

В.В. Воронько¹, А.С. Галкін¹, Ю.О. Давідіч¹, Д.П. Понкратов¹, М.Д. Швець²

¹Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Україна

²Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ Е-КАРГО БАЙКІВ В ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ З УРАХУВАННЯМ СУБ'ЄКТИВНОЇ ОЦІНКИ ВОДІЙ

Стаття присвячена визначенню показника якості вантажних електричних велосипедів в логістичних системах з урахуванням суб'єктивної оцінки водіїв. Проведено вибір параметрів вантажних електричних велосипеда та обґрунтовано їх значущість для водіїв. Визначено Значення коефіцієнтів вагомості одиничних показників якості вантажних електричних велосипедів. Формалізовано комплексний показник якості вантажного електричного велосипеда. Наведено рейтинги вантажних електричних велосипедів.

Ключові слова: логістика, зелена технологія, електричний велосипед, водій, параметр, значущість, показник якості.

Постановка проблеми

Питання розвитку міста нерозривно пов'язано з розвитком його логістичної та транспортної систем. Міські вантажоперевезення і міська логістика займають важливе місце в економічному житті міст [1]. Вони забезпечують функціонування всіх підприємств міста. Водночас, незважаючи на свою позитивну роль, транспорт негативно впливає на мешканців міста. Його використання призводить до ряду економічних та екологічних проблем [2]. Вантажівки конкурують з індивідуальним громадським транспортом та зменшують пропускну здатність вулиць. Це спричиняє перешкоди для пасажирського транспорту та зниження якості життя мешканців міста. У той же час, вантажні перевезення в районах міста негативно впливають на навколишнє середовище через шкідливі викиди в атмосферу, додатковий шум та інші впливи [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Значну роль у зниженні негативного впливу на навколишнє середовище через шкідливі викиди в атмосферу відіграє тип транспортного засобу, який використовується для переміщення матеріального потоку в логістичній системі [4]. Використання неекологічних вантажівок в даний час є минулим етапом розвитку логістичних систем. Існуючі наукові тенденції включають використання більш сучасних транспортних засобів - вантажних електричних велосипедів [5].

Сучасні дослідження в галузі міського вантажного транспорту лише починають враховувати нові технології у трансформації сталих логістичних практик. В даний час відбувається

перехід логістичних і транспортних систем міст від екстенсивного розвитку через формування нової вулично-дорожньої мережі і збільшення кількості транспортних засобів до моделі «міста для людей» [6]. Відповідно до цієї моделі виділяють чотири основні тенденції у формуванні міської мобільності: зв'язок, автономність, спільне використання та електрифікація. Раніше було визначено низку напрямів для підвищення ефективності міської мобільності та логістики. Це угруповання замовлень, управління поверненням товару, використання центрів консолідації, консолідація товарів за допомогою онлайн-сервісів для максимального завантаження автотранспорту, доставка вантажів у вечірні та нічні години, доставка дрібних товарів велосипедами, використання пунктів видачі з коробками для клієнтів [7, 8]. На думку дослідників, дані про розвиток мобільності у великому місті, які використовуються по всьому ланцюжку поставок, дозволяють не тільки знизити витрати на доставку вантажів на 25-50%, але і скоротити шкідливі викиди більш ніж на 30%, а при використанні електрифікованих транспортних засобів і зовсім виключити їх [9].

Скорочення викидів вуглецю та використання економіки замкнутого циклу є ключовими завданнями для розробників «зелених технологій». Одним з напрямків розвитку цих технологій є використання екологічно чистих транспортних засобів, які не мають негативного впливу на навколишнє середовище і сприяють зменшенню присутності забруднюючих газів в атмосфері. Сучасна тенденція використання «зелених технологій» в логістиці зумовлює необхідність вивчення формування системи постачання в містах.

Для зниження негативного впливу транспортних систем на навколишнє середовище дослідники пропонують використовувати елементи зеленої технології - електричні вантажні цикли [10]. Під терміном «вантажний цикл» дослідники розуміють ряд адаптованих циклів, призначених для перевезення вантажів [11, 12]. Сучасні технології призвели до появи електронних вантажних циклів (E-cargo). В теперішній час для перевезення вантажу використовуються різні цикли E-cargo. Розглядається використання різних діапазонів акумуляторів, вантажопідйомності та обсягів. В даний час цикли E-cargo зазвичай використовуються для перевезення від 50 до 250 кг вантажу і мають запас ходу акумулятора до 50-80 км [11, 13].

Дослідники відокремлюють різні категорії транспортних засобів в залежності від кількості колес: двоколісні, трайки (триколісні велосипеди) і квадроцикли (чотириколісні велосипеди). Чотириколісні велосипеди також існують, хоча в багатьох країнах їм зазвичай не дозволено використовувати велосипедні доріжки [11]. Виходячи з типу конструкції транспортного засобу дослідники перераховують п'ять різних циклів E-cargo, а саме: велосипед доставки «delivery bike», довгий велосипед «long john bike», велосипед з довгим хвостом «longtail bike», триколісний велосипед з переднім навантаженням «front load tricycle» і триколісний велосипед з важким навантаженням «heavy-load tricycle» [14].

