

О.П. Калініченко, О.С. Черпаха, В.В. Севідова, Є.К. Сальніков

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ У МІСТІ ХАРКІВ

У статті запропоновано використання методики комплексного удосконалення процесу доставки швидкопсувних вантажів, що полягає у визначенні раціональних розвізних маршрутів для обраної сукупності транспортних засобів з різною вантажністю. Розглянуто програмну реалізацію алгоритму вибору маршрутів руху для автомобілів різної вантажності з визначенням основних техніко-експлуатаційних та техніко-економічних показників ефективності процесу доставки швидкопсувних вантажів.

Ключові слова: швидкопсувні вантажі, доставка вантажу, розвізні маршрути, вантажність автомобіля, витрати.

Постановка проблеми

Транспортування швидкопсувних продуктів – складний і енергоємний процес. Неправильний вибір партнера для перевезення, неточність вантажних операцій і недоліки в самому транспортуванні можуть призвести до псування продукції, втрати товарного вигляду та можливих втрат вантажу. Доставка швидкопсувних вантажів, до яких належать продукти харчування, є життєво важливою у сучасному суспільстві. Вартість транспортування таких вантажів включається до загальної вартості продуктів, а це означає, що зниження вартості продуктів харчування напряду залежить від організації перевізного процесу та всіх супутніх процесів.

Ефективне управління транспортним процесом вимагає оптимізації маршрутів перевезень. У сучасних умовах дрібнопартійних перевезень автомобільним транспортом немає чіткої теорії вирішення транспортних задач на рівні маршрутів. Процес перевезення має формуватися з мінімізацією непродуктивних холостих пробігів, що впливають на загальний пробіг транспортного засобу. Отож транспортування вантажів невеликими партіями повинно здійснюватися за оптимальними маршрутами.

До категорії швидкопсувних належать вантажі з коротким терміном придатності. Їх доставка від відправника до одержувача вимагає дотримання певних умов (температурного режиму, вологості, виконання санітарно-гігієнічних вимог) і точного дотримання строків. В іншому разі продукція втрачає свої товарні якості. Перевезення швидкопсувних вантажів завжди пов'язане з ризиками. Для їх мінімізації використовується спеціалізований транспорт, приділяється велика увага логістиці та правильній упаковці, а також застосовується спеціальне маркування, яке вказує на правила перевезення конкрет-

ного товару.

Транспортування виконує важливу логістичну функцію, яка вимагає від суб'єктів господарювання застосування комплексного підходу. Це означає поділ вантажів на різні категорії або групи, що потребують різних методів транспортування. Однією з таких категорій є вантажі, що швидко псуються.

Фактори, що впливають на якість вантажу, який швидко псується під час зберігання та перевезення, і які повинні бути враховані організаторами транспортування, охоплюють наступне:

- підготовка об'єкта до зберігання або перевезення, його якість, стан і упаковка (тара);
- температура, вологість, циркуляція та чистота повітря у приміщенні, яке використовується для зберігання або перевезення вантажу, а також його санітарний стан;
- тривалість перевезення.

Врахування цих факторів допомагає забезпечити оптимальні умови для збереження якості вантажу під час транспортування та знижує ризик його псування.

Для підвищення ефективності доставки швидкопсувних вантажів необхідно враховувати комплекс показників, що складаються з вартісних показників оцінки доставки та часових параметрів процесу доставки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Зі зростанням чисельності населення та підвищенням рівня доходів у країнах, що розвиваються, попит на швидкопсувні продукти значно збільшився. Потреба у свіжій їжі також швидко зростає завдяки підвищенню обізнаності про здоровий спосіб життя, вибір якісних продуктів, однак дослідження ланцюжків постачання швидкопсувних товарів привертати мало уваги до останніх років.

Ланцюжок постачання швидкопсувних продуктів

є складнішим через їхню чутливість до часу, високу вартість та необхідність дотримання суворих вимог до обробки матеріалів. Це включає зберігання, контроль якості та транспортування в низьких температурних умовах.

Коефіцієнт втрат швидкопсувних товарів під час транспортування досягає 30 % у багатьох країнах і є ще більшим у менш розвинених регіонах, час витрачений на логістичну циркуляцію швидкопсувних товарів значно впливає на економічну вигоду ланцюга постачання [1].

