

Ю.О. Давідіч, А.С. Галкін, Д.П. Понкратов, Є.І. Куш, Г.О. Самчук

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ Е-КАРГО БАЙКІВ ДЛЯ СТАЛОЇ ДОСТАВКИ ПОШТОВНИХ ВАНТАЖІВ В МІСТАХ

Стаття присвячена формуванню логістичної системи постачання вантажів з використанням «зелених технологій». Проведена оцінка доцільності використання розподільного центру з певними параметрами ланцюга поставок. Обґрунтовано доцільність використання вантажних електровелосипедів на передбачуваному місці розташування міського логістичного центру. Виявлено, що раціональне розташування розподільного центру забезпечує мінімальну транспортну роботу під час перевезення вантажів на будь-яку вантажопідйомність велосипеда. Для оцінки ефективності електричного вантажного велосипеда в якості критерію використовувався обсяг транспортної роботи, виконаної з використанням одиниці ємності акумуляторної батареї.

Ключові слова: логістичний центр, електричний велосипед, розподільчий центр, ефективність, поставка, зелена технологія.

Постановка проблеми

Збільшення кількості міських жителів призводить до збільшення потреби в матеріальних потоках і мобільності населення. Великі міста постійно мають потребу в постачанні товарів в торгові точки [1]. Це призводить до збільшення кількості транспортних засобів на дорожній мережі міст. Основною проблемою в сфері економічної політики розвитку транспорту є невідповідність між розвитком потенціалу транспортного комплексу і зростанням валового суспільного продукту [2]. Вплив транспорту на навколишнє середовище може приймати різні форми. До них відносяться споживання енергії і пов'язані з ним викиди шкідливих речовин, які негативно впливають на клімат, здоров'я людей, екосистеми і будівлі; шумове забруднення; землекористування для інфраструктури; фрагментація природних середовищ існування. Міське середовище мегаполісу впливає на можливість доступу до місць постачання через перевантаженість міського простору та інфраструктури [3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Зростання кількості вантажних автомобілів в містах стрімко зростає. Цьому сприяє система виробництва і розподілу, заснована на низьких запасах і своєчасних поставках. Муніципальна влада намагається вирішити проблему збільшення кількості транспортних засобів через їх негативного впливу на навколишнє середовище і здоров'я міських жителів. Крім того, експлуатація

транспортних засобів призводить до погіршення якості доріг. Функціонування міського вантажного транспорту покликане забезпечити оборот товарів між постачальниками, виробниками і кінцевими споживачами. Для вирішення цієї проблеми пропонується використовувати логістичні центри для забезпечення безперервної роботи великих торгових мереж. Логістична система управляє операціями переміщення матеріальних потоків, використовуючи потенціал вантажного транспорту для сталого розвитку міста [5]. При цьому муніципальна влада повинна відігравати ключову роль у створенні умов, що стимулюють функціонування великих логістичних компаній за рахунок інтеграції вантажоперевезень у ваш ланцюг поставок. Метою сучасних систем постачання товарів є організація процесу доставки вантажопотоку кінцевим споживачам і оптимізація його параметрів. Головну роль в цьому відіграє вирішення проблеми управління ланцюгами поставок [6]. Створення міського логістичного центру – один із шляхів вирішення транспортної проблеми міст, що є одним із кроків до сталого зростання міської логістики.

Наразі стратегія розвитку міста передбачає створення комфортного та безпечного середовища в місті для забезпечення високої якості життя всіх груп громадян та задоволення їх щоденних потреб [7]. Кінцевою метою планування роботи логістичної системи міст є ефективна робота автотранспорту при забезпеченні попиту на перевезення з мінімально можливим впливом на умови міського руху [8, 9, 10]. Планування вантажоперевезень часто

здійснюється не на регулярній основі, в залежності від попиту на перевезення [11]. Це обумовлює необхідність застосування випадкових методів планування спільно з аналоговими. Залежність параметрів вантажоперевезень від попиту призвела до появи клієнтоорієнтованого підходу до організації логістичного обслуговування міських жителів, який активно розвивається в рамках глобальної тенденції сучасної промислової революції [12]. Орієнтація на інтереси клієнтів призвела до підвищення ефективності ланцюгів поставок. Сучасним підприємствам необхідно вибудовувати інтегровані ланцюжки поставок, що вимагають добре розвиненої інфраструктури і легкодоступних додаткових послуг, спираючись на логістику як мережеву технологію. Це дозволяє знизити загальні витрати учасників мережі, генерувати додатковий дохід і підвищити конкурентоспроможність підприємства. Використання додаткових терміналів або мікрохабів дає можливість підвищити стійкість та ефективність міського вантажного транспорту та один з можливих кроків у вирішенні проблеми багатосекторальної кооперації [13]. Кілька завершених проєктів з розподільчим центром показують інноваційні варіанти використання сучасних технологій, таких як динамічна маршрутизація, розподіл зони навантаження та розширена аналітика даних. Сучасні дослідження в області вантажних перевезень в містах тільки починають розуміти роль, яку нові технології відіграють в трансформації стійких логістичних практик. В даний час відбувається перехід логістичних і транспортних систем міст від екстенсивного розвитку через формування нової дорожньої мережі і збільшення кількості транспортних засобів до моделі «міста для людей» з використанням інформаційних систем [14, 15].