Інші дослідники наводять дані, що циклічна логістика була визначена як життєздатна альтернатива моторизованим транспортним засобам завдяки використанню стандартних велосипедів з людським або електричним приводом, вантажних велосипедів і вантажних триколісних велосипедів [15]. Дослідження можливості використання вантажних велосипедів показали, що вони можуть замінити до 10% звичайних фургонів в районах з максимальними транспортними відстанями до 2 км. Крім того, вплив шкідливих викидів можна знизити до 73%. Також впровадження електричних вантажних велосипедів в міську логістичну діяльність дозволяє отримати до 25% економії коштів [16].

Доцільність використання транспортних засобів з електричним приводом з точки зору перевізника пропонується визначати з урахуванням різних критеріїв, таких як технічні особливості, фінансові та нематеріальні стимули для закупівлі та експлуатації, системи регулювання вантажних перевезень, організації міської логістики У той же час, можливість використання вантажних електричних велосипедів розглядаються з урахуванням часткової підзарядки [18, 19]. Для оцінки

ефективності вантажного електричного велосипеда в якості критерію було запропоновано використовувати обсяг транспортної роботи, виконаної з використанням одиниці ємності акумуляторної батареї [1].

Однак, кожен водій транспортного засобу є оператором системи «водій – транспортний засіб – дорога – середовище». При проектуванні транспортного процесу необхідно узгодження всіх внутрішніх засобів діяльності, таких як властивості, стани, психічні процеси, а також зовнішніх засобів діяльності, таких, як дорога, транспортний засіб [20]. Вплив наявних зовнішніх факторів визначає витрати праці водія, що пов'язано з пристосуванням до середовища з урахуванням динамічних обмежень і функціональних норм [21]. За відсутності можливості пристосування людини до умов праці, доцільно умови праці пристосувати до можливостей людини [22]. Незважаючи на важливість питання врахування людського фактору в транспортному процесі, ергономічні особливості транспортних засобів не вивчалися при проектуванні параметрів вантажоперевезень з використанням електровелосипедів. Оцінити ергономічні параметри велосипедів можна виходячи з думки водіїв щодо зручності їх використання. Внаслідок цього, при виборі електричних велосипедів для реалізації «зелених» технологій» доцільно враховувати суб'єктивну оцінку водіїв щодо їх властивостей.

Формулювання мети статті

Метою статті є обґрунтування параметрів вантажного електровелосипеда з урахуванням суб'єктивної оцінки водіїв щодо їх властивостей, найбільш доцільних для організації логістичної системи доставки вантажів з використанням «зелених технологій». Для досягнення мети виникає необхідність вирішення таких завдань: розробка методики оцінки параметрів вантажних електричних велосипедів з урахуванням суб'єктивної оцінки водіїв щодо їх властивостей, математична формалізація показника якості вантажних електричних велосипедів з урахуванням суб'єктивної оцінки водіїв.

Виклад основного матеріалу

Якість електричного вантажного велосипеда визначається їх експлуатаційними характеристиками. Цими характеристиками водії електричних велосипедів постійно користуються при перевезенні вантажів. Усі показники якості велосипеда водії оцінюють з різним рівнем значущості. Визначити рівень значущості для водіїв

параметрів якості велосипеда можливо шляхом проведення обстежень.

Для обстеження значущості експлуатаційних характеристик як показників якості можливо використовувати анкетний метод, оснований на заповненні спеціальних анкет-опитувальників серед водіїв велосипедів. Для проведення обстежень була розроблена анкета, яка приведена на рис. 1.

Ви виконуєте перевезення вантажів, і можете скористатися будь-яким видом електричного велосипеда. Якими експлуатаційними характеристиками для оцінювання якості велосипеда Ви будете користуватися?

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____

Рис. 1. Анкета опитування водіїв щодо експлуатаційних характеристик для оцінювання якості вантажного електричного велосипеда

Обстеження можливо проводити на підприємствах, які займаються перевезенням вантажів електричними велосипедами. Воно полягає в опитуванні водіїв, в ході якого від них вимагається вказати експлуатаційні характеристики, які, за їх думкою, впливають на якість велосипеда. Відповіді водіїв можливо фіксувати в анкеті (рис. 1). При цьому, кількість експлуатаційних характеристик, які вказуються кожним водієм, може не обмежуватися.

Після опитування водіїв необхідна обробка даних опитування. На наступному етапі можливо визначити відсоткову частка від загальної кількості зазначених критеріїв.

Визначення значущості факторів, які, за думкою водіїв, характеризують якість вантажного електричного велосипеда, можливо з використання відповідної анкети. В якості експертів можуть виступали водії, яким пропонується оцінити фактори за шкалою від найбільш значущого, тобто присвоїти ранг 1 самому значущому (на думку водіїв) фактору, до найменш значущого. Вид анкети, яка може бути використана при проведенні опитування значущості факторів, наведено на рис. 2.