На сьогодні транспортуванню вантажів, що швидко псуються, перешкоджає низка проблем [2, 3]:

- невідповідність між кількістю спеціалізованих транспортних засобів для перевезення швидкопсувних продуктів і обсягом вантажопотоків;
- вибуття транспортних засобів після завершення терміну їх служби та зношування через тривале використання;
- відсутність оновлення парку сучасних ізотермічних фургонів;
- відсутність контролю якості використовуваних ізотермічних фургонів і контейнерів;
- брак транспортних засобів з відповідними теплотехнічними характеристиками;
- низький рівень впровадження нових технологій перевезень;
- недостатня контейнеризація швидкопсувних вантажів.

Термін «холодна логістика» є комбінацією засобів з контрольованою температурою для підтримки терміну служби та якості перевезення швидкопсувних вантажів, які потребують спеціальних умов транспортування [4, 5]. Такий вид доставки необхідний для продовження періоду зберігання та підтримання якості продукції. Ця система займає важливу роль у скороченні втрат для кінцевих споживачів. Холодний ланцюг, як особливий ланцюжок поставок, є складною системою. Управління холодним ланцюгом має враховувати вплив економічної ефективності, якості продукції, своєчасності та навколишнього середовища. В роботі [6] виділено основні проблеми холодного ланцюга доставки:

- значні витрати припадають на перевезення та зберігання швидкопсувних вантажів;
- низька якість послуг та висока собівартість;
- недосконала нормативно-правова база.

Успішне зберігання швидкопсувних товарів може бути досягнуто тільки шляхом підтримки спеціального температурного режиму, необхідного для збереження якості на всіх етапах життєвого циклу продукції від виробництва до споживання. Основним критерієм при виборі рухомого складу для перевезення вантажів, що швидко псуються, є забезпечення безпеки вантажу. Для цього враховують характер маршруту, кількість пунктів розвантаження на

маршрут розвезення, тип охолоджувального пристрою автомобіля-рефрижератора [7].

У логістиці холодного ланцюга оптимізація маршрутів є вирішальним питанням, яке передбачає те, як ефективно завершити логістичний розподіл швидкопсувних вантажів в межах тимчасового вікна, щоб забезпечити якість та свіжість харчових продуктів. Автори [8] стверджують, що концепція «маршрутизації та планування транспортного засобу (VRSP)» – це не тільки вибір оптимального маршруту з мінімальним пробігом та зменшення витрат на перевезення, а і можливість мінімізувати фінансові втрати від відхилень початкового розкладу розвезення вантажу.

Логістика холодного ланцюга охоплює безліч факторів, зокрема температуру, вологість, місткість вантажівок і т. д. Складним питанням є те, як всебічно враховувати ці фактори для отримання найкращого плану розподілу. Зараз часто використовують методи планування маршруту, засновані на алгоритмах оптимізації, серед яких генетичний алгоритм [9] та імітація відпалу [10], для вирішення задачі оптимізації маршрутизації доставки швидкопсувних вантажів в холодному ланцюзі, але ці методи використовують як критерій лише мінімальний пробіг, не беручи до уваги економічні показники, що призводить до недостатніх результатів оптимізації. Оптимізація колонії мурах імітує поведінку мурах у пошуках їжі. Цей метод може всебічно враховувати безліч факторів, як-от довжина шляху, обмеження часового вікна і т. д., і дозволяє отримати схему оптимізації, що відповідає реальній ситуації, яку можна використовувати для вирішення складних завдань.

Автор [11] запропонував модель оптимізації колій на основі генетичного алгоритму для врахування невизначеності несподіваних ситуацій у міських дорожніх мережах під час розподілу в ланцюзі постачання. Процес був спрямований на зниження транспортних витрат, а модель оптимізації логістичного шляху з жорстким вікном постачання була розроблена для динамічного вирішення шляху.

Для ланцюжків поставок швидкопсувних вантажів була розроблена модель [12], яка одночасно контролює витрати, здатність реагувати на ринковий попит і вплив ланцюжка поставок на навколишнє середовище. Біюкі М., Каземі А., Алінежад А. [13] представили ще одну модель для дворівневого ланцюжка поставок, яка дозволяє мінімізувати витрати та вплив на навколишнє середовище. Крім того, ця модель також забезпечує високе завантаження логістичної системи та контроль доставки з урахуванням часових обмежень.

У статті [14] автори представили математичну модель для дворівневого ланцюга доставки швидкопсувних продуктів, яка включає задачі маршрутизації транспортних засобів із кількома часовими періода-

ми. Вона спрямована на зменшення витрат на транспортування та максимізацію задоволеності клієнтів, мінімізуючи втрату свіжості швидкопсувних товарів.

