

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна

Застосування методів ергономіки, дослідження операцій і теорії систем в моделюванні основних параметрів складу тарно-штучних вантажів

У роботі розглянуто застосування методів дослідження операцій та теорії систем до завдань логістичного управління та моделювання основних параметрів складу тарно-штучних вантажів. Метою роботи є підвищення ефективності транспортно-логістичної системи доставки вантажів шляхом моделювання оптимальних рішень складу тарно-штучних вантажів. У роботі використані методи та моделі ергономіки, теорії систем, дослідження операцій, структурно-параметричне моделювання. Основою запропонованих у роботі рішень став практичний досвід проектування складських приміщень підприємств різних галузей промисловості та торгівельної мережі України для тарно-штучних вантажів, а також нові уточнені методи проектування таких механізованих та автоматизованих складів.

Розроблено методику вибору та порівняння ефективності та економічності пристроїв і обладнання для зберігання та обробки тарно-штучних вантажів, сучасних засобів, машин і обладнання для вантажних робіт.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що визначено параметри, що описують склад тарно-штучних вантажів як систему, та зв'язки між ними, розроблені структурно-параметричні моделі підсистеми розрахунку запасів вантажів і пропускну здатності складу в підсистемі обґрунтування вибору оптимальних техніко-технологічних рішень зберігання вантажів складу та пов'язаних з ним робіт, структурно-параметричну модель підсистеми розрахунку та вибору основних параметрів компонування дільниць і всього складу. Практична значущість полягає в тому, що розроблено методику вибору та порівняння ефективності та економічності пристроїв і обладнання для зберігання вантажів складу для тарно-штучних вантажів, вибору та порівняння ефективності та економічності сучасних засобів, машин та обладнання для робіт на складі, розрахунку економічної ефективності проектних рішень будівництва нового складу або реконструкції існуючого.

тарно-штучний вантаж, склад, теорія систем, дослідження операцій, ергономіка, структурно-параметрична модель, алгоритм

Одержано (Received) 19.04.2024

Прорецензовано (Reviewed) 03.05.2024

Прийнято до друку (Approved) 26.06.2024

УДК 656.135.073(075)

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).2.195-203](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).2.195-203)

Д.В. Молоштан, доц., канд. техн. наук, **С.О. Король**, доц., канд. техн. наук,
К.С. Король, асп.

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м.Кременчук, Україна
e-mail: moloshtandima@gmail.com, korserg309@gmail.com, ekaterina.korol777@gmail.com*

Удосконалення організації дорожнього руху та експлуатації транспортних засобів методом математичного і комп'ютерного моделювання

Успішне управління пасажирським транспортом у швидкозмінному середовищі вимагає постійного вдосконалення. Це стосується структур управління та використання сучасних інструментів, таких як математичні моделі та автоматизовані системи. Інформація відіграє дуже важливу роль. Вона потрібна на всіх етапах роботи: від планування маршруту до аналізу ефективності. Розклад руху - це основа, на якій будується вся система пасажирських перевезень
організація безпеки дорожнього руху, експлуатація транспортних засобів, транспортні засоби, транспортні технології, транспорт, математична модель

Постановка проблеми. Фактичний час, який автобус витрачає на проїзд між двома сусідніми зупинками, не є постійним і може значно відрізнятись. Аналізуючи дані про час у дорозі, можна визначити найбільшу різницю між найкоротшим і найдовшим часом між зупинками на маршруті [1-5]. Величина цього значення називається полем розсіювання розмірів.

Під час руху автобуса за маршрутом на час проходження зупинок впливає багато випадкових факторів, які впливають на час подорожі між зупинками. Це призводить до того, що фактичний час у дорозі розподіляється за певним законом. Вивчивши цей закон, можна застосувати спеціальні методи для оцінки точності розкладу руху автобусів [1,7-9], які рекомендує математична статистика і теорія ймовірності.

Застосовуючи цей метод, ми можемо теоретично розрахувати найбільш ймовірний час у дорозі для автобуса між зупинками. Вимірюючи фактичний час руху автобуса, можна класифікувати рейси за їхньою тривалістю, враховуючи допустимі відхилення від розкладу [1,6-8] у межах одного інтервалу, вимір якого не повинен перевищувати ціни поділки вимірювального приладу. Аналізуючи велику кількість даних, ми виявляємо, що розподіл часу руху в різних групах автобусів є неоднорідним.