Наступним етапом дослідження є виконання обробки даних проведеного обстеження. Для цього можливо використовувати метод експертних оцінок. Оцінка узгодженості думок експертів може бути проведена за допомогою коефіцієнта конкордації Кендела [23].

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (1)$$

При здійсненні перевезення вантажів, як Ви оцінюєте якість вантажного електричного велосипеда?

Розташуйте зазначені фактори від найбільш значущого, на вашу думку, до найменш

Номер фактору	Фактори	Порядок значущості
1		
2		
-		
n-1		
n		

Рис. 2. Анкета опитування водіїв щодо оцінки значущості факторів, які визначають якість вантажного електричного велосипеда

де m – кількість експертів;

n – кількість факторів;

S – сума квадратів відхилення, що визначається наступним чином:

$$S = \sum_{j=1}^n (X_j - X_{sr})^2, \quad (2)$$

де X_j – сума рангів по j -му фактору;

X_{sr} – середня сума рангів, що визначається наступним чином:

$$X_{sr} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n}. \quad (3)$$

Якщо отримане значення коефіцієнта конкордації $W > 0,5$, це вказує на узгодженість думок експертів.

Для перевірки статистичної ваги коефіцієнта конкордації необхідно визначити емпіричне значення критерію Пірсона за формулою:

$$\chi^2 = \frac{12S}{mn(n+1)}. \quad (4)$$

При узгодженні думок експертів розрахункове значення критерію Пірсона повинно бути більше табличного.

Для розробки показника оцінки якості вантажного електричного велосипеда можливо використовувати значущість факторів, отримані за

результатами опитування водіїв. Для розрахунку можна використовувати їх суми рангів.

Було зроблено припущення, що максимальне значення коефіцієнта якості повинно дорівнювати одиниці. Внаслідок цього, сума всіх коефіцієнтів вагомості одиничних показників якості вантажного електричного велосипеда дорівнює одиниці та має наступний вигляд:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1, \quad (5)$$

де x_i – коефіцієнт вагомості i -го одиничного показника якості;

n – кількість одиничних показників якості.

Для того, щоб залежність (5) виконувалася, значення рангів оцінки факторів повинно змінюватись пропорційно їх внеску в суму рангів всіх факторів якості. В зв'язку з тим, що найбільш значущі фактори мають найменший ранг, в розрахунках може бути використана величина, зворотна значенню рангу, яку можна визначити за залежністю:

$$x_i = \frac{\frac{1}{R_i}}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j}}, \quad (6)$$

де R_i – рангова величина i -го показника якості.

Для оцінки якості вантажного електричного велосипеда за одиничними показниками пропонується використовувати відношення фактичного значення показника до максимального, або мінімального до фактичного, в залежності від напрямку впливу показника на якість.

В наслідок цього, комплексний показник якості вантажного електричного велосипеда може бути представлений у наступному вигляді:

$$K_{\text{я}}^{\text{ев}} = \left(\frac{\Phi_{1f}}{\Phi_{1\max}} \right)^{x_1} \cdot \left(\frac{\Phi_{if}}{\Phi_{i\max}} \right)^{x_i} \cdot \dots \cdot \left(\frac{\Phi_{n-1f}}{\Phi_{n-1\max}} \right)^{x_{n-1}} \cdot \left(\frac{\Phi_{nf}}{\Phi_{nf}} \right)^{x_n}, \quad (7)$$

де $K_{\text{я}}^{\text{ев}}$ – комплексний показник якості вантажного електричного велосипеда;

x_i – коефіцієнт вагомості i -го фактору, $i = \overline{1, n}$;

$\Phi_{i\max}$ – максимально можливе значення i -го фактору;

$\Phi_{i\min}$ – мінімальна можливе значення i -го фактору;

n – кількість факторів, од.

Даний тип моделі дозволяє враховувати відхилення реальних значень показників якості від найбільш раціональних. Чим ближче реальні значення до раціональних, тим вище якість велосипеда. Крім того, використання цих факторів дозволяє враховувати суб'єктивну оцінку водіїв. Таким чином, даний тип моделі дозволяє комплексно врахувати співвідношення реальних і раціональних технологічних параметрів, а також думка водіїв про важливість кожного параметра. З використанням запропонованого виду показника якості вантажного електричного велосипеда можливо проведення оцінки якості велосипедів, які розглядалися для перевезення вантажів.

З використанням описаних етапів було проведено визначення комплексного показника якості вантажного велосипеда. Для отримання вихідної інформації з використанням анкети, наведеної на рис. 1, було проведено обстеження. Під час опитування було враховано думки 40 водіїв велосипедів.