Автори [15] розробили математичну модель доставки швидкопсувних вантажів в місті, що дає змогу уникати заторів на дорогах та визначити час та кількість транспортних засобів, необхідних для виконання завдання. Головною перевагою моделі є те, що вона найкраще забезпечує головну концепцію доставки «ціна–час–відстань»; недоліком моделі є те, що вона не враховує час на навантаження–розвантаження, які значною мірою впливають на загальний час розвезення.

Особливої ваги за теперішніх умов набуває застосування діджитал-технологій [16], оцифрованої інформації та нейронної мережі на основі штучного інтелекту, які надають додаткові можливості для удосконалення процесів доставки вантажів та прийняття оптимальних рішень при плануванні доставки швидкопсувних вантажів.

Мета статті

Метою цієї роботи є розробка та використання методики комплексного удосконалення процесу доставки швидкопсувних вантажів, що полягає у визначенні раціональних розвізних маршрутів для обраної сукупності транспортних засобів з різною вантажністю. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- провести програмну реалізацію алгоритму вибору маршрутів руху для автомобілів різної вантажності з визначенням основних техніко-експлуатаційних та техніко-економічних показників ефективності процесу доставки швидкопсувних вантажів;
- провести експериментальні дослідження щодо

удосконалення процесу доставки швидкопсувних вантажів та визначити основні шляхи реалізації поставленої мети.

Виклад основного матеріалу

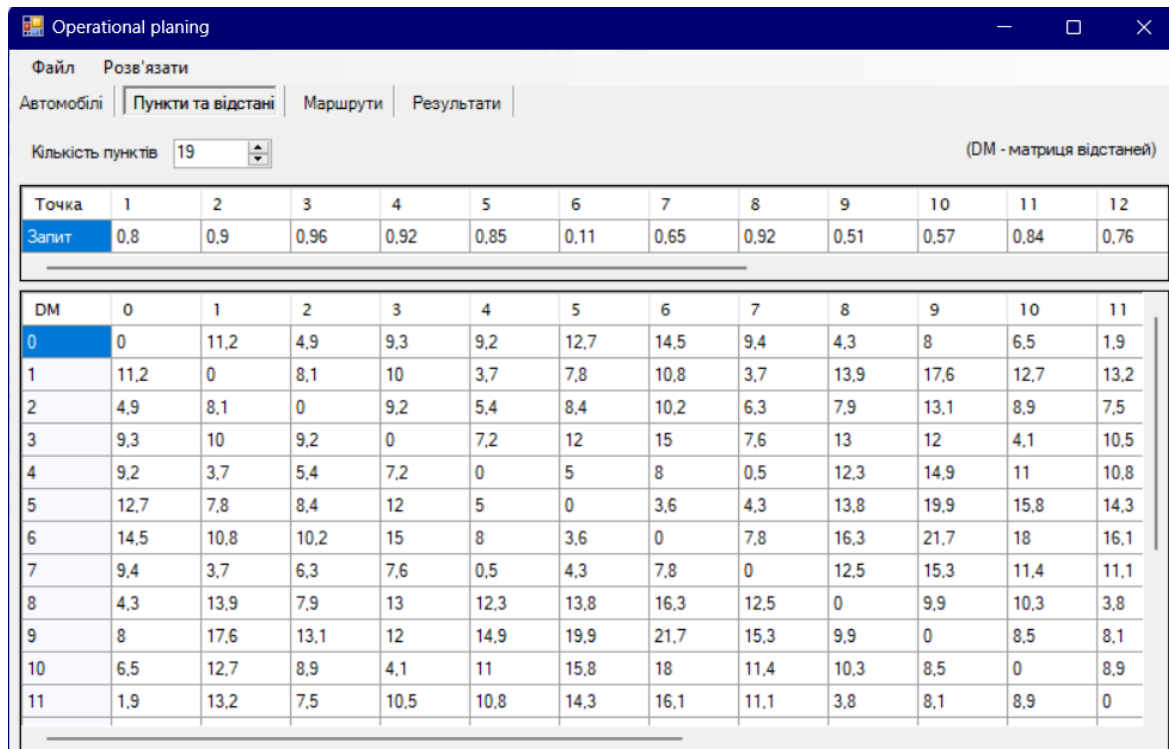
При складанні маршрутів для транспортних засобів, що виконують перевезення швидкопсувних вантажів, є можливість знизити транспортні витрати та забезпечити доставку вантажів у найкоротший час. Для цього використовуються різні методи маршрутизації перевезень. Розробка оптимальних маршрутів дозволяє своєчасно та безперебійно постачати товари. Однак використання розвізних маршрутів створює іншу проблему: велика кількість пунктів розвантаження призводить до збільшення простоїв і впливає на час доставки. Одним зі способів вирішення цієї проблеми є побудова маршруту з оптимальною кількістю пунктів розвантаження.