Основні цілі дослідження:

Аналіз маршруту, графіка руху автобуса та організації міських пасажирських перевезень м. Кременчук.

Вдосконалення організації міських пасажирських перевезень.

Напрями вдосконалення транспортного процесу пасажирського транспорту, вихід його на сучасний техніко-технологічний рівень, формування нових підходів у виявленні перешкод руху автобуса на маршруті.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Суттєвий внесок у розвиток організації безпеки руху та організації руху транспортних засобів здійснили такі вітчизняні та зарубіжні вчені: Аулін В.В., Кубіч В. І., Волков В.П., Мороз М.М., Грицук І.В., Мармут І.А., Бережна Н.Г., Біляєва О.С., Войтов В.А., Горяїнов О.М., Карнаух М.В., Кравцов А.Г., Кутья О.В., Музильов Д.О., Шраменко М.Ю., Парасюк В. М., Демків Р. Я., Когут В. М., В. І. Варивода, Д. А. Євдокимов, В. Г. Сюравичик, О. М. Жук, І. І. Риндюк, Енаго Н., Trent N.

Постановка завдання. Метою даної науково-дослідної роботи є розробка методики оцінювання точності дотримання графіка руху маршрутним автобусом та виявлення проблемних ділянок на маршруті на основі теорії ймовірності й математичної статистики.

Крім того, було проведено аналіз маршруту та графіку руху автобуса та вдосконалено організацію міських перевезень шляхом використання математичного та комп'ютерного моделювання.

Виклад основного матеріалу. Створивши графік, де по осі X ми відкладемо значення довжини часового інтервалу (в порядку зростання), а по осі Y – кількість експериментів, в яких було зафіксовано саме такий інтервал, ми зможемо візуалізувати розподіл частоти різних значень тривалості інтервалу. [6,8-15], то одержана крива виразить закон розподілу розмірів часу руху між зупинками в даній партії дослідів.

Різні умови експлуатації автобуса, такі як кількість пасажирів, які сідають і виходять, стан дорожнього покриття, погодні умови тощо, призводять до того, що час руху автобуса між зупинками випадковим чином відхиляється від середнього значення. Ці відхилення підкоряються закону нормального розподілу, що означає, що більшість значень часу руху будуть близькі до середнього, а більш значні відхилення зустрічатимуться рідше

Розподіл дійсних розмірів часу руху маршрутного автобуса між зупинками підпорядковується закону нормального розподілу рис. 1:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(L_t - L_{cp})^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

де σ – середнє квадратичне відхилення, яке визначається за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_t - L_{cp})^2} \quad (2)$$

L_t – поточний дійсний розмір часу руху транспортного засобу між зупинками;

L_{cp} – середнє зважене арифметичне значення дійсних розмірів часу руху транспортного засобу між зупинками даної партії дослідів.

Значення L_{cp} можна визначити із виразу:

$$L_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_t m_i \quad (3)$$

де m_i – частота (кількість потрапляння часу руху маршрутного автобуса між зупинками до даного інтервалу розмірів);

n – кількість проведених дослідів.

При $L_t = L_{cp}$ крива має максимум, який дорівнює

$$y_{max} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \approx \frac{0,4}{\sigma} \quad (4)$$

Дослідження точності часу руху маршрутного автобуса між зупинками і визначення ймовірного відсотка порушень графіка руху повинні здійснюватися в такій послідовності:

1. Для дослідження точності розкладу автобуса буде проведено не менше 25 вимірювань часу руху на одному маршруті. Перед цим буде визначено теоретичний час проїзду між зупинками за розкладом та допустиме відхилення від цього часу.

2. Виходячи з величини контрольованого часу і допустимого відхилення, вибираються засоби виміру (секундомір) з відповідною точністю.

3. Вибраним засобом виміру вимірюються фактичні розміри всіх 25, або 25 і більше їздок часу руху маршрутного автобуса між зупинками.