Після опитування водіїв проводилась обробка отриманих даних. Всі характеристики, які були вказані водіями, були зведені у групи за спільною ознакою. Результати обстеження наведено у табл. 1.

Таблиця 1.
Результати опитування водіїв щодо критеріїв оцінки якості вантажного електричного велосипеда

Номер фактору	Критерії	Частка від загальної кількості вказаних критеріїв, %
1	Вантажопідйомність	19,7
2	Пробіг на одному заряді акумулятора	15,5
3	Розміри вантажного відсіку	12,4
4	Тип сидла	11,3
5	Вага велосипеда	10,8
6	Кількість швидкостей	9,3
7	Ємність акумулятора	8,1
8	Максимальний кут підйому	7,6
9	Кількість коліс	5,3

На наступному етапі для відібраних груп була визначена відсоткова частка від загальної кількості зазначених критеріїв (табл. 1).

В ході опитувань водіїв, було визначено, що якість якості вантажного електричного велосипеда визначається такими критеріями, як вантажопідйомність, вага, розміри вантажного відсіку, ємність акумулятора, пробіг на одному заряді акумулятора, кількість коліс та інші. Після того, як було визначено фактори, які впливають на якість вантажного електричного велосипеда, було визначено їх значущість для водіїв. Такий показник, як розміри вантажного відсіку визначають вантажопідйомність, тому ці два показники були зведені в єдиний. Крім того, такий фактор, як тип сидла є якісним показником. Внаслідок цього, його було виключено за переліку факторів. Крім того, фактор ємність акумулятора пов'язаний з фактором пробіг на одному заряді акумулятора. Внаслідок цього фактор ємність акумулятора було виключено з подальших досліджень. Фактор максимальний кут підйому пов'язаний з фактором кількість швидкостей. Чим більша кількість швидкостей, ти більш велосипед пристосований до їзди за різним рельєфом місцевості.

Значущість факторів, які, за думкою водіїв, характеризують якість вантажного електричного велосипеда, визначалася з використанням анкети, яка наведена на рис. 2. Далі проводилася обробка даних проведеного обстеження за раніш наведеною методикою. Результати розрахунків представлено в табл. 2.

Таблиця 2.

Результати аналізу опитування експертів

Номер фактору u	Найменування фактору	Показник	
		X_j	X_{sr}
1	Вантажопідйомність	52	128,4
2	Пробіг на одному заряді акумулятора	87	
3	Вага велосипеда	169	
4	Кількість швидкостей	180	
5	Кількість коліс	154	

Отримане значення коефіцієнта конкордації, яке було розраховане за залежністю (6), $W = 0,78$, вказує на узгодженість думок експертів. Для визначення статистичної ваги коефіцієнта конкордації з використанням залежності (9) було

визначено розрахункове значення критерію $\chi^2 = 125,17$. При узгодженні думок експертів, розрахункове значення більше табличного (9,49) для рівня значимості 0,5 і числа ступенів свободи $m = 4$.

Після аналізу опитування експертів була побудована діаграма значущості факторів якості вантажного електричного велосипеда (рис. 3). На підставі її аналізу, також була визначена значущість факторів.

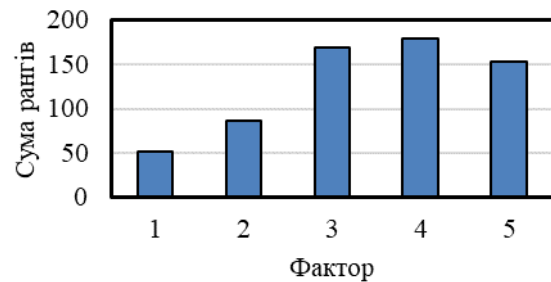


Рис. 3. Діаграма значущості факторів якості вантажного електричного велосипеда

Після проведення аналізу отриманих результатів зроблено висновок, що найважливішими факторами якості вантажного електричного велосипеда є вантажопідйомність. Цей фактор є значимим наслідок того, що водію велосипеда важно перевезти якнайбільше вантажів. Від цього залежить його зарплата.

Наступним значущим фактором пересувань є пробіг на одному заряді акумулятора. Значущість цього фактору полягає в тому, він визначає тривалість продуктивного періоду роботи велосипеда, протягом якого він рухається на маршруті, а не стоїть під зарядкою.

Третім важливим фактором, який впливає на якість вантажного електричного велосипеда, є кількість коліс, який пов'язано з зі стійкістю велосипеда. Велосипеди з трьома колесами більш стійкі і водіям легше підтримувати рівновагу.

Наступним значущим критерієм є вага велосипеда. Велика вага може призвести до більших зусиль водія для керування велосипедом.

Кількість швидкостей є немало важливим фактором, адже воно визначає динамічні характеристики велосипеда.

Таким чином, було зроблено висновок, що дані фактори у подальшому можна використовувати при оцінці якості вантажного електричного велосипеда.