Для вирішення задачі побудови раціональних розвізних маршрутів при доставці швидкопсувних вантажів для обраної сукупності транспортних засобів з різною вантажністю побудовано алгоритм та виконано програмну реалізацію на мові програмування Python.

Для розробленого програмного забезпечення «Operational Planning» вхідними даними є вантажність сукупності автомобілів, показники, що характеризують технічні та економічні характеристики транспортних засобів та умов виконання процесу доставки швидкопсувних вантажів (технічна швидкість транспортного засобу, час навантаження та розвантаження, змінні та постійні складові витрат) (рис. 1). Також як вихідні дані використовується матриця найкоротших відстаней між пунктами заванозу та обсяг заванозу вантажів за кожним пунктом, які будуть включені до розвізних маршрутів (рис. 2).

Марка автомобіля	Номінальна вантажність автомобіля (т)	Технічна швидкість автомобіля (км/год)	Постійні витрати (грн/год)	Змінні витрати (грн/км)
Renault Master	1,5	32	80	15
Mercedes-Benz Sprinter	2	30	80	16
Ford Transit	2,5	28	90	17
Volkswagen Crafter	3	28	100	20
Iveco Daily	3,5	27	100	21
Hyundai HD 65	4	25	110	22
IMAN 10.150	4,5	26	120	23
MAN 8.180	5	26	140	24

Рис. 1. Інтерфейс програмного забезпечення: введення вхідних даних за транспортними засобами



Operational planing

Файл Розв'язати

Автомобілі Пункти та відстані Маршрути Результати

Кількість пунктів 19 (DM - матриця відстаней)

Точка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Запит	0.8	0.9	0.96	0.92	0.85	0.11	0.65	0.92	0.51	0.57	0.84	0.76

DM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	11.2	4.9	9.3	9.2	12.7	14.5	9.4	4.3	8	6.5	1.9
1	11.2	0	8.1	10	3.7	7.8	10.8	3.7	13.9	17.6	12.7	13.2
2	4.9	8.1	0	9.2	5.4	8.4	10.2	6.3	7.9	13.1	8.9	7.5
3	9.3	10	9.2	0	7.2	12	15	7.6	13	12	4.1	10.5
4	9.2	3.7	5.4	7.2	0	5	8	0.5	12.3	14.9	11	10.8
5	12.7	7.8	8.4	12	5	0	3.6	4.3	13.8	19.9	15.8	14.3
6	14.5	10.8	10.2	15	8	3.6	0	7.8	16.3	21.7	18	16.1
7	9.4	3.7	6.3	7.6	0.5	4.3	7.8	0	12.5	15.3	11.4	11.1
8	4.3	13.9	7.9	13	12.3	13.8	16.3	12.5	0	9.9	10.3	3.8
9	8	17.6	13.1	12	14.9	19.9	21.7	15.3	9.9	0	8.5	8.1
10	6.5	12.7	8.9	4.1	11	15.8	18	11.4	10.3	8.5	0	8.9
11	1.9	13.2	7.5	10.5	10.8	14.3	16.1	11.1	3.8	8.1	8.9	0