Метою статті є формування логістичної системи доставки поштових вантажів з використанням «зелених технологій». Для досягнення мети виникає необхідність вирішення таких завдань: розробка методики визначення раціонального місця знаходження логістичного розподільчого центру поштових вантажів з використанням «зелених» технологій; визначення параметрів логістичних послуг для споживачів поштових вантажів з використанням «зелених» технологій.

Виклад основного матеріалу

Логістичне обслуговування споживачів поштових вантажів за «зеленою» технологією передбачає визначення параметрів транспортного процесу за допомогою транспортного засобу з електроенергетичною установкою. Основними

параметрами вантажоперевезень є характеристики маршрутів. Характеристики маршрутів визначаються місцем розташування розподільного центру і вантажопідйомністю транспортних засобів. Розташування розподільного центру визначає характеристики маршрутів по довжині. Вантажопідйомність транспортного засобу визначає характеристики маршрутів за транспортною роботою.

Вибір раціонального розташування розподільного центру може мати вирішальне значення для ефективності, результативності та прибутковості клієнтського досвіду. При проектуванні конкретної логістичної системи можливе місце розташування логістичного центру визначається наявністю вільної території з відповідними економічними і соціальними параметрами. Як правило, завжди можливі альтернативні локації. В цьому випадку доцільно вибирати місце розташування, використовуючи показники обслуговування клієнтів.

Кількість і конфігурація маршрутів розподілу залежить від обсягів доставки вантажів, місця розташування вантажовідправника і вантажоодержувачів, а також від вантажопідйомності транспортних засобів. Кожна локація розподільного центру визначає кількість маршрутів, відстань перевезення, обсяг перевезень на кожній ділянці маршрутів.

В результаті пропонується використовувати величину транспортної роботи рухомого складу як показник, що враховує ці складові. Таким чином, цільову функцію вибору місця розташування логістичного центру можна представити таким чином:

$$P_{zi} = \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^U Q_{mu}^{zi} l_{mu}^{zi} \rightarrow \min, \quad (1)$$

Ω : $0,1 < Q_{mu}^{zi} < 1500\text{кг}$; $0,1 < l_{mu}^{zi} < 15\text{км}$.
де P_{zi} - транспортна робота при використанні z -го логістичного центру та i -го велосипеда, ткм;

Q_{mu}^{zi} – обсяг перевезення вантажів на ділянці u маршруту m при використанні z -го логістичного центру та i -го велосипеда, т;

l_{mu}^{zi} – довжина ділянки u маршруту m при використанні z -го логістичного центру та i -го велосипеда, км;

M – кількість маршрутів для перевезення вантажів при використанні z -го логістичного центру та i -го велосипеда, од;

U – кількість ділянок на маршруті m при використанні z -го логістичного центру та i -го велосипеда, т.

При цьому обсяг транспортної роботи залежить від параметрів маршрутів перевезення вантажів і рухомого складу. Таким чином, рішення завдання вибору місця розташування логістичного центру має вирішуватися одночасно з вирішенням проблеми маршрутизації і вибору вантажопідйомності транспортного засобу. При використанні зелених технологій електричні вантажні велосипеди розглядаються як транспортні засоби.

Наступний етап передбачає оцінку вантажного електровелосипеду з урахуванням технологічних параметрів. Необхідно розглянути можливі моделі велосипедів і для кожної з них визначити технологічні параметри транспортного процесу. Значення необхідних параметрів отримують при вирішенні завдання маршрутизації перевезення вантажів. Однак організація транспортного процесу є багатокритеріальним завданням. З одного боку, процес транспортування повинен мати необхідні технологічні параметри результатів виконання.

Згідно проекту LEFV-Logic [16, 17] Існує три типи транспортних засобів, які менші, ніж розвізний фургон, і можуть перевозити до 750 кг:

- вантажні велосипеди з електричним супроводом педалей - вантажопідйомність 50-350 кг, маса транспортного засобу 20-170 кг;

- електромопеди з педалями і без критої кабіни - вантажопідйомність 100-500 кг, маса автомобіля 50-600 кг;

- компактний електричний автомобіль - вантажопідйомність 200-750 кг, маса транспортного засобу 300-1000 кг.