Для розробки комплексного показника оцінки якості вантажного електричного велосипеда було використано діаграму значущості факторів, отримані за результатами опитування водіїв. Було використано п'ять основних показників, які

можливо використовувати при оцінці якості вантажного електричного велосипеда.

Оцінка значущості факторів проводилась з використанням значення сума рангів по кожному фактору. Проведені розрахунки показали, що вантажопідйомність має значення суми рангів – 52, пробіг на одному заряді акумулятора – 87, вага велосипеда – 169, кількість швидкостей – 180, кількість коліс – 154. В результаті розрахунків за залежністю (6) було отримано відповідні коефіцієнти вагомості одиничних показників якості. Для вантажопідйомності $x_{zp} = 0,395$, для пробігу на одному заряді акумулятора $x_{np} = 0,236$, для ваги велосипеда $x_{вс} = 0,122$, для кількості швидкостей $x_{кс} = 0,114$, для кількості коліс $x_{кк} = 0,133$.

Для оцінки якості вантажного електричного велосипеда за одиничними показниками вантажопідйомність, пробіг на одному заряді акумулятора, кількість швидкостей, кількість коліс запропоновано використовувати відношення фактичного значення показника до максимального. Для оцінки за одиничним показником вага велосипеда запропоновано використовувати відношення мінімального значення показника до фактичного.

В наслідок цього, показник якості вантажного електричного велосипеда може бути представлений у наступному вигляді:

$$K_{\kappa}^{ев} = \left(\frac{q_{\phi}}{q_{max}} \right)^{0,395} \cdot \left(\frac{l_{\phi}}{l_{max}} \right)^{0,236} \cdot \left(\frac{ш_{\phi}}{ш_{max}} \right)^{0,122} \cdot \left(\frac{\kappa_{\phi}}{\kappa_{max}} \right)^{0,114} \cdot \left(\frac{e_{min}}{e_{\phi}} \right)^{0,133}, \quad (8)$$

де $K_{\kappa}^{ев}$ – комплексний показник якості вантажного електричного велосипеда;

0,395; 0,236; 0,122; 0,114; 0,133 – коефіцієнти вагомості одиничних показників;

q_{max} – максимально можлива вантажопідйомність велосипеда, кг.;

q_{ϕ} – фактична вантажопідйомність велосипеда, кг.;

l_{max} – максимально можливий пробіг на одному заряду акумулятора, м;

l_{ϕ} – фактичний пробіг на одному заряду акумулятора, м;

$ш_{max}$ – максимальна кількість швидкостей велосипеда, од.;

$ш_{\phi}$ – фактична кількість швидкостей велосипеда, од.;

$\kappa_{0_{max}}$ – максимальна кількість коліс велосипеда, од.;

κ_{of} – фактична кількість коліс велосипеда, од.;

e_{min} – мінімальна вага велосипеда, кг.;

e_{ϕ} – максимальна вага велосипеда, кг.

Для перевірки запропонованого методу оцінки якості вантажних велосипедів було підібрано ряд велосипедів з різною вантажопідйомністю, які можна використовувати для перевезення вантажів. Параметри цих велосипедів наведені в табл. 2.

З використанням показника якості вантажного електричного велосипеда було проведено оцінку якості велосипедів, які можуть розглядатися для перевезення вантажів. Для рішення цього завдання було проведено збір значень одиничних показників якості (табл. 2).

Було підібрано ряд велосипедів з різною вантажопідйомністю, які можна використовувати для перевезення вантажів. Параметри цих велосипедів наведені в табл. 3. При розрахунку показників якості вантажних електричних велосипедів за залежністю (8) враховувались максимальні і мінімальні значення одиничних показників якості серед велосипедів, які досліджувались. Фактичні значення одиничних показників якості враховувались окремо для кожного велосипеда. Результати розрахунку показника якості наведено в табл. 2. Як видно з результатів розрахунків, велосипед TERN GSD S10 виявився найбільш доцільним для організації перевезень з точки зору водіїв. Він має найбільш необхідні значення суб'єктивних показників комфорту використання велосипеда.

Висновки

Аналіз методів проектування транспортних технологій показує, що в даний час процес перевезень проектується без достатнього врахування стану водія в системі «людина-техніка-середовище». У той же час відомо, що раціональні транспортні технології залежать від стану людини і навпаки, стан людини залежить від технології, що свідчить про їх взаємозв'язок. Для визначення рівня впливу зовнішніх факторів, які обумовлюють витрати праці водіїв, було виявлено показники їх суб'єктивної оцінки щодо властивостей велосипедів. Це дало змогу формалізувати показник якості електричних вантажних велосипедів. Запропонований вид показника якості дозволяє враховувати відхилення реальних значень параметрів якості від найбільш раціональних.

Використання коефіцієнтів вагомості дозволяє враховувати суб'єктивну оцінку водіїв.

Таблиця 3.

