

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ  
ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ В МІСТІ ХАРКІВ**

Студ. Белєвцев О., доц. Калініченко О.П.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
kttkap2016@gmail.com*

Забезпечення стабільного та безпечного постачання продуктів харчування для мешканців Харкова є одним із найважливіших пріоритетів, особливо в умовах, коли місто продовжує жити, працювати та відновлюватися після значних випробувань. Ефективність технологічного процесу перевезення цієї життєво важливої категорії вантажів безпосередньо впливає на продовольчу безпеку, здоров'я населення та соціально-економічну стабільність у регіоні. Логістика продуктів харчування, особливо забезпечення безперервності "холодового ланцюга", є об'єктом комплексних міждисциплінарних досліджень, що інтегрують досягнення інженерії, економіки, теорії управління, інформаційних технологій та харчової науки. Продукти харчування, з їхньою величезною різноманітністю – від швидкопсувних товарів, що вимагають суворого дотримання температурних режимів, до бакалійної групи тривалого зберігання – ставлять перед міською логістикою складні завдання. Сучасні виклики, такі як урбанізація, потенційні наслідки зміни клімату для агросектору та умов зберігання, а для Харкова – перш за все, наслідки воєнних дій та нагальна потреба у відновленні, вимагають глибокого наукового осмислення та інноваційного підходу до оптимізації логістичних систем. Удосконалення цього процесу потребує не лише практичних заходів, а й фундаментального наукового аналізу, розробки нових моделей та проведення цілеспрямованих експериментальних досліджень для валідації та впровадження найбільш ефективних рішень.

Технологічний процес перевезення продуктів харчування в Харкові є багатоланковою системою, де кожна операція, від виробника до кінцевого споживача, має бути ретельно оптимізована для збереження якості та безпечності продукції. Підтримання безперервного "холодового ланцюга" для швидкопсувних товарів є аксіомою, що вимагає прецизійного контролю температури на всіх етапах. Сучасна наука пропонує значний арсенал методів для вирішення цих завдань. В основі оптимізації маршрутів лежать методи теорії графів, зокрема вирішення задачі комівояжера (TSP) та більш складних її варіацій, таких як задача маршрутизації транспорту з часовими вікнами (VRPTW), що є особливо актуальною для доставки продуктів у торгові мережі з жорсткими графіками приймання, або багатокритеріальні моделі (multi-objective VRP), що дозволяють одночасно оптимізувати вартість, час доставки та, наприклад, екологічний слід. Для вирішення таких NP-складних задач на практиці широко застосовуються евристичні та метаевристичні алгоритми, такі як генетичні алгоритми або імітація відпалу, здатні знаходити близькі до оптимальних рішення за прийнятний час. Теорія управління запасами, включаючи модифіковані моделі EOQ (Economic Order Quantity) для товарів з обмеженим терміном придатності та принципи JIT (Just-In-Time) і Lean-логістики, спрямована на мінімізацію втрат від псування та оптимізацію складських операцій.

Інформаційні технології відіграють ключову роль у сучасній логістиці продуктів харчування. Системи моніторингу на основі Інтернету речей (IoT) дозволяють не просто відстежувати геолокацію, а й контролювати критичні

параметри мікроклімату (температуру, вологість) всередині рефрижераторів у режимі реального часу, використовуючи мережі бездротових сенсорів та хмарні платформи для агрегації та аналізу даних. RFID-технології забезпечують автоматичну ідентифікацію та простежуваність кожної одиниці продукції. Системи підтримки прийняття рішень (СППР), що базуються на аналізі великих даних (Big Data), а також інструменти штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML) відкривають нові можливості для точного прогнозування попиту, динамічної оптимізації маршрутів з урахуванням непередбачуваних факторів (затворів, змін погодних умов, безпекової ситуації), а також для предиктивного аналізу ризиків, наприклад, виявлення ймовірності збою холодильного обладнання. Важливими є і дослідження в галузі харчових технологій, зокрема застосування пакування в модифікованому газовому середовищі (MAP), розробка активного та інтелектуального пакування з індикаторами свіжості чи температури, що сприяють подовженню термінів зберігання та підвищенню безпеки продукції. Управління ризиками в "холодовому ланцюзі" спирається на методології типу HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), адаптовані до логістичних процесів, а також на застосування теорії надійності для оцінки безперебійності роботи критичного обладнання.