Значення розмірів часу руху маршрутного автобуса між зупинками записуються до бази даних у вигляді таблиці.

4. Отримані дані про час руху поділяються на групи з інтервалом, який не менший за похибку вимірювального приладу.

Визначається абсолютна частота повторення m_i – розмірів у кожному інтервалі.

Усі інтервали розмірів у порядку їх збільшення і з відповідною їм абсолютною частотою записуються до бази даних у вигляді таблиці.

5. Визначається середнє арифметичне значення випадкової величини за формулою:

$$L_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n L_t m_t$$

де n – загальна кількість партії вимірів.

6. Визначається відхилення фактичних розмірів від середнього арифметичного за формулою:

$$X_t = L_t - L_{\text{ср}}$$

7. Визначається середнє квадратичне відхилення за формулою:

$$\sigma_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{\sum X_t \cdot m_t}{n}}$$

Для зручності розрахунків значення X_i ; X_i^2 ; $X_i^2 m$ заносять до табл.2.

8. Діапазон значень часу руху автобуса між зупинками, отриманий в результаті проведених дослідів. $\omega = 6\sigma$

9. Визначається максимум розподілу, який дорівнює.

$$y_{\text{max}} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \approx \frac{0,4}{\sigma}$$

10. На основі отриманих значень ω та y_{max} ідентифікують ділянки маршруту, які потребують додаткової уваги.

Крива нормального розподілу (закон Гаусса), яка характеризує диференціальний закон нормального розподілу, показана на рис. 1

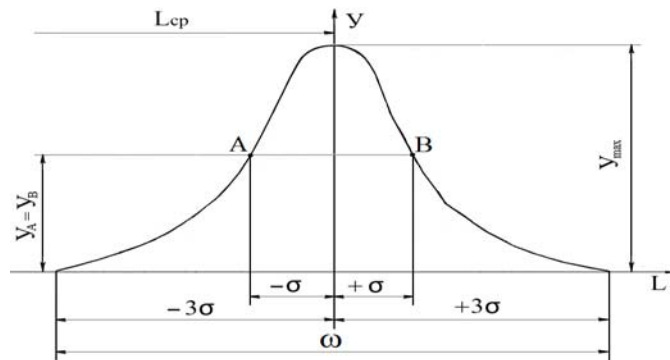


Рисунок 1 – Крива нормального розподілу (закон Гаусса)

Джерело: розроблено автором

Середнє значення $L_{\text{ср}}$ часу руху автобуса між зупинками вказує на типовий час проїзду для даної групи даних [5,6]. Крива нормального розподілу симетрична відносно осі ординат. При $L_i = L_{\text{ср}}$ крива має максимум, який дорівнює

$$y_{\text{max}} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \approx \frac{0,4}{\sigma}$$

На відстані $\pm\sigma$ від вершини крива має дві точки перегину (точки А і В). Ординати точок перегину

$$y_A = y_B = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi e}} = \frac{y_{\text{max}}}{\sqrt{e}} \approx 0,6y_{\text{max}} \approx \frac{0,24}{\sigma}$$

В межах одного стандартного відхилення (σ) від середнього значення, більшість значень розташовані близько до осі абсцис $\omega = 6\sigma$.

У тих випадках, коли поле розсіювання розмірів часу руху автобуса між зупинками переходить поле допустимого відхилення часу руху автобуса між зупинками, тобто $\omega > T$, умова без порушень графіка руху не виконується.

Відсоток рейсів, які відхиляються від розкладу, можна визначити, обчисливши площу під кривою нормального розподілу в певній області. Площа під кривою нормального розподілу, обмежена віссю абсцис, дорівнює одиниці і представляє собою 100% всіх можливих значень часу руху автобуса.