Параметри електричних вантажних велосипедів

№ п.п.	Модель	Вантажо- підйомні- сть, грам	Пробіг на одному заряді акумулято- ра, м	Кількіс- ть швидк- остей, од	Кільк- ість коліс, од	Вага велосипеду з акумулятором, грам	Показн- ик якості	Ранг велоси- педу
1	Clamber Carbat 24	150000	30000	7	3	22000	0,456	7
2	TERN HSD P9	170000	130000	9	2	26000	0,653	3
3	TERN GSD S10	200000	250000	10	2	34000	0,794	1
4	GEPIDA Cargo	200000	170000	8	2	32000	0,712	2
5	Urban Arrow Shorty Cargo LINE	225000	45000	5	2	43000	0,495	6
6	MAXPRO PARCEL MATE	250000	100000	5	3	64000	0,619	4
7	Urban Arrow Cargo XL CARGO LINE	275000	45000	7	2	52000	0,513	5

Таким чином, запропонований вид показника якості дозволяє комплексно врахувати співвідношення реальних і раціональних технологічних параметрів, а також думку водіїв про значущість кожного параметра. Значення показників якості обумовило ранги велосипедів з урахуванням думки водіїв. В роботі запропоновано підхід до вибору параметрів вантажних електровелосипедів, який відрізняється від існуючих тим, що враховує ергономічні параметри велосипедів, визначені на основі суб'єктивної оцінки їх властивостей.

Література

1. Галкін А.С. Розробка математичних моделей для оцінки еластичності параметрів попиту в роздрібній мережі в умовах логістики, керованої споживачем [Текст] / А.С. Галкін, Ю.О. Давідіч, Г.О. Самчук. // Комунальне господарство міст. – 2024. № 4(185). – С. 262–266.
2. Schliwa G. Sustainable city logistics - Making cargo cycles viable for urban freight transport [Text] / G. Schliwa, R. Armitage, S. Aziz, J. Evans, Rhoades J. // Research in Transportation Business and Management. – 2015. № 15(4), - P. 50-77.
3. Екологічні аспекти транспортної системи міста: монографія [Текст] / О.І. Лежнева, Г.М. Желновач, С.В. Очеретенко та ін. – Харків: Зебра. – 2017. – 180 с.
4. Давідіч Ю.О. Визначення логістичних параметрів е-карго байків для сталої доставки поштових вантажів в містах [Текст] / А.С. Галкін, Д.П. Понкратов, С.І. Куш, Г.О. Самчук. // Комунальне господарство міст. – 2023. Т. 4. Вип. 178. – С. 304-312.
5. Crainic T. G. Advanced freight transportation systems for congested urban areas [Text] / T. G. Crainic, N. Ricciardi, G. Storchi // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2004. – № 12. – P. 119-137.
6. The road to seamless urban mobility [Text] – 2019. – Regime of access: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/the-road-to-seamless-urban-mobility>.
7. Browne M. Urban freight consolidation centers - final report [Text] / M. Browne, M. Sweet, A. Woodburn, J. Allen. // Transport Studies Group. - London: University of Westminster, - 2005. – 185 p.
8. Hesse M., Rodrigue J.-P. The transport geography of logistics and freight distribution [Text] / M. Hesse, J.-P. Rodrigue // Journal of Transport Geography. – 2004. – № 12. – P. 171-184.
9. The 2017 MHI annual industry report: Next-generation supply chains: Digital, on-demand, and always-on [Text] // MHI, 2017. – Regime of access: https://digitalandmore.pl/wp-content/uploads/2017/10/pl_MHI_Industry_Report_2017.pdf
10. 9 ways to improve last mile logistics – Regime of access: <https://fialan.ua/ua/news/vagno-znat/9-sposobiv-polipshiti-logistiku-ostannoji-mili/>
11. Narayanan S. Electric cargo cycles - A comprehensive review [Text] / S. Narayanan, C. Antoniou // Transport Policy. – 2022. V. 116. – P. 278-303.
12. Papaioannou E. Last-Mile Logistics Network Design under E-Cargo Bikes [Text] / E. Papaioannou, C. Iliopoulou, K. Kepaptsoglou. // Future Transportation. – 2023. № 3(2) - P. 403-416.
13. Lenz B. Bikes for urban freight?: experience in Europe [Text] / B. Lenz, E. Riehle // Transport. Res. Rec.: J. Transport. - 2013. V. 2379. I. 1. - P. 39-45