Велосипеди є альтернативою звичайних транспортних засобів. Вони не тільки зменшують рівень шуму при русі на дорозі, а й скорочують викиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Сучасна транспортна наука визначає широкий перелік показників порівняльної оцінки рухомого складу конкретних моделей транспорту. Одним з таких показників продуктивність (годинна, змінна, річна). При визначенні продуктивності порівнюваного транспортного засобу такі показники, як час в наряді, коефіцієнт використання пробігу, коефіцієнт використання вантажопідйомності й відстань перевезення вантажу, що характеризують умови роботи рухомого складу, приймаються в розрахунках однаковими по величині. Показники - технічна швидкість руху, вантажопідйомність і час простою під навантаженням і розвантаженням, що характеризують даний тип і модель транспортного засобу, можуть бути різними по величині відповідно до норм пробігу й нормами часу простоїв під навантаженням і розвантаженням. Зі зменшення відстані перевезення різниця у величині продуктивності транспортного засобу великої

вантажопідйомності в порівнянні з середньої й малої вантажопідйомності скорочується. Вибір рухомого складу тільки по показнику продуктивності не є остаточним, тому що не завжди транспортні засоби, що мають більшу продуктивність, забезпечують мінімальні експлуатаційні витрати.

Показник продуктивності не відбиває економічну ефективність використання транспортних засобів. Тому для остаточного рішення цього завдання необхідно провести порівняння обраних моделей по таких економічних показниках, як собівартість і рентабельність перевезень.

Собівартість перевезень є узагальнюючим показником при оцінці ефективності використання тієї або іншої моделі рухомого складу в роботі. Тому економічно ефективним буде той рухомий склад, у якого величина собівартості перевезень буде мінімальною. При порівнянні рухомого складу за собівартістю перевезень остання повинна бути розрахована для конкретних умов перевезень при заданих коефіцієнтах використання пробігу й використання вантажопідйомності.

Другим показником оцінки економічної ефективності використання різного рухомого складу є рентабельність перевезень, що розраховується як відношення прибутку до вартості виробничих фондів. Однак визначити цей показник по рухомому складу різних моделей досить складно, тому що при цьому необхідно знати вартість виробничих фондів (основних і нормованих оборотних), що доводяться на транспортний засіб кожної моделі.

При виборі моделі електровелосипедів для перевезення вантажів необхідно визначитися з додатковими показниками ефективності. Деякі дослідники пропонують використовувати вартість експлуатації електричного вантажного велосипеда, яка становить \$9,20 за годину як критерій оцінки ефективності використання вантажних електровелосипедів [18, 19]. Це також передбачає, що простішим способом вимірювання ефективності електромобіля є ват-година на милю (ват-година (Вт-год)/миль) [20]. При цьому вартість експлуатації вантажного велосипеда оцінюється не в грошових одиницях, а в енергетичних одиницях. Якщо припустити, що витрати на утримання велосипеда і зарплата водія не залежать від вантажопідйомності і технічних характеристик, такий підхід має право на життя і може бути використаний при визначенні ефективності використання різних марок вантажних електровелосипедів. Однак оцінка тільки енергетичних параметрів велосипедів не враховує продуктивність велосипедів. Різні моделі велосипедів мають свою, строго певну вантажопідйомність. Величина вантажопідйомності

буде визначати продуктивність велосипеда, визначена в тонах і тонно-кілометрах. Тому критерій ефективності повинен включати в себе як енергетичні параметри, так і експлуатаційні параметри, а також пробіг. В якості критерію ефективності електричного вантажного велосипеда пропонується використовувати обсяг виконуваної транспортної роботи при використанні одиниці ємності акумуляторної батареї, ткм/ Втг:

$$E_i = \frac{P_i}{N_i \cdot B_i}, \quad (2)$$

де P_i - транспортна робота при використанні i -го велосипеда, ткм;

N_i - кількість зарядів акумулятора i -го велосипеда, необхідних для виконання транспортної роботи, од;

B_i - ємність батареї i -го велосипеда, Втг.

Кількість зарядок велосипедної батареї, необхідних для виконання транспортної роботи, можна визначити наступним чином:

$$N_i = \frac{L_i}{l_{b_i}}, \quad (3)$$

де L_i - загальний пробіг при виконанні транспортних робіт i -м велосипедом, км;

l_{b_i} - відстань, на яку вистачає ємності батареї i -го велосипеда, км.

Обсяг транспортної роботи визначається рішенням завдання маршрутизації перевезення вантажів для кожної можливої вантажопідйомності велосипедів.