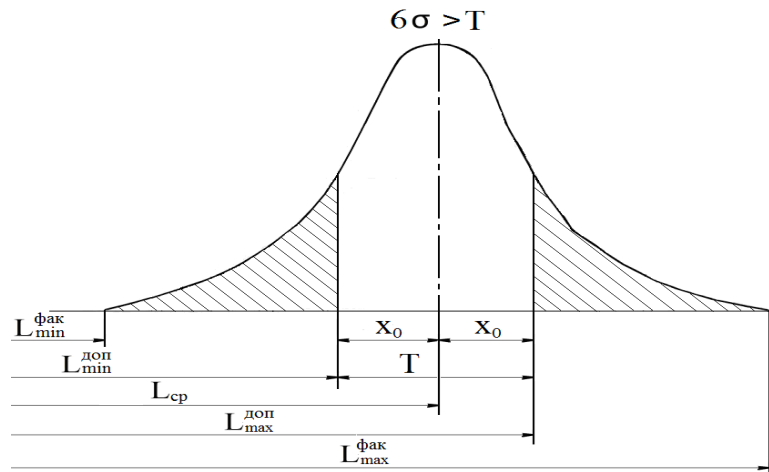


Рисунок 2 – Кількість порушень графіка руху маршрутним автобусом при симетричному розміщенні поля розсіювання часу руху відносно поля допуску
Джерело: розроблено автором

Величина заштрихованої області відображає кількість випадків, коли фактичний час руху автобуса відрізнявся від запланованого більш ніж на допустиму величину.

$$T = L_{\max}^{\text{доп}} - L_{\min}^{\text{доп}}$$

При симетричному розташуванні поля розсіювання відносно поля допустимого відхилення від графіка руху використовується функція Лапласа

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

де t – нормований параметр розподілу або коефіцієнт ризику, який визначається із виразу

$$t = \frac{L^{\text{доп}} - L_{\text{ср}}}{\sigma} = \frac{X_0}{\sigma}$$

Розрахунок кількості порушень графіка руху зводиться до визначення величини t і визначення $\Phi(t)$ за табл.3

Відсоток порушень графіка руху (рис.3) визначається за формулою:

$$Q_{\text{пор}} = 100\% [1 - 2\Phi(t)].$$

Відсоток порушень графіка руху між зупинками маршрутного автобуса методом теорії ймовірності й математичної статистики здійснюється у наступній послідовності:

1. Знаходяться ординати кривої нормального розподілу:

а) максимум кривої y_{max} при $X = 0$

$$y_{max} = \frac{0,4 \cdot \Delta L \cdot n}{\sigma}$$

де ΔL – інтервал.

б) точка перегину y_2 і y_3 при $X = \pm\sigma_{cp}$;

в) точка мінімального зближення кривої y_4 і y_5 до перетину з віссю X при $X = \pm\sigma_{cp}$, $y_4 = y_5 = 0$.

2. Будується графік розподілу фактичних розмірів – полігон і крива нормального розподілу (рис. 3).

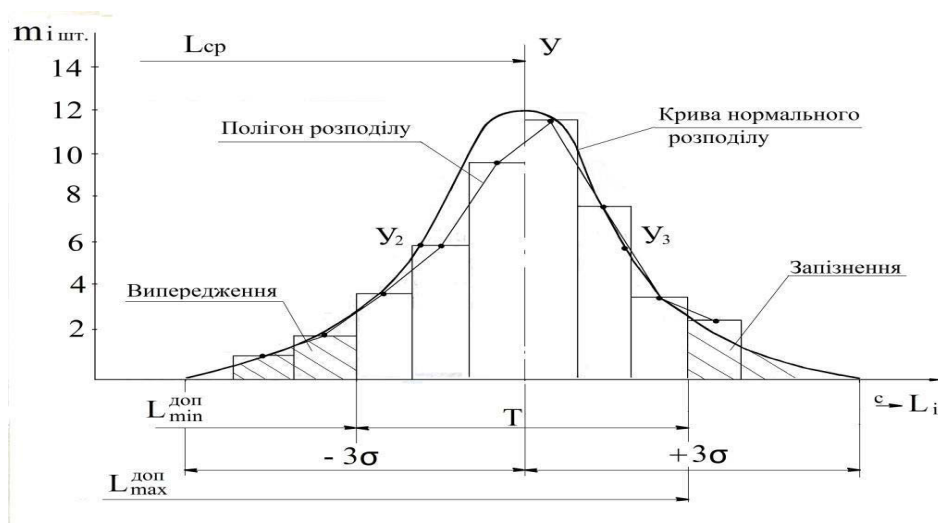


Рисунок 3 – Графік розподілу фактичних розмірів часу, полігон і крива нормального розподілу

Джерело: розроблено автором

Для побудови полігону розподілу по осі абсцис відкладаються інтервали розмірів часу руху маршрутного автобуса між зупинками, а по осі ординат – частота. З'єднуючи точки, одержимо ламану криву розподілу фактичних розмірів.