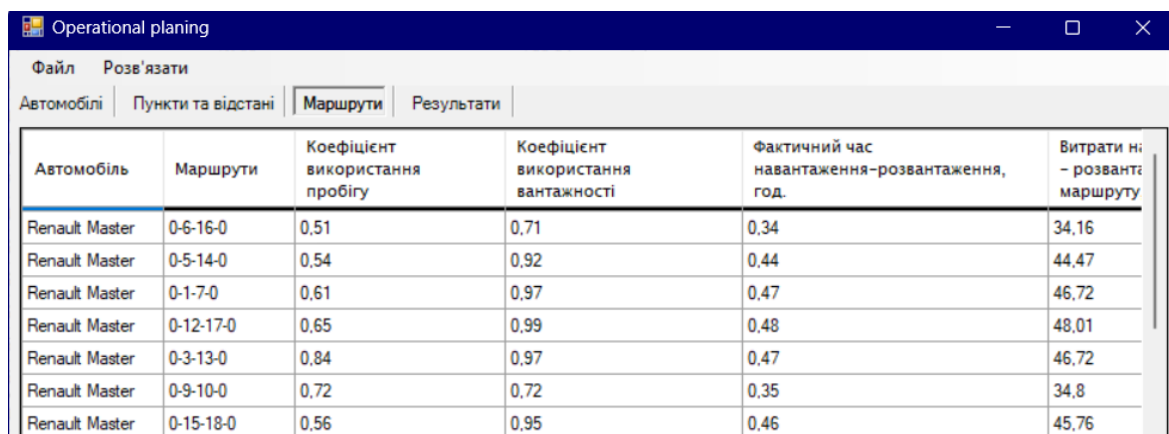
Рис. 2. Інтерфейс програмного забезпечення: введення вхідних даних за пунктами заводу та відстанями доставки

Після введення вхідних даних будуються розвізні маршрути руху транспортних засобів методом Кларка–Райта та визначаються усі необхідні техніко-експлуатаційні показники (коефіцієнт використання пробігу, коефіцієнт використання вантажності, час навантаження–розвантаження, час доставки вантажу) (рис. 3) та техніко-економічні показники (витрати на виконання навантажувально-розвантажувальних операцій, витрати на транспортування та загальні витрати, пов'язані з доставкою вантажу).

З урахуванням критеріїв загальних витрат на доставку вантажів та загального часу доставки вантажів обирається оптимальна марка рухомого складу з відповідною вантажністю, та будується для

цього автомобіля графік заводу вантажів (рис. 4), що включає послідовність заїзду автомобіля в пункти заводу, часові характеристики та необхідні елементи, що пов'язані з відпочинком та перервами для водія.

Запропонована методика комплексного удосконалення процесу доставки швидкопсувних вантажів була апробована при доставці продукції підприємства ТОВ «Харківський молочний комбінат». За пункти завезення приймалися 19 великих торговельних пунктів, що розташовані в Салтівському районі міста Харків. Для відповідних обсягів завезення побудовано розвізні маршрути та обрано раціональну марку рухомого складу.



Operational planing

Файл Розв'язати

Автомобілі Пункти та відстані Маршрути Результати

Автомобіль	Маршрути	Коефіцієнт використання пробігу	Коефіцієнт використання вантажності	Фактичний час навантаження–розвантаження, год.	Витрати н: – розвантаження маршруту
Renault Master	0-6-16-0	0.51	0.71	0.34	34,16
Renault Master	0-5-14-0	0.54	0.92	0.44	44,47
Renault Master	0-1-7-0	0.61	0.97	0.47	46,72
Renault Master	0-12-17-0	0.65	0.99	0.48	48,01
Renault Master	0-3-13-0	0.84	0.97	0.47	46,72
Renault Master	0-9-10-0	0.72	0.72	0.35	34,8
Renault Master	0-15-18-0	0.56	0.95	0.46	45,76

Рис. 3. Результати розрахунків із визначення маршрутів та раціональної марки рухомого складу

Operational planning							
Файл Розв'язати							
Автомобілі Пункти та відстані Маршрути Результати							
Автомобіль Ford Transit				Витрати на доставку, грн. 3457,94			
Маршрут	Час виїзду з АТП, год:хв	Час прибуття в пункт навантаження, год:хв	Кількість вантажу, т	Час виїзду з пункта навантаження, год:хв	Час прибуття в пункт навантаження, год:хв	Кількість вантажу, т	Час виїзду з пункта навантаження, год:хв
0-14-5-6-16-0	07:50	08:00	2,44	08:17	08:43	0,53	08:47
0-4-7-1-0		09:46	2,37	10:02	10:22	0,92	10:29
0-13-3-10-0		11:14	2,02	11:26	11:33	0,49	11:37
0-18-12-17-0		12:24	2,29	12:39	12:48	0,8	12:54
0-2-8-15-0		13:31	2,44	13:48	13:59	0,9	14:06
0-9-19-11-0		14:44	2,14	14:57	15:15	0,51	15:19

Рис. 4. Результати розрахунків із визначення розкладу руху транспортних засобів

У результаті розрахунків отримано значення за середнім коефіцієнтом використання пробігу, загального часу доставки та загальних витрат на доставку (рис. 5–7).

