

Кияниця Є. В.

студентка ФММ

ORCID: 0009-0002-5701-8175;

Тапол К. С.

студент ФММ

ORCID: 0009-0000-1755-0445;

Луценко І. С.

канд. екон. наук, доц.,

доцент кафедри менеджменту підприємств

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря

Сікорського», м. Київ, Україна

ORCID: 0000-0003-4550-6403

ХОЛОДОВИЙ ЛАНЦЮГ ПОСТАЧАННЯ: ПРИКЛАДИ ІННОВАЦІЙ СЬОГОДЕННЯ

Транспортування швидкопсувних товарів вимагає високої точності, тому компанії невпинно шукають нові підходи та інновації, що підвищують ефективність холодового ланцюга, зменшивши витрати та час на доставляння продукції. Холодовий ланцюг – це система постачання з контрольованою температурою від стадії виробництва до етапів транспортування, зберігання, розподілу та доставлення кінцевому користувачеві [1].

Згідно зі звітами компанії Precedence Research, що спеціалізується на стратегічних аналізах ринку різних галузей, розмір глобального ринку логістики холодового ланцюга оцінюється в 436,30 млрд дол. США в 2025 році та, за прогнозами, сягне приблизно 1359,78 млрд дол. США до 2034 року. Відповідно, відсоток середнього темпу зростання ринку буде становити 13,46 % з 2025 по 2034 рік, що свідчить про стрімкий розвиток холодової логістики та високий попит на інновації для ефективного зберігання та транспортування швидкопсувних товарів чи продуктів, що вимагають охолодження [2].

Метою цієї роботи є розгляд конкретних практик, які впроваджують компанії для оптимізації процесів холодового ланцюга постачання, їхніх основних переваг та недоліків.

Одним із методів, який застосовують у холодовій логістиці – cross-docking. Цей метод передбачає організацію процесу постачання з мінімальними затримками на терміналах крос-докінгу, які побудовані та обладнані таким чином, щоб максимально оптимізувати процес обробки товарних потоків. Товар в такий склад може приходити як повністю укомплектованим, так і вимагати доукомплектації. В першому випадку його одразу розміщують в зоні експедиції, після чого в мінімальні терміни відбувається відвантаження та відправлення отримувачу, в другому він потрапляє у зону комплектації, його доукомплектовують готовою продукцією та відправляють одержувачу. Також цей метод має дві схеми роботи, коли товар одразу після постачання відвантажують в інший транспорт на відправлення, без розміщення на зберігання у складі, або ж, у разі потреби, відбувається ще додатковий етап фасування та відправлення вантажоодержувачам у різні напрямки. Важливо зазначити, що нестикування у часі на терміналі крос-докінгу неприпустимі. Усі товари, що надходять до терміналу, відстежуються завдяки зчитуванню радіочастотних RFID-чипів або штрих-кодів. Черга водіїв на доставлення товарів до терміналу формується через автоматичну систему оповіщення. Перевагою цього методу є зменшення витрат на обслуговування складських приміщень, оптимізація часу та маршрутів постачання. Також завдяки цьому методу скорочується кількість маніпуляцій з продукцією, тобто обробкою товару. Зокрема підвищується ефективність вантажоперевезення шляхом формування більших вантажів, що знижує витрати й зменшує число поїздок для доставлення. Недоліками методу є те, що система має бути досконалою, бо збій в одній частині процесу може викликати масштабну помилку в системі. Відповідно, автоматизація усіх процесів, що формують складну систему терміналу, потребує значного капіталовкладення [3].

Однією з найпоширеніших технологій, що використовується у холодовій логістиці, є холодильні системи. Розглянемо одну з холодильних систем на прикладі компанії Skycell, що розробила інноваційний підхід постачання медикаментів та інших чутливих до температури товарів. Вона створила гібридний контейнер із системою самозаряджання без механічних деталей, оснащену розумними датчиками для перевезення. Також запропонувала енергоефективне рішення, оскільки матеріал у стінках контейнера поглинає холод, а за звичайних умов контролювано віддає його, підтримуючи необхідну температуру для перевезення всередині контейнера. Також контейнер має потужну систему ізоляції, розроблену науковцями Інституту Фраунгофера та ЕМА для космічних супутників. Нанопокриття, яке використовується у контейнері, відбиває теплове випромінювання, не дозволяючи теплу проникнути всередину. Вони стали одними з перших, хто застосував дводверну систему, що формує додаткову камеру охолодження.