При побудові кривої нормального розподілу по осі X відкладається середнє відхилення випадкової величини L_{cp} . Через цю точку проводиться вісь, паралельна осі y , яка є віссю симетрії кривої нормального розподілу. Від цієї осі вправо і вліво відкладається значення $\pm 3\sigma$ і одержимо y_4 і y_5 , тобто точки мінімального зближення до перетину кривої нормального розподілу з віссю X . Від цієї осі відкладається в обидва боки $\pm\sigma_{cp}$ по осі X , а по осі y значення y_4 і y_5 і знаходяться точки перегину. По осі симетрії відкладається значення y_{max} . З'єднавши плавною кривою всі точки, одержимо криву нормального розподілу. Відклавши по осі X поле допустимого відхилення від графіка руху T , одержимо площину, обмежену кривою нормального розподілу і полем допустимого відхилення від графіка руху, яка виражає кількість дотримання графіка руху. Залишена частина площини (заштрихована) справа виражає кількість випереджень графіка руху, зліва – запізнень.

3. Визначається вірогідність одержання порушень графіка руху.

Значення нормативного параметра розподілу t_g і відсоток порушень графіка руху $Q_{пор}$ визначається за формулами:

$$t_g = \frac{L_{max}^{доп} - L_{ср}}{\sigma_{ср}},$$

$$Q_{пор} = 100\% [1 - 2\Phi(t_g)].$$

Значення $\Phi(t)$ знаходяться у таблиці функції Лапласа за величиною t .

Розроблена математична модель реалізується за допомогою програми на мові Python.

Висновки.

1. Описано математичну модель для аналізу точності розкладу руху автобусів з використанням теорії ймовірностей та математичної статистики.
2. Модель передбачає вимірювання фактичного часу в дорозі між зупинками та порівняння його з часом, передбаченим розкладом.
3. Модель можна використовувати для аналізу точності розкладу руху автобусів, виявлення потенційних порушень розкладу та визначення ймовірності цих порушень.
4. Досліджено вплив різних факторів на точність розкладу руху автобусів: умови руху, тип автобуса та поведінка водія, на точність розкладу руху.
5. Модель може бути використана для розробки стратегій підвищення надійності розкладу руху автобусів, наприклад, шляхом коригування розкладу руху автобусів з урахуванням дорожніх умов або шляхом надання водіям інформації про ситуацію на дорогах в режимі реального часу.

Список літератури

1. Ricarda L., Desaulniers G, Lodib A., Rousseau M. Predicting the probability distribution of bus travel time to move towards reliable planning of public transport services. Canada, Université de Montréal, 2021. С. 6. https://hanalog.ca/wp-content/uploads/2021/02/TT_prediction_Elsevier_V2.pdf
2. Аулін В.В., Голуб Д.В. Якість перевезень пасажирів як невід'ємна частина транспортного процесу. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2008. Вип.5, ч. 2. С. 80-84.
3. Аулін В. В., Голуб Д. В. Алгоритм визначення основних показників процесу перевезень міського транспорту з переважанням приватного транспорту. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля*. 2007. №7(125), ч. 2. С. 71- 75.
4. Формування показників оцінки ефективності транспортного процесу перевезень / Аулін В. В. та ін. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2020. № 1. С. 4-10.
5. Аулін В. В., Голуб Д. В. Оцінка потенційного попиту на транспортні послуги та фактичної рухливості населення міста на основі соціологічно-маркетингового дослідження. *Економічні науки*. 2010. Вип. 17. С.300-307.
6. Король С.О., Король К.С. Методика оцінки якості організації дорожнього руху автобуса на маршруті. *ІННОВАЦІЇ: теорія і практика: Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф., 11 жовтня 2023 р.* Кропивницький: Академія Прикладних наук.. 2023. С. 119-120.
7. Безпека дорожнього руху з урахуванням впливу фактора людини: монографія / Степанов О.В. та ін.; за заг. ред. О. В. Степанова. Харків, 2021. 288 с
8. Gershenson, L. A. Pineda. Why does public transport not arrive on time? The pervasiveness of equal headway instability. *PLoS one*. 2009. Vol. 4, Issue 10. P. 10. doi: 10.1371/journal.pone.0007292
9. Markevich A., Moroz, M., Moroz O., Vasylykovskiy O. Results of Social-Transport Monitoring of Passenger Transportation Kremenchuk City. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, 2019. Col.2(33). Pp. 76-90.
10. Мороз М.М. Підвищення ефективності технологічного процесу транспортного обслуговування м. Кременчук. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*. 2014;. № 43. С. 103– 109.