З отриманих розрахунків визначено, що максимальне значення середнього коефіцієнта використання пробігу досягається при застосуванні автомобілів вантажністю 4 т.

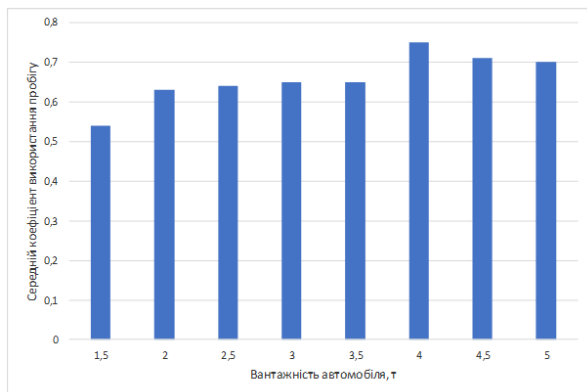


Рис. 5. Залежність середнього коефіцієнта використання пробігу від вантажності автомобіля



Рис. 6. Залежність загального часу доставки вантажів від вантажності автомобіля

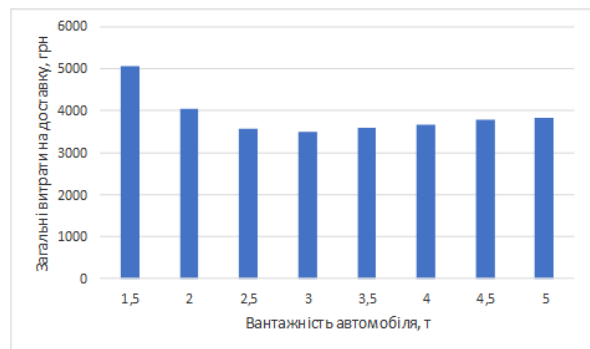


Рис. 7. Залежність загальних витрат на доставку вантажів від вантажності автомобіля

Час доставки вантажів зменшується зі збільшенням вантажності рухомого складу, але збільшення вантажності призводить і до збільшення загальних витрат на доставку вантажу. Мінімальні загальні витрати на доставку вантажів досягаються при застосуванні автомобілів вантажністю 3 тони.

Висновки

Запропонована методика комплексного удосконалення процесу доставки швидкопсувних вантажів, що полягає у визначенні раціональних розвізних маршрутів для обраної сукупності транспортних засобів з різною вантажністю, дозволяє підвищити ефективність доставки швидкопсувних вантажів завдяки зниженню витрат на доставку продукції та зниженню часу доставки, що впливає на рівень збереження таких вантажів.

Виконана програмна реалізація алгоритму вибору маршрутів руху для автомобілів різної вантажності з визначенням основних техніко-експлуатаційних та техніко-економічних показників ефективності процесу доставки швидкопсувних вантажів дозволяє оперативно, в режимі реального часу виконувати розрахунки та визначати раціональні

параметри транспортного процесу, та обирати доцільні маршрути та рухомий склад.

Для перевезення швидкопсувних вантажів рекомендується використовувати спеціалізований автомобіль з ізотермічним кузовом. У цій роботі визначено, що раціональним вибором для заданих умов є автомобіль з вантажопідйомністю 3 т.