Таким чином, використання в якості критерію обсягу виконуваних транспортних робіт при використанні одиниці ємності акумулятора дозволить вибрати раціональний транспортний засіб

з урахуванням технологічних параметрів логістичного процесу.

Для апробації запропонованого способу логістичного обслуговування споживачів поштових вантажів за «зеленою» технологією необхідна практична реалізація. З цією метою було поставлено завдання визначити параметри логістичних послуг для споживачів поштових вантажів у місті Пардубіце (Чехія).

Пардубіце є важливим промисловим центром. Населення міста становить понад 90 000 чоловік. Площа міста становить 82,66 км². У місті представлені хімічна, машинобудівна та електротехнічна промисловість. При організації роботи транспорту в місті основний упор робиться в основному на екологію. Парк техніки громадського транспорту включає низько підлогові транспортні засоби, що працюють на стиснутому природному газі. Пардубіце також є важливим автомобільним транспортним вузлом. У місті часті пробки, тому слід ввести в експлуатацію нову транспортну систему, яка б розвантажила рух транспорту в місті. Використання ефективного розподільчого центру для перевезення поштових вантажів та електровелосипедів може позитивно вплинути на вирішення цієї проблеми.

Вихідними даними для визначення ефективного місця розташування розподільчого центру є обсяг трафіку по кожному відправнику і місце розташування споживачів.

Для визначення кількості трафіку, який можуть перевозитися велосипедами, були використані наступні обмеження:

- 1) Обсяг перевезень не більше 1500 кг.
- 2) Відстань перевезення не більше 15 км.

На підставі цих обмежень були визначені обсяги перевезень, які можуть перевозитися велосипедами (табл. 1).

Таблиця 1

Обсяг перевезень, який можна виконувати велосипедами

Найменування відправника	Загальний обсяг перевезень, кг	Обсяг перевезень, який можна виконувати велосипедами, кг	Відсоток обсягу перевезень, які будуть обслуговуватися велосипедами, від загальної кількості вантажу, %
Відправник 1	2996	364	12,1
Відправник 2	9384	6116	65,2
Відправник 3	13717	2971	21,7
Відправник 4	15278	14011	91,9

Аналіз табл. 1 дозволив зробити висновок, що обсяг перевезень, які можна перевозити велосипедами, істотно варіюється в залежності від обсягу перевезень між відправником і споживачами. Наприклад, відправник ALZA має найнижчий

відсоток обсягу перевезень, які будуть обслуговуватися велосипедами від загальної кількості вантажу.

Рішення проблеми визначення найбільш ефективного розподільчого центру здійснювалося з

урахуванням можливої вантажопідйомності використовувати для перевезення поштових електровелосипедів. Було підбрано ряд велосипедів вантажів. Параметри цих велосипедів наведені в табл. 3.

Таблиця 2

Параметри електричних вантажних велосипедів, використаних при дослідженні

№ п.п.	Модель	Пробіг на одному заряді батареї, м	Вантажопідйомність, грам	Вага велосипеда з батареєю, грам	Ємність батареї, Вт-год
1	Clamber Carbat 24	30000	150000	22000	320
2	TERN HSD P9	130000	170000	26000	400
3	TERN GSD S10	250000	200000	34000	400
4	GEPIDA Cargo	170000	200000	32000	800
5	Urban Arrow Shorty Cargo LINE	45000	225000	43000	500
6	MAXPRO PARCEL MATE	100000	250000	64000	250
7	Urban Arrow Cargo XL CARGO LINE	45000	275000	52000	500

На наступному етапі було проведено моделювання процесу перевезення вантажів в м. Пардубіце при перевезенні вантажів велосипедами різної вантажопідйомності для всіх відправників при використанні у якості розподільчого центру Micro-hub 1 (Пардубіце tř. Пардубіце I-Zelené Předměstí, Чехія) або Micro-hub 2 (Semtínská, Пардубіце VII, Чехія).

У якості вхідної інформації було використано наступні данні:

- характеристика дорожньої мережі, що містить інформацію про криволінійність дорожньої мережі та способи об'їзду перешкод;

- характеристика клієнтів, що містить інформацію про вантажний центр (центральный пункт) та його клієнтів, а саме - код, назву та поштову адресу, координати місця розташування на масштабній карті району перевезення;

- характеристика товару, що містить характеристики товарів, що обробляються в вантажному центрі, а саме: найменування вантажу, його клас, співвідношення маси і обсягу одиниці вантажу, норма простою при навантаженні і розвантаженні одиниці вантажу.

В результаті моделювання було отримано маршрути розвезення вантажів за допомогою спеціального програмного забезпечення. Для кожної моделі велосипеда в залежності від його вантажопідйомності було отримано маршрути перевезення.