Однак, теоретичні моделі та універсальні технології потребують адаптації до унікальних та складних умов Харкова. Пошкоджена інфраструктура, змінені логістичні потоки, гуманітарні потреби та безпекові виклики вимагають не просто застосування існуючих наукових розробок, а їхньої ретельної експериментальної перевірки та модифікації. Саме експериментальні дослідження, побудовані на чітких наукових гіпотезах та з використанням валідних методів збору й статистичного аналізу даних (наприклад, дисперсійного аналізу ANOVA для порівняння ефективності різних технологій транспортування чи пакування, або регресійного аналізу для виявлення ключових факторів, що впливають на втрати продукції), дозволяють отримати об'єктивні дані для прийняття рішень. Наприклад, проведення контрольованих польових експериментів з тестування різних типів рефрижераторного обладнання та термоізоляційних контейнерів в умовах реальних міських маршрутів Харкова, з фіксацією температурних коливань та енергоспоживання, дасть змогу обрати найбільш ефективні та економічно доцільні рішення. Експериментальна апробація нових алгоритмів динамічної маршрутизації, що інтегрують дані про трафік, погодні умови та безпекову ситуацію в реальному часі, допоможе оцінити їхній вплив на скорочення часу доставки та витрат пального. Пілотні проекти з впровадження систем простежуваності на основі блокчейну чи RFID можуть продемонструвати реальні переваги у забезпеченні прозорості та безпеки харчових ланцюгів у Харкові. Важливим інструментом для попередньої оцінки складних логістичних систем та тестування різних сценаріїв без значних витрат та ризиків є імітаційне моделювання (наприклад, агентне або дискретно-подійне моделювання), яке дозволяє віртуально відтворити процеси доставки та проаналізувати їх ефективність за різних умов. Дослідження логістичних схем для розподілу гуманітарної продовольчої допомоги, включаючи тестування різних каналів доставки та механізмів моніторингу, є особливо актуальним для міста.

Удосконалення технологічного процесу перевезення продуктів харчування в місті Харків є комплексним науково-технічним та соціально-економічним завданням, вирішення якого вимагає інтеграції передових наукових досягнень з різних галузей знань та їх ретельної експериментальної валідації в специфічних

умовах міста. Лише такий науково обґрунтований підхід, що спирається на емпіричні дані та системний аналіз, дозволить розробити та впровадити дійсно ефективні, стійкі та адаптивні логістичні рішення, здатні гарантувати безперебійне забезпечення населення Харкова якісними та безпечними продуктами харчування, особливо в складний період відновлення та перед лицем потенційних гуманітарних викликів. Результати експериментальних досліджень новітніх технологій моніторингу "холодового ланцюга", інноваційних пакувальних матеріалів, інтелектуальних систем маршрутизації та платформ простежуваності продукції стануть надійним підґрунтям для формування обґрунтованої стратегії розвитку продовольчої логістики Харкова.

### Література.

1. О. П. Калініченко, Є. К. Сальніков. Сучасні підходи до логістичного управління вантажними перевезеннями в міському сполученні // Розумний транспорт та інтегровані транспортні технології : зб. матеріалів наук. робіт з міжнар. наук.-практ. конф., 21–22 листоп. 2023 р., м. Харків / М-во освіти і науки України, Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків : ХНАДУ, 2023 – С. 94–96.
2. Павленко О.В., Шрамепко Н.Ю., Северін О.О., Горбачов П.Ф., Калініченко О.П. Математичні методи оптимізації транспортних процесів: навчальний посібник. - Харків: Видавництво ЗНАДУ, 2008. - 204 с.
3. Є.К. Сальніков, О.П. Калініченко. Аналіз сучасних міських логістичних систем. IV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Напрями розвитку технологічних систем і логістики в АПВ». 2023. Харків: ДБУ. С. 69-72.
4. Калініченко О.П. Рішення задач оперативного планування на автомобільному транспорті: Навчальний посібник. / О.П. Калініченко. Харків: Видавництво ХНАДУ, 2015. –143 с.
5. Нефьодов В.М., Калініченко О.П. Сучасний стан і актуальні проблеми доставки товарів народного споживання автомобільним транспортом в містах. ХНУМГ імені О.М. Бекетова, Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст», №156. 2020. С.17-21.
6. Калініченко, О., Павленко, О. (2023). Методика визначення раціональної технології переміщення вантажів на складі. Комунальне господарство міст, 6(180), 231–236. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-231-236>.
7. Калініченко О. П., Павленко О. В., Нефьодов В. М. Оптимізація рішення задач оперативного планування вантажних перевезень на автомобільному транспорті. Комунальне господарство міст. 2018. № 142. С. 108–113.
8. Калініченко О., Мамлюк Д. Удосконалення технології доставки продуктів харчування. Збірник матеріалів 85-ї Міжнародної наукової конференції студентів секція транспортні технології. 2023. С. 72–74.
9. Калініченко, О. П., Циганок В. В. Дослідження процесу доставки хлібобулочних виробів в міжміському сполученні // Розумний транспорт та інтегровані транспортні технології : зб. матеріалів наук. робіт з міжнар. наук.-практ. конф., 21–22 листоп. 2023 р., м. Харків / М-во освіти і науки України, Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків : ХНАДУ, 2023 – С. 97–99.
10. Калініченко О. П. Севідова В. В. Підвищення ефективності доставки продуктів харчування в міських умовах. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability". - Кропивницький: КНТУ, 2019. С. 36–40.