Література

1. Deterioration control decision support for perishable inventory management [Electronic resource] / Ya Yang [et al.] // *Decision Support Systems*. – 2020. – Vol. 134. – P. 113308. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113308>.
2. Kalinichenko O. Improving the efficiency of delivery of perishable agricultural cargo in intercity transportation [Electronic resource] / O. Kalinichenko // *Municipal economy of cities*. – 2021. – Vol. 6, no. 166. – P. 190–195. – Mode of access: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-6-166-190-195>.
3. Nefyodov V., Kalinichenko O. Current status and current problems of the consumer goods delivery by automobile transport in cities. *Municipal economy of cities*. 2020. Vol. 3, no. 156. P. 17–21. URL: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-3-156-17-21>.
4. Emerging phase change cold storage technology for fresh products cold chain logistics [Electronic resource] / Mu Li [et al.] // *Journal of Energy Storage*. – 2024. – Vol. 88. – P. 111531. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.111531>.
5. Li D. A multi-objective model for cold chain logistics considering customer satisfaction [Electronic resource] / Dan Li, Kang Li // *Alexandria Engineering Journal*. – 2023. – Vol. 67. – P. 513–523. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.12.067>.
6. Research on Risk Diffusion Mechanism of Logistics Service Supply Chain in Urgent Scenarios / G. ZHANG et al. *Mathematical Problems in Engineering*. 2020. Vol. 2020. P. 1–12. URL: <https://doi.org/10.1155/2020/5906901>.
7. Giyosidinov A. Sh. Methodology of selection of efficient moving structure for transportation of fast destructive loads. *Open Access Repository*, 8(6), 2022. P. 68–72. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/KXQHB>.
8. Bi-Objective Multi-Period Vehicle Routing for Perishable Goods Delivery Considering Customer Satisfaction / X. Liang et al. *Expert Systems with Applications*. 2023. P. 119712. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119712>.
9. Genetic algorithm as a tool for solving optimisation problems / Y. Pyrih et al. *Information and communication technologies, electronic engineering*. 2023. Vol. 3, no. 2. P. 95–107. URL: <https://doi.org/10.23939/ict2023.02.095>.
10. A new bi-stage interactive possibilistic programming model for perishable logistics distribution systems under uncertainty / H. Gitinavard et al. *Expert Systems with Applications*. 2023. P. 122121. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122121>.
11. Optimization of Urban Traffic Distribution Path Under Quick Response Demand / F. Xiong et al. *Open House International*. 2018. Vol. 43, no. 1. P. 108–112. URL: <https://doi.org/10.1108/ohi-01-2018-b0022>.
12. Musavi M., Bozorgi-Amiri A. A multi-objective sustainable hub location-scheduling problem for perishable food supply chain. *Computers & Industrial Engineering*. 2017. Vol. 113. P. 766–778. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.07>.
13. Biuki M., Kazemi A., Alinezhad A. An integrated location-routing-inventory model for sustainable design of a perishable products supply chain network. *Journal of Cleaner Pro-*

duction. 2020. Vol. 260. P. 120842. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120842>.

14. WANG Nengmin, LIANG Xinyue, ZHANG Meng, HE Zhengwen. Vehicle Routing Problem of Multi-trips for Perishable Product Delivery with Considering Individual Customer Satisfaction [J]. *Operations Research and Management Science*, 2024, 33(4): 14–20.

15. Performance management of perishable food supply chain systems based on the volatility of the logistics cycle / V. T et al. *The National Transport University Bulletin*. 2020. Vol. 2, no. 47. P. 47–58. URL: <https://doi.org/10.33744/2308-6645-2020-2-47-047-058>.

16. Sevidova, V., Salnikov, Y., & Kalinichenko O. Application of digital technologies in the delivery of cargo in international traffic. *Municipal Economy of Cities*, 3(177), 200–205. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-3-177-200-205>.

References

1. Deterioration control decision support for perishable inventory management [Electronic resource] / Ya Yang [et al.] // *Decision Support Systems*. – 2020. – Vol. 134. – P. 113308. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113308>
2. Kalinichenko O. Improving the efficiency of delivery of perishable agricultural cargo in intercity transportation [Electronic resource] / O. Kalinichenko // *Municipal economy of cities*. – 2021. – Vol. 6, no. 166. – P. 190–195. – Mode of access: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-6-166-190-195>
3. Nefyodov V., Kalinichenko O. Current status and current problems of the consumer goods delivery by automobile transport in cities. *Municipal economy of cities*. 2020. Vol. 3, no. 156. P. 17–21. URL: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-3-156-17-21>
4. Emerging phase change cold storage technology for fresh products cold chain logistics [Electronic resource] / Mu Li [et al.] // *Journal of Energy Storage*. – 2024. – Vol. 88. – P. 111531. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.111531>
5. Li D. A multi-objective model for cold chain logistics considering customer satisfaction [Electronic resource] / Dan Li, Kang Li // *Alexandria Engineering Journal*. – 2023. – Vol. 67. – P. 513–523. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.12.067>
6. Research on Risk Diffusion Mechanism of Logistics Service Supply Chain in Urgent Scenarios / G. ZHANG et al. *Mathematical Problems in Engineering*. 2020. Vol. 2020. P. 1–12. URL: <https://doi.org/10.1155/2020/5906901>
7. Giyosidinov A. Sh. Methodology of selection of efficient moving structure for transportation of fast destructive loads. *Open Access Repository*, 8(6), 2022. P. 68–72.
8. Bi-Objective Multi-Period Vehicle Routing for Perishable Goods Delivery Considering Customer Satisfaction / X. Liang et al. *Expert Systems with Applications*. 2023. P. 119712. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119712>
9. Genetic algorithm as a tool for solving optimisation problems / Y. Pyrih et al. *Information and communication technologies, electronic engineering*. 2023. Vol. 3, no. 2. P. 95–107. URL: <https://doi.org/10.23939/ict2023.02.095>
10. A new bi-stage interactive possibilistic programming model for perishable logistics distribution systems under uncertainty / H. Gitinavard et al. *Expert Systems with Applications*. 2023. P. 122121. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122121>
11. Optimization of Urban Traffic Distribution Path Under Quick Response Demand / F. Xiong et al. *Open House International*. 2018. Vol. 43, no. 1. P. 108–112. URL: <https://doi.org/10.1108/ohi-01-2018-b0022>
12. Musavi M., Bozorgi-Amiri A. A multi-objective sustain-