Параметри маршрутів перевезення вантажів велосипедами різної вантажопідйомності для відправника DACH при використанні в якості розподільного центру Micro-hub 1 наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Параметри маршрутів перевезення вантажів велосипедами різної вантажопідйомності для відправника 3 при використанні в якості розподільного центру Мікро-хаб 1

Параметри	Вантажопідйомність велосипеда, грам					
	150000	170000	200000	225000	250000	275000
Кількість маршрутів, од	22	20	15	15	13	12
Кількість пунктів заїзду, од	24	23	19	17	16	14
Загальний пробіг, км	124	117	97	94	85	65
Пробіг з вантажем, км	63	61	59	57	53	34
Обсяг перевезення, кг	2972	2972	2727	2727	2722	2727
Транспортна робота, ткм.	8,8	8,7	10,3	10,0	10,6	8,5

Таким чином, результати моделювання дозволили отримати дані про загальний пробіг, обсяг перевезень і транспортної роботи при перевезенні вантажів велосипедами різної вантажопідйомності для всіх відправників, які використовують в якості

розподільчого центру Micro-hub 1 і Micro-hub 2. В якості критерію вибору розподільчого центру використовувався обсяг транспортних робіт. Результати розрахунку транспортних робіт для кожного розподільчого центру наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Результати розрахунку транспортної роботи по кожному Micro-hub

Вантажопідйомність велосипеда, грам	Транспортна робота Micro-hub 1, ткм	Транспортна робота Micro-hub 2, ткм
150000	85	111
170000	87	114
200000	93	116
225000	102	126
250000	107	129
275000	108	132

Таким чином, результати моделювання дозволили отримати дані про загальний пробіг, обсяг перевезень і транспортної роботи при перевезенні вантажів велосипедами різної вантажопідйомності для всіх відправників, які використовують в якості розподільчого центру Micro-hub 1 і Micro-hub 2.

Як видно з табл. 4, відповідно до залежності (1), мінімальна транспортна робота буде при використанні Micro-hub 1 для будь-якої вантажопідйомності велосипеда. В результаті

доцільно використовувати його для організації перевезення поштових вантажів в місті Пардубіце.

На наступному етапі дослідження було здійснено відбір раціонального електровелосипеду для перевезення поштових вантажів. На першому етапі, використовуючи результати моделювання, було проведено підбір велосипеда для кожного відправника при використанні Micro-hub 1 та Micro-hub 2 як розподільчого центру. Результати розрахунків для наведено в табл. 5, 6.

Таблиця 5

Результати розрахунку критерію ефективності велосипедів при використанні Micro-hub 1

Вантажопідйомність, кг.	150000	170000	200000	200000	225000	250000	275000
Загальний пробіг, км	1191	1107	984	984	936	894	846
Пробіг на одному заряді, м	30000	130000	250000	170000	45000	100000	45000
Кількість зарядок, од	21	9	4	6	21	9	19
Ємність батареї, Вт-год	320	400	400	800	500	250	500
Транспортна робота, ткм.	84	86	92	92	101	106	108
E , ткм/ Вт-год	0,01	0,03	0,06	0,02	0,01	0,05	0,01
Ранг велосипеда	7	3	1	4	6	2	5

Таблиця 6

Результати розрахунку критерію ефективності велосипедів при використанні Micro-hub 2

Вантажопідйомність, кг.	150000	170000	200000	200000	225000	250000	275000
Загальний пробіг, км	1505	1382	1235	1235	1169	1090	1021
Пробіг на одному заряді, м	30000	130000	250000	170000	45000	100000	45000
Кількість зарядок, од	50	11	5	7	26	11	23
Ємність батареї, Вт-год	320	400	400	800	500	250	500
Транспортна робота, ткм.	110	113	115	115	125	126	131
E , ткм/ Вт-год	0,01	0,03	0,06	0,02	0,01	0,05	0,01
Ранг велосипеда	7	3	1	4	6	2	5

Таким чином, за значенням критерію ефективності розподіл велосипедів для кожного відправника відповідає розподілу для всієї їх сукупності. Це пов'язано з тим, що ефективність кожної марки велосипеда відповідно до запропонованого критерію (обсяг виконаних транспортних робіт при використанні одиниці ємності акумулятора, ткм/Вт·год) визначається його технічними характеристиками, а саме вантажопідйомністю, пробігом на одному заряді батареї і ємністю батареї. Найбільш ефективним вважається велосипед TERN GSD S10 з вантажопідйомністю 200 кг і ємністю батареї 400 Втг.