14. Gruber J. Travel time differences between cargo cycles and cars in commercial transport operations [Text] / J. Gruber, S. Narayanan // *Transport. Res. Rec.: J. Transport.* - 2019. V. 2673 (8). - P. 623–637.
15. Schliwa G. Sustainable city logistics — Making cargo cycles viable for urban freight transport [Text] / G. Schliwa, R. Armitage, S. Aziz, J. Evans, J. Rhoades // *Research in Transportation Business & Management.* - 2015. V. 15. - P. 50–57.
16. Melo S. Evaluating the impacts of using cargo cycles on urban logistics: integrating traffic, environmental and operational boundaries [Text] / S. Melo, P. Baptista // *Eur. Transp. Res. Rev.* - 2017, 9: 30.
17. Quak, H. Zero Emission City Logistics: Current Practices in Freight Electromobility and Feasibility in the Near Future [Text] / H. Quak, N. Nesterova, T. Rooijen, Y. Dong // *Transp. Res. Procedia.* - 2016. V. 14. - P. 1506–1515.
18. Arroyo, J.L.; Felipe, Á.; Ortuño, M.T.; Tirado, G. Effectiveness of carbon pricing policies for promoting urban freight electrification: Analysis of last mile delivery in Madrid [Text] / J.L. Arroyo, Á. Felipe, M.T. Ortuño, G. Tirado. // *Central European Journal of Operations Research.* - 2020. V. 28. I. 4. № 11. - P. 1417–1440.
19. Çabukoglu, E. Fuel cell electric vehicles: An option to decarbonize heavy-duty transport? Results from a Swiss case-study [Text] / E. Çabukoglu, G. Georges, L. Küng, G. Pareschi, K. Boulouchos. // *Transportation Research Part D: Transport and Environment.* - 2019. V. 70. - P. 35–48.
20. Davidich Y. Modelling Truck's Transportation Speed on the Route Considering Driver's State [Text] / N. Davidich, T. Melenchuk, Y. Kush, Y. Davidich, O. Lobashov, A. Galkin // *Transportation Research Procedia.* - 2018. - V. 30. - P. 207–215.
21. Давідич Ю. О. Розробка графіка руху транспортних засобів при організації вантажних перевезень: навч. посіб. [Текст] / Ю.О. Давідич. - Х.: ХНАМГ. - 2010. - 345 с
22. Давідич Ю.О. Теоретичні основи ергономічного забезпечення автотранспортних технологічних процесів. Автореф. дисс. докт. техн. наук: 05.22.10, 05.01.04. / Ю.О. Давідич Ю.О. - Харків: ХНАМГ. - 2007. - 42 с.
23. Kendall rank concordance coefficient. - Regime of access: <https://accendoreliability.com/kendall-coefficient-of-concordance/>.

References

1. Galkin, A., Davidich, Y., Samchuk, G. (2024) Development of mathematical models for estimating the elasticity of demand parameters in a retail network in the context of consumer-driven logistics. *Municipal Economy of Cities*, 2024, 4(185), 262–266.
2. Schliwa, G., Armitage, R., Aziz, S., Evans, J., Rhoades, J. (2015) Sustainable city logistics - Making cargo cycles viable for urban freight transport. *Research in Transportation Business and Management*, 2015, 15(4), 50–77.
3. O.I. Lezhneva, G.M. Zhelnovach, S.V. Ocheretenko et al. (2017). *Ecological aspects of the transport system of the city: monograph*. - Kharkiv: Zebra, 2017. 180.
4. Davidich Y.O., Galkin A.S., Ponkratov D.P., Kush E.I., Samchuk G.O. (2023) Determination of logistic parameters of

- e-cargo bikes for sustainable delivery of postal cargo in cities. *Communal services of cities*. Vol. 4, Vol. 178. 304–312.
5. Crainic T. G., Ricciardi N., Storchi G. (2024) Advanced freight transportation systems for congested urban areas // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. № 12, 119–137.
6. The road to seamless urban mobility. 2019. - Regime of access: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/the-road-to-seamless-urban-mobility>.
7. Browne M., Sweet M., Woodburn A., Allen J. (2005) Urban freight consolidation centers - final report. *Transport Studies Group*. - London: University of Westminster, 185.
8. Hesse M., Rodrigue J.-P. (2004) The transport geography of logistics and freight distribution. *Journal of Transport Geography*. № 12. 171–184.
9. The 2017 MHI annual industry report: Next-generation supply chains: Digital, on-demand, and always-on (2017) MHI. - Regime of access: https://digitalandmore.pl/wp-content/uploads/2017/10/pl_MHI_Industry_Report_2017.pdf
10. 9 ways to improve last mile logistics - Regime of access: <https://fialan.ua/ua/news/vagno-znat/9-sposobiv-polipshiti-logistiku-ostannoji-mili/>
11. Narayanan S., Antoniou C. (2022) Electric cargo cycles - A comprehensive review. *Transport Policy*, 116, 278–303.
12. Papaioannou E., Papaioannou E., Iliopoulou C., Kepaptsoglou K. (2023) Last-Mile Logistics Network Design under E-Cargo Bikes. *Future Transportation*, 3(2), 403–416.
13. Lenz, B., Riehle, E., (2013) Bikes for urban freight?: experience in Europe. *Transport. Res. Rec.: J. Transport. Res. Board*, 2379, 1, 39–45.
14. Gruber, J., Narayanan, S. (2019) Travel time differences between cargo cycles and cars in commercial transport operations. *Transport. Res. Rec.: J. Transport. Res. Board* 2673, 623–637.
15. Schliwa G., Armitage R., Aziz S., Evans J. Rhoades J. (2015) Sustainable city logistics — Making cargo cycles viable for urban freight transport. *Research in Transportation Business & Management*, 15, 50–57.
16. Melo S. & Baptista P. (2017) Evaluating the impacts of using cargo cycles on urban logistics: integrating traffic, environmental and operational boundaries. *Eur. Transp. Res. Rev*, 9: 30.
17. Quak, H., Nesterova, N., Rooijen, T., Dong, Y. (2016) Zero Emission City Logistics: Current Practices in Freight Electromobility and Feasibility in the Near Future. *Transp. Res. Procedia*, 14, 1506–1515.
18. Arroyo, J.L.; Felipe, Á.; Ortuño, M.T.; Tirado, G. (2020) Effectiveness of carbon pricing policies for promoting urban freight electrification: Analysis of last mile delivery in Madrid. *Cent. Eur. J. Oper. Res.*, 28, 1417–1440.
19. Çabukoglu, E.; Georges, G.; Küng, L.; Pareschi, G.; Boulouchos, K. (2019) Fuel cell electric vehicles: An option to decarbonize heavy-duty transport? Results from a Swiss case-study. *Transp. Res. Part D*, 77, 35–48.
20. Davidich Y. Davidich, N., Melenchuk, T., Kush, Y., Lobashov O. (2018) *Modelling Truck's Transportation Speed on the Route Considering Driver's State*. *Transportation Research Procedia*, 30, 207–215.
21. Davidich Y. O. (2010) Development of the schedule of movement of vehicles in the organization of cargo