- able hub location–scheduling problem for perishable food supply chain. *Computers & Industrial Engineering*. 2017. Vol. 113. P. 766–778. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.07>
13. Biuki M., Kazemi A., Alinezhad A. An integrated location–routing–inventory model for sustainable design of a perishable products supply chain network. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 260. P. 120842. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120842>
14. WANG Nengmin, LIANG Xinyue, ZHANG Meng, HE Zhengwen. Vehicle Routing Problem of Multi-trips for Perishable Product Delivery with Considering Individual Customer Satisfaction [J]. *Operations Research and Management Science*, 2024, 33(4): 14-20.
15. Performance management of perishable food supply chain systems based on the volatility of the logistics cycle / V. T et al. *The National Transport University Bulletin*. 2020. Vol. 2, no. 47. P. 47–58. URL: <https://doi.org/10.33744/2308-6645-2020-2-47-047-058>
16. Sevidova, V., Salnikov, Y., & Kalinichenko O. Application of digital technologies in the delivery of cargo in international traffic. *Municipal Economy of Cities*, 3(177), 200–205. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-3-177-200-205>

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.С. Наглюк, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна.

Автор: КАЛІНІЧЕНКО Олександр Петрович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – kttkap@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9024-3668>

Автор: ЧЕРЕПАХА Олександр Сергійович
кандидат технічних наук, асистент кафедри транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – a.cherepaha@tek-europa.com.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6129-1945>

Автор: СЕВІДОВА Вікторія Віталіївна
аспірант кафедри транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – v.i.k.y.s.y.a067@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4806-4743>

Автор: САЛЬНИКОВ Єгор Костянтинівич
аспірант кафедри транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – salnikovego@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6018-1638>

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF PERISHABLE GOODS DELIVERY IN THE CITY OF KHARKIV

O. Kalinichenko, O. Cherepakha, V. Sevidova, Ye. Salnikov
Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

The article analyses the existing methods for building perishable goods delivery technologies and identifies strategies to study the prospects for developing perishable goods delivery systems, which allowed the authors to formulate the research objective in this development. The chosen topic is quite relevant since the formation of rational transport and technological schemes for the delivery of perishable goods allows for increasing the efficiency of resource use, decreasing the cost of their delivery, and reducing the delivery time of perishable goods. One of the ways to improve the efficiency of perishable goods delivery and reduce delivery time is to determine rational distribution routes and rational brands of rolling stock. The study established that foreign scientists have proposed solutions related to the construction of transport and technological schemes for the delivery of perishable goods, taking into account the choice of vehicles and routes for the delivery of goods. Most of these solutions focused on determining the appropriate loading capacity of rolling stock and the optimal delivery routes for perishable goods. A result of the conducted research was a proposed methodology for a comprehensive improvement of the perishable goods delivery process, consisting of determining rational distribution routes for a selected set of vehicles with different loadings. The authors implemented the software for the algorithm for choosing routes for vehicles of various capacities with the definition of the core technical and operational and technical and economic indicators of efficiency of the delivery process of perishable goods. The software implementation of the algorithm for selecting routes for vehicles of different capacities with the determination of the core technical and operational and technical and economic indicators of the efficiency of the delivery process of perishable goods allows one to quickly, in real-time, perform calculations and determine the rational parameters of the transport process and choose the appropriate routes and rolling stock.

Keywords: perishable goods, cargo delivery, distribution routes, truck capacity, costs.