Висновки

Запропонована організація перевезення поштових вантажів із застосуванням «зелених технологій» показала свою перевагу в міських умовах. Використання розподільного центру для цих цілей мінімізує пробіг транспортних засобів, що дає можливість використовувати велосипеди. В якості цільової функції пропонувалося використовувати мінімальну транспортну роботу для перевезення вантажів. Для визначення її величини використовувалися методи маршрутного моделювання перевезення вантажів. Результати дослідження показують обґрунтованість запропонованої цільової функції вибору місця розташування розподільного центру в місті Пардубіце. Виявлене місце розташування розподільного центру забезпечує мінімальну транспортну роботу під час перевезення вантажів для будь-якої вантажопідйомності велосипеда. При плануванні розташування міського розподільного центру було враховано вимоги до використання електричних транспортних засобів. Пропонується використовувати вантажні електровелосипеди, діапазон оцінки яких визначалася вантажопідйомністю. При цьому при визначенні обсягу перевезень, які можна перевозити велосипедами, використовувалися обмеження на обсяг і відстань перевезення. Виходячи з порівняння технічних характеристик велосипедів, необхідно було враховувати, крім продуктивності, величину пробігу на одному заряді батареї і її ємність. Це дозволило зробити висновок, що ефективність використання велосипеда повинна визначатися виходячи з енергетичних параметрів, продуктивності і пробігу. Запропонованим критерієм ефективності роботи вантажного електровелосипеда є величина транспортної роботи, яка виконується з використанням одиниці ємності акумуляторної батареї. Значення цього критерію визначається технічними характеристиками велосипеда, а саме

вантажопідйомністю, пробігом на одному заряді акумулятора і ємністю акумулятора. Значення критерію ефективності визначило ранги велосипедів з урахуванням технологічних параметрів. Було визначено, що найбільш ефективним вважається велосипед TERN GSD S10 з вантажопідйомністю 200 кг і ємністю батареї 400 Втг.

Література

1. Crainic T. G., Ricciardi N., Storchi G. (2004) Advanced freight transportation systems for congested urban areas. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 12, 119-137. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2004.07.002>
2. Davidich Y., Galkin A., Davidich N., Filina-Dawidowicz L. (2019) Improving the safety of urban freight deliveries by organization of the transportation process considering driver's state. *Transportation Research Procedia*, 39, 54-63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.007>
3. Davidich N., Galkin A., Sabadash V., Chumachenko I., Melenchuk T., Davidich Y. (2020) Projecting of urban transport infrastructure considering the human factor. *Communications-Scientific letters of the University of Zilina*, 22, 1, 84-94. <http://dx.doi.org/10.26552/com.C.2020.1.84-94>
4. The Rise of Mobility as a Service. Deloitte Retrieved from: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/consumer-business/deloitte-nl-cbths-rise-of-mobility-as-a-service.pdf>
5. Davidich Y., Galkin A., Iwan S., Kijewska K., Chumachenko I., Davidich N. (2021) Monitoring of urban freight flows distribution considering the human factor. *Sustainable Cities and Society*, 75. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103168>
6. Ширяєва С.В. Дослідження логістичних ланцюгів постачань при виконанні міжнародних автомобільних перевезень вантажів [Текст] / Ширяєва С.В., Свірін Д.О. // Вісник Національного транспортного університету. 2017. № 1(37). – С. 459-466.
7. Полянський Ю. Стала міська мобільність як чинник трансформації міського простору Львова [Текст] / Полянський Ю., Карпишин М., Артимович П. // Економічна та соціальна географія. – Київ, 2022. – Вип. 88. – С. 40-47. <https://doi.org/10.17721/2413-7154/2022.88.40-47>
8. Aakil M. Caunhye, Xiaofeng Nie, Shaligram Pokharel (2012) Optimization models in emergency logistics: A literature review. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46, 1, 4-13. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.04.004>
9. Crainic T.G. (2000) Network Design in Freight Transportation. *European Journal of Operational Research*, 122(2), 272-288.
10. Crainic T.G., Florian M. (2008) National Planning Models and Instruments. *INFOR*, 46(4), 81-90. <http://dx.doi.org/10.3138/infor.46.4.299>
11. Davidich N., Melenchuk T., Kush Y., Davidich Y., Lobashov O., Galkin A. (2018) Modelling Truck's Transportation Speed on the Route Considering Driver's State. *Transportation Research Procedia*, 30, 207-215. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.09.023>
12. Shcherbakov V., Silkina G. (2021) Supply Chain Management Open Innovation: Virtual Integration in the Network Logistics System Open Innov. *Technol. Mark. Complex*, 7, 54. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2199-8531/7/1/54>.
13. Katsela K, Güne S., Fried T., Goodchild A., Browne M. (2022) Defining Urban Freight Microhubs: A Case Study Analysis. *Sustainability*, 14, 532. <https://doi.org/10.3390/su14010532>.