transportation: study. Manual. Khark. National. Acad. city. economy. – Kh.: KHAMG Publ., 2010, 345.

22. Davidich Y. O. (2007) *Theoretical foundations of ergonomic support of motor transport technological processes*. Avtoref. diss... Doc. Tech. Sci.: 05.22.10, 05.01.04. – Kharkiv: KHAMG, 42.

23. Kendall rank concordance coefficient. – Regime of access: <https://accendoreliability.com/kendall-coefficient-of-concordance/>.

Рецензент: д-р екон. наук, доц. Д. О. Пруненко, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків.

Автор: ВОРОНЬКО Віталій Володимирович
доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи та міжнародних зв'язків Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова
E-mail – Vitaliy.voronko@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1140-3983>

Автор: ГАЛКІН Андрій Сергійович
доктор технічних наук, професор, професор кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова
E-mail – galkin.tsl@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3505-6170>

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

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

Автор: ШВЕЦЬ Микола Дмитрович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне.
E-mail – m.d.shvets@nuwm.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1445-5199>

DETERMINATION OF THE QUALITY INDICATOR OF E-CARGO BIKES IN LOGISTICS SYSTEMS, TAKING INTO ACCOUNT THE SUBJECTIVE ASSESSMENT OF DRIVERS

V. Voronko¹, A. Galkin¹, Y. Davidich¹, D. Ponkratov¹, M. Shvets²

¹O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

²National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine

The article is devoted to the formation of a logistics system for transporting goods using "green technology". The feasibility of using electrically powered vehicles from the point of view of the carrier is proposed to be determined taking into account the subjective assessment of drivers regarding their properties. The quality of an electric cargo bike is determined by their performance. These characteristics are constantly used by drivers of electric bicycles when transporting goods. All indicators of bicycle quality are evaluated by drivers with different levels of significance. Determination of the level of significance for drivers parameters of the quality of the bicycle were carried out by conducting full-scale surveys. The survey was carried out at enterprises engaged in the transportation of goods by electric bicycles. It consisted of a survey of drivers, during which they were asked to indicate the performance characteristics that, in their opinion, affect the quality of use of the bike. To process the results of the survey, the method of expert assessments was used. The results of the processing of the survey results made it possible to conclude on the consistency of experts' opinions. Significant parameters of bicycles were load capacity, mileage on a single battery charge, bicycle weight, number of speeds, number of wheels. The results of the survey made it possible to determine the sum of ranks for each factor. The assessment of the significance of the factors was carried out using the value of this sum. Based on these values, as a result of calculations, the corresponding coefficients of weight of unit quality indicators were obtained. For single indicators, it is proposed to use the ratio of the actual value of the indicator to the maximum. To estimate the weight of a bicycle by a single indicator, it is proposed to use the ratio of the minimum value of the indicator to the actual one. As a result, a comprehensive quality indicator of a cargo electric bicycle was formed. Its use allows you to comprehensively take into account the ratio of real and rational technological parameters, as well as the opinion of drivers about the significance of each parameter. Drivers. Thus, for the first time in the work, an approach to the selection of parameters of electric cargo bicycles is proposed, which differs from the existing ones in that it takes into account the ergonomic parameters of bicycles, determined on the basis of a subjective assessment of their properties.

Keywords: logistics, green technology, electric bike, driver, parameter, significance, quality score.