід, оскільки енергія, вода та праця, вкладені у виробництво, не перетворюються на споживчі товари.

Суворий контроль температури та дотримання міжнародних стандартів, таких як АТР, є основоположними. Ефективні операції холодового ланцюга вимагають більше, ніж просто технічної майстерності. Вони вимагають злагодженої співпраці між численними зацікавленими сторонами, від виробників та транспортних операторів до регуляторів та дослідницьких установ. Як показано, узгодження з принципами сталого розвитку, а саме скорочення викидів, зменшення харчових відходів та оптимізація використання ресурсів, має бути інтегровано в процеси прийняття рішень усіма залученими партнерами. Крім того, цифрова трансформація має особливі обіцянки. Збір даних у режимі реального часу за допомогою датчиків Інтернету речей, прогнозна аналітика для планування запасів та автоматизоване втручання можуть значно зменшити як експлуатаційні витрати, так і вплив на навколишнє середовище. Не менш важливими є людські фактори: постійне навчання, чітке визначення протоколу та проактивне виявлення ризиків залишаються незмінними для запобігання поломкам, які можуть поставити під загрозу цілі партії чутливих товарів. Захист здоров'я споживачів та підтримка високої якості продукції не обов'язково суперечать комерційним цілям чи екологічним.

Література

1. Pajic V., Andrejic M., Chatterjee P. Enhancing cold chain logistics: A framework for advanced temperature monitoring in transportation and storage // *Mechatron. Intell Transp. Syst.* – 2024. – Vol. 3, № 1. – P. 16–30.
 2. Yurii G. Specifications for Transportation of Deep-Frozen and Perishable Products // *The American Journal of Engineering and Technology.* – 2025. – Vol. 7, № 04. – P. 125–133.
 3. Awasthi S., Pandey P. S., Vashisth P. C. IoT-Driven Cold Chain Management for Real-Time Monitoring and Alerts for Perishable Goods // 2025 International Conference on Pervasive Computational Technologies (ICPCT), IEEE, February 2025. – P. 1008–1012.
 4. Waldhans C., Albrecht A., Ibal R., Wollenweber D., Sy S. J., Kreyenschmidt J. Temperature control and data exchange in food supply chains: Current situation and the applicability of a digitalized system of time–temperature-indicators to optimize temperature monitoring in different cold chains // *Journal of Packaging Technology and Research.* – 2024. – Vol. 8, № 1. – P. 79–93.
- Sooriyabandara W. T. N., Kavirathna C. A. The Role of Logistics in Perishable Food Waste Reduction: Small and Medium-Sized Enterprises Involved in Sri Lankan Food Supply Chains // 2025 International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering (SCSE), IEEE, April 2025. – P. 1–6.

УДК 658.7

Вікторія Кривещенко

*к.е.н., доцент, доцент кафедри комерційної діяльності і логістики,
КНЕУ ім. Вадима Гетьмана, Україна
kryveshchenko.viktorii@kneu.edu.ua*

Генадій Хмурковський,

*к.е.н., доцент, доцент кафедри комерційної діяльності і логістики,
КНЕУ ім. Вадима Гетьмана, Україна
khturkovskiy@kneu.edu.ua*

Тетяна Ляденко,

*ст. викладач кафедри комерційної діяльності і логістики,
КНЕУ ім. Вадима Гетьмана, Україна
antiplag.log@kneu.edu.ua*

РОЛЬ СКЛАДСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У СУЧАСНІЙ ЛОГІСТИЧНІЙ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ

THE ROLE OF WAREHOUSING INFRASTRUCTURE IN UKRAINE'S MODERN LOGISTICS STRATEGY

Анотація: розглядається роль і функціональне значення складів у логістичних системах у контексті оновленої логістичної стратегії України. Проаналізовано сучасні тенденції трансформації складської інфраструктури, ієрархію функціонування складів, принципи інтеграції в національну та європейську логістичну мережу.

Abstract: This article examines the role and functional significance of warehouses within logistics systems in the context of Ukraine's updated logistics strategy. It explores modern trends in the transformation of warehouse infrastructure, the hierarchical structure of warehouse operations, principles of integration into national and European logistics networks, and regulatory frameworks. Special attention is given to digitalization, automation, and the expansion of warehouse service functionality.

Ключові слова: склад, логістика, логістична стратегія, складська інфраструктура, цифровізація, мультимодальні перевезення, автоматизація, логістичний хаб.

Keywords: warehouse, logistics, logistics strategy, warehouse infrastructure, digitalization, multimodal transportation, automation, logistics hub.

У сучасних умовах геополітичної нестабільності, трансформації економічного середовища та стратегічного курсу України на інтеграцію до логістичного простору Європейського Союзу, складська інфраструктура набуває ключового значення в забезпеченні стійкості та ефективності ланцюгів постачання. Склади більше не виконують виключно