14. The road to seamless urban mobility. Retrieved from: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/the-road-to-seamless-urban-mobility>.
15. Davidich N., Chumachenko I., Davidich Y., Hanieva T., Artsybasheva N., Melenchuk T. (2020) Advanced Traveller Information Systems to Optimizing Freight Driver Route Selection. *13th International Conference on Developments in Systems Engineering (DeSE)*, 111-115. <http://dx.doi.org/10.1109/DeSE51703.2020.9450763>
16. Milenković, M., Knežević, N., Martínez de Yuso, A., Bojović, N. (2020) Methodological framework for the development of urban electric cargo bike system in shipment distribution. *Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel*, Beograd, 1. i 2. decembar 2020. <https://doi.org/10.37528/FTTE/9788673954318/POSTEL.2020.004>
17. Moolenburgh, E. A., Van Duin, J. H. R., Balm, S., Van Altenburg, M., & Van Amstel, W. P. (2020) Logistics concepts for light electric freight vehicles: A multiple case study from the Netherlands. *Transportation Research Procedia*, 46, 301-308. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.194>.
18. Sheth, M., Butrin, P., Goodchild, A., McCormack, E. (2019) Measuring delivery route cost trade-offs between electric-assist cargo bicycles and delivery trucks in dense urban areas. *Sheth et al. European Transport Research Review*. <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0349-5>.
19. "An Analysis of the Operational Costs of Trucking: 2016 Update." (2016) American Transportation Research Institute, 1–41. Retrieved from: <https://truckingresearch.org/wp-content/uploads/2016/10/ATRI-Operational-Costs-of-Trucking-2016-09-2016.pdf>
20. Giddings, M. A (2009) Quiet Revolution in Bicycles: Recapturing a Role as Utilitarian People-Movers. Retrieved from: https://web.archive.org/web/20110814041034/http://culturechange.org/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=506&Itemid=1
7. Polianskyi, Yu., Karpysyn, M., & Artymovych, P. (2022). Sustainable urban mobility as a factor of urban space transformation in Lviv. *Ekonomichna ta Sotsialna Geografiya*, 88, 40–47. <https://doi.org/10.17721/2413-7154/2022.88.40-47>
8. Aakil M. Caunhye, Xiaofeng Nie, Shaligram Pokharel (2012) Optimization models in emergency logistics: A literature review. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46, 1, 4-13. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.04.004>
9. Crainic T.G. (2000) Network Design in Freight Transportation. *European Journal of Operational Research*, 122(2), 272–288.
10. Crainic T.G., Florian M. (2008) National Planning Models and Instruments. *INFOR*, 46(4). 81–90. <http://dx.doi.org/10.3138/infor.46.4.299>
11. Davidich N., Melenchuk T., Kush Y., Davidich Y., Lobashov O., Galkin A. (2018) Modelling Truck's Transportation Speed on the Route Considering Driver's State. *Transportation Research Procedia*, 30, 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.09.023>
12. Shcherbakov V., Silkina G. (2021) Supply Chain Management Open Innovation: Virtual Integration in the Network Logistics System Open Innov. *Technol. Mark. Complex*, 7, 54. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2199-8531/7/1/54>.
13. Katsela K, Güne S., Fried T., Goodchild A., Browne M. (2022) Defining Urban Freight Microhubs: A Case Study Analysis. *Sustainability*, 14, 532. <https://doi.org/10.3390/su14010532>.
14. The road to seamless urban mobility. Retrieved from: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/the-road-to-seamless-urban-mobility>.
15. Davidich N., Chumachenko I., Davidich Y., Hanieva T., Artsybasheva N., Melenchuk T. (2020) Advanced Traveller Information Systems to Optimizing Freight Driver Route Selection. *13th International Conference on Developments in Systems Engineering (DeSE)*, 111-115. <http://dx.doi.org/10.1109/DeSE51703.2020.9450763>
16. Milenković, M., Knežević, N., Martínez de Yuso, A., Bojović, N. (2020) Methodological framework for the development of urban electric cargo bike system in shipment distribution. *Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel*, Beograd, 1. i 2. decembar 2020. <https://doi.org/10.37528/FTTE/9788673954318/POSTEL.2020.004>
17. Moolenburgh, E. A., Van Duin, J. H. R., Balm, S., Van Altenburg, M., & Van Amstel, W. P. (2020) Logistics concepts for light electric freight vehicles: A multiple case study from the Netherlands. *Transportation Research Procedia*, 46, 301-308. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.194>.
18. Sheth, M., Butrin, P., Goodchild, A., McCormack, E. (2019) Measuring delivery route cost trade-offs between electric-assist cargo bicycles and delivery trucks in dense urban areas. *Sheth et al. European Transport Research Review*. <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0349-5>.
19. "An Analysis of the Operational Costs of Trucking: 2016 Update." (2016) American Transportation Research Institute, 1–41. Retrieved from: <https://truckingresearch.org/wp-content/uploads/2016/10/ATRI-Operational-Costs-of-Trucking-2016-09-2016.pdf>
20. Giddings, M. A (2009) Quiet Revolution in Bicycles: Recapturing a Role as Utilitarian People-Movers. Retrieved from: https://web.archive.org/web/20110814041034/http://culturechange.org/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=506&Itemid=1