Ще одним прикладом застосування інновацій є компанія Carnotfleet. Завдяки власній системі адаптивного терморегулювання (ATCS) та твердотільним термоелектричним тепловим насосам компанія пропонує просте в установці рішення для логістичних транспортних засобів, яке дозволить їм, навіть не маючи спеціальної конструкції, брати участь в холодному ланцюзі. ATCS здійснює управління температурним контролем автономно, використовуючи машинне навчання та дані в режимі реального часу. Дана система дозволяє точно підтримувати необхідні температурні умови для різних типів продукції, забезпечуючи їх якісне транспортування. Асортимент продукції включає такі лінійки CF1, CF2, CF3, які відповідають різним вимогам холодного ланцюга. Для біофармацевтичних препаратів або цінних швидкопсувних продуктів блоки CF1 зберігають точні температурні діапазони для кожного вантажу. Блоки CF2 забезпечують функціонування холодного ланцюга в сухих фургонах і задалегідь визначених зонах, придатних для перевезення швидкопсувних вантажів. Блоки CF3, призначені для доставлення «останньої милі», інтегруються з нетрадиційними транспортними засобами, такими як мотоцикли та дрони. Carnotfleet також пропонує програмне забезпечення, що включає мобільний додаток, веб портал та API. Воно дає змогу менеджерам автопарків, власникам і менеджерам ланцюгів постачання контролювати критичні точки даних, прогнозувати потенційні ризики та оптимізувати логістику по всьому холодному ланцюгу, що забезпечує повну прозорість процесу транспортування, дозволяючи швидко реагувати на будь-які зміни чи порушення температурного режиму [4].

Якщо розглянути поширені технології, які використовуються у 2025 році, то варто відзначити розумні датчики, які допомагають контролювати та відстежувати коливання температур при перевезенні. Тобто, вони виявляють ризики на ранніх етапах, що робить транспортування більш передбачуваним. Датчики з підтримкою IoT виконують ідентичні функції, відрізняючись лише наявністю системи оповіщення, яка повідомляє про всі зміни контролюючій чи відповідальній особі. Також деякі датчики можуть автоматично налаштовувати кондиціонування, тобто регулювати температуру та вологість приміщення чи обладнання, в якому знаходиться товар. Недоліком може бути дороговартісне впровадження технології та його обслуговування, зокрема виникає потреба у навчанні персоналу та постійному підключенні до мережі, щоб мати безперебійний доступ до всіх даних у реальному часі.

Штучний інтелект (ШІ) також має важливу роль у холодних ланцюгах постачання, оскільки він здійснює аналіз та прогноз на основі закономірностей і тенденцій. Він використовується для вибору оптимальних маршрутів, які б дозволили перевозити швидкопсувні чи чутливі до температури товари, зокрема він генерує графік та схему руху, враховуючи можливі ризики, наприклад, затори, аварії або надзвичайні ситуації. Також ШІ активно використовують безпосередньо у холодильних системах, де він демонструє свою ефективність, адже мінімізує ризики, аналізуючи дані обладнання у реальному часі та генерує прогнози, що дозволяє виявити потенційну проблему до її виникнення та приймати більш ефективні рішення. Але на сьогодні штучний інтелект вимагає значного покращення, адже може давати неточні дані або неправильно розуміти запити, внаслідок чого алгоритми можуть генеруватися з помилками і складати маршрути з неправильними адресами тощо. Тож запровадження ШІ для доставлення вимагає великих капіталовкладень для постійного розвитку, зокрема точності системи.

Також варто згадати й про блокчейн – цифровий реєстр, який фіксує усі етапи транспортування у холодному ланцюгу. Відповідно, це є гарантією якості продукту, адже усі етапи автоматично налаштовані та прогнозовані, зокрема і ризики. Також, у разі виникнення помилки чи псування товару, легко відстежити те, на якому етапі ланцюга відбулась помилка, адже вся історія товару зберігається, і надалі усунути її причину чи вдосконалити процес. Але технологія є дорогою у впровадженні та вимагає належного технічного супроводу.

Таким чином, холодний ланцюг постачання вимагає безперервного розвитку та пошуку ефективних рішень, які допоможуть одночасно знизити витрати на транспортування, скоротити час доставлення та мінімізувати ризики псування продукції. Завдяки таким технологіям як блокчейн, IoT, штучний інтелект, з'являються нові інновації, що посилюють стійкість холодних ланцюгів постачання до мінливих умов майбутнього, а автоматизація та цифровізація є фундаментом розвитку для холодової логістики. З відсотка середнього темпу зростання ринку холодової логістики можна побачити, що інновації є необхідністю на вимогу сучасності та мінливих умов майбутнього.

Список використаних джерел

1. Deka G. C., Zhang P., Kim S. Chapter Two – Integrated platforms for blockchain enablement. *Advances in Computers*. 2017. P. 41–72.
2. Cold Chain Logistics Market Size to Surpass USD 1,359.78 Bn by 2034. *Precedence Research – Statistical Platform for Market Intelligence, Market Research & Consulting*. URL: <https://www.precedenceresearch.com/cold-chain-logistics-market> (the date of application: 29.03.2025).
3. Що таке крос-докінг і як він функціонує у логістиці. *WareTeKa*. URL: <https://wareteka.com.ua/uk/blog/shcho-take-kros-doking/> (дата звернення: 29.03.2025).
4. 10 New Cold Chain Solutions | *StartUs Insights*. *StartUs Insights*. URL: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/new-cold-chain-solutions/> (the date of application: 30.03.2025).