11. Левковець П.Р., Мороз М.М., Мороз О.В. Удосконалення перевезень пасажирів м. Кременчук. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. 2010. Вип. 7. С. 304–308.
12. Мороз М.М. Розробка заходів удосконалення маршрутної мережі громадського транспорту м. Кременчук на основі розподілу пасажиропотоку гравітаційним методом. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2015. № 2 (219). С. 44–49.
13. Moroz M. M., Korol S. O., Voiko Y. O. Social traffic monitoring in the city of Kremenchuk. *Actual Problems of Economics*. 2016. № 1 (175). С. 385 – 398.
14. Мороз М., Норцов О., Кальянов В. Підвищення ефективності системи міських пасажирських перевезень шляхом удосконалення розкладу руху транспортних засобів. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки*: Матеріали XIII Міжнародної науковопрактичної конференції 17-19 листопада Кропивницький: ЦНТУ. 2021. С. 95.
15. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / Аулін В.В. та ін. Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. 370 с.

References

1. Ricard, L., Desaulniers, G., Lodi, A., & Rousseau, L.-M. (2021). Predicting the probability distribution of bus travel time to move towards reliable planning of public transport services. 1 [Université de Montréal]. Retrieved from https://hanalog.ca/wp-content/uploads/2021/02/TT_prediction_Elsevier_V2.pdf
2. Aulin, V. V., & Holub, D. V. (2008). Yakist' perevezen' pasazhyriv iak nevid'iemna chastyna transportnoho protsesu [Quality of passenger transportation as an integral part of the transport process]. *Visnyk Kremenchuts'koho natsional'noho universytetu imeni Mykhajla Ostrohrads'koho - Bulletin of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, 5, 2, 80-84 [in Ukrainian].
3. Aulin, V. V., & Holub, D. V. (2007). Alhorytm vyznachennia osnovnykh pokaznykiv protsesu perevezen' mis'koho transportu z perevazhanniam pryvatnoho transport [Algorithm for determining the main indicators of the process of urban transport with a predominance of private transport]. *Visnyk Skhidnoukrains'koho natsional'noho universytetu im. Volodymyra Dalia - Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*, 7(125), 2, 71-75 [in Ukrainian].
4. Aulin, V. V. et al. (2020). Formuvannia pokaznykiv otsinky efektyvnosti transportnoho protsesu perevezen' [Formation of indicators for assessing the efficiency of the transport process of transportation]. *Visnyk mashynobuduvannia ta transport - Bulletin of Mechanical Engineering and Transport*, 1, 4-10 [in Ukrainian].
5. Aulin, V. V., & Golub, D. V. (2010). Otsinka potentsijnoho popytu na transportni posluhy ta faktychnoi rukhlyvosti naseleння міста на основі соціологічно-маркетингового дослідження [Estimation of potential demand for transport services and actual mobility of the city population on the basis of sociological and marketing research]. *Ekonomichni nauky - Economic Sciences, Issue 17*, 300-307 [in Ukrainian].
6. Korol', S. O., & Korol', K. S. (2023). Metodyka otsinky iakosti orhanizatsii dorozhn'oho rukhu avtobusa na marshruti [Methodology for assessing the quality of bus traffic organization on the route]. In *Innovations: theory and practice: IV Mizhnar. nauk.-prakt. Internet-konf. (11 zhovtnia 2023 r.) - The IV International scientific and practical. Internet-conf.* (pp. 119-120). Kropyvnyts'kyj: Akademiia Prykladnykh nauk [in Ukrainian].
7. Stepanov, O. V., et al. (2021). *Bezpeka dorozhn'oho rukhu z urakhuvanniam vplyvu faktora liudyny [Kharkiv Road safety taking into account the influence of the human factor]*. Stepanov, O. V. (Eds). Kharkiv [in Ukrainian].
8. Gershenson, C., & Pineda, L. A. (2009). Why does public transport not arrive on time? The pervasiveness of equal headway instability. *PLoS ONE*, 4(10), 7292. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007292>
9. Markevich, A., Moroz, M., Moroz, O., & Vasylovskyi, O. (2019). Results of Social-Transport Monitoring of Passenger Transportation Kremenchuk City. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, 2(33), 76-90.
10. Moroz, M.M. (2014). Pidvyschennia efektyvnosti tekhnolohichnoho protsesu transportnoho obsluhovuvannia m. Kremenchuk [Increasing the efficiency of the technological process of transport service in Kremenchuk]. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KhPI» - Bulletin of the National Technical University "KhPI"*, 43, 103-109 [in Ukrainian].
11. Levkovets', P. R., Moroz, M. M., & Moroz, O. V. (2010). Udokonalennia perevezen' pasazhyriv m. Kremenchuk [Improvement of passenger transportation in Kremenchuk]. *Upravlinnia proektamy*,