References

1. Crainic T. G., Ricciardi N., Storchi G. (2004) Advanced freight transportation systems for congested urban areas. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 12, 119-137. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2004.07.002>
2. Davidich Y., Galkin A., Davidich N., Filina-Dawidowicz L. (2019) Improving the safety of urban freight deliveries by organization of the transportation process considering driver's state. *Transportation Research Procedia*, 39, 54–63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.007>
3. Davidich N., Galkin A., Sabadash V., Chumachenko I., Melenchuk T., Davidich Y. (2020) Projecting of urban transport infrastructure considering the human factor. *Communications-Scientific letters of the University of Zilina*, 22, 1, 84-94. <http://dx.doi.org/10.26552/com.C.2020.1.84-94>
4. The Rise of Mobility as a Service. Deloitte Retrieved from: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/consumer-business/deloitte-nl-cbths-rise-of-mobility-as-a-service.pdf>
5. Davidich Y., Galkin A., Iwan S., Kijewska K., Chumachenko I., Davidich N. (2021) Monitoring of urban freight flows distribution considering the human factor. *Sustainable Cities and Society*, 75. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103168>
6. Shyriaieva S., Svirin D. (2017) Research logistics supply chain in the performance of international road transportation of goods. *The National Transport University Bulletin: A Scientific and Technical Journal*, 1 (37), 459–466.

Рецензент: доктор техн. наук, проф. В. В. Воронько, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ДАВІДІЧ Юрій Олександрович
доктор технічних наук, професор, професор кафедри транспортних систем і логістики Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – davidich_tsl@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4136-4084>

Автор: ГАЛКІН Андрій Сергійович
доктор технічних наук, професор, професор кафедри транспортних систем і логістики Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – galkin.tsl@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3505-6170>

Автор: ПОНКРАТОВ Денис Павлович
доктор технічних наук, доцент, професор кафедри транспортних систем і логістики Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – dpponkratov@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3777-040X>

Автор: КУШ Євген Іванович
кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри транспортних систем і логістики Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – yevhen.kush@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9439-7357>

Автор: САМЧУК Ганна Олександрівна
кандидат технічних наук, старший викладач кафедри транспортних систем і логістики Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – ganna.samchuk@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9890-6374>

DETERMINATION OF LOGISTICS PARAMETERS OF E-CARGO BIKES FOR SUSTAINABLE DELIVERY OF POSTAL CARGO IN CITIES

Yu. Davidich, A. Galkin, D. Ponkratov, Y. Kush, G. Samchuk
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The article is devoted to formation of parameters of logistics system of cargo transportation using «green technologies». The feasibility of using a distribution center with certain parameters of the supply chain is assessed. The solution of the problem of choosing the location of the logistics center was solved simultaneously with solving the problem of routing and choosing the carrying capacity of the vehicle. The number and configuration of transportation routes depends on the volume of cargo delivery, the location of the consignor and consignees, as well as on the carrying capacity of vehicles. Each location of the distribution center determines the number of routes, the distance of transportation, the volume of traffic on each section of the routes. As a result, it was proposed to use the value of the transport work of rolling stock as an indicator that takes into account these components. The initial data for determining the effective location of the distribution center is the volume of traffic for each sender and the location of consumers. In connection with the current trends in the development of "green technologies" in urban logistics, the question of the feasibility of using freight electric bicycles at the proposed location of the city logistics center was considered. When using green technology, electric cargo bicycles were considered as vehicles. The solution to the problem of determining the most efficient distribution center was carried out taking into account the possible carrying capacity of electric bicycles. A number of bicycles with different carrying capacities that can be used to transport mail cargo were selected. It was revealed that the rational location of the distribution center ensures minimal transport work during the transportation of goods to any carrying capacity of the bicycle. To assess the effectiveness of an electric cargo bike, the amount of transport work performed using a battery capacity unit was used as a criterion. The value of this criterion is determined by the technical characteristics of the bike, namely carrying capacity, mileage on a single battery charge and battery capacity. The value of the efficiency criterion determined the ranks of bicycles taking into account technological parameters.

Keywords: logistics center, electric bike, distribution center, efficiency, supply, green technology.