- systemnyj analiz i lohistyka - Project management, system analysis and logistics*, 7, 304-308 [in Ukrainian].
12. Moroz, M. M. (2015). Rozrobka zakhodiv udoskonalennia marshrutnoi merezhi hromads'koho transportu m. Kremenchuk na osnovi rozpodilu pasazhyropotoku hravitatsijnym metodom. [Development of measures to improve the route network of public transport in Kremenchuk based on the distribution of passenger traffic by the gravitational method]. *Visnyk Skhidnoukrains'koho natsional'noho universytetu imeni Volodymyra Dalia - Bulletin of the East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl*, 2 (219), 44-49 [in Ukrainian].
 13. Moroz, M. M., Korol, S. O., & Boiko, Y. O. (2016). Social traffic monitoring in the city of Kremenchuk. *Actual Problems of Economics*, № 1 (175), 385-398.
 14. Moroz, M., Nortsov, O., & Kal'ianov, V. (2021). Pidvyschennia efektyvnosti systemy mis'kykh pasazhyrs'kykh perevezen' shliakhom udoskonalennia rozkladu rukhu transportnykh zasobiv [Increasing the efficiency of the urban passenger transport system by improving the timetable of vehicles]. *Problems of design, production and operation of agricultural machinery: XIII Mizhnarodna naukovopraktychnoa konferentsiia (17-19 lystopada 2021 r.) - The XIII International Scientific and Practical Conference (pp. 95)*. Kropyvnyts'kyj: TsNTU [in Ukrainian].
 15. Aulin, V. V. et al. (2017). *Metodolohichni i teoretychni osnovy zabezpechennia ta pidvyschennia nadijnosti funktsionuvannia avtomobil'nykh transportnykh system [Methodological and theoretical foundations of ensuring and improving the reliability of road transport systems]*. Kropyvnyts'kyj: Vydavnytstvo TOV "KOD" [in Ukrainian].

Dmytro Moloshtan, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Serhii Korol**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Kateryna Korol**, post-graduate

Kremenchuk National University named after Mykhailo Ostrogradskyi, Kremenchuk, Ukraine

Improvement of traffic organization and vehicle operation by means of mathematical and computer modeling

The intensive development of road transport requires further improvement of the efficiency of the management apparatus, improvement of its structure, introduction of economic and mathematical methods and automated control systems. The effectiveness of passenger transportation management depends on the information support of managers at each stage of management - planning, dispatching, regulating, accounting and analyzing transportation activities. This axiom of management requires managers of all ranks to implement and use certain information technologies (IT). The bus schedule is the main document that ensures the quality and degree of satisfaction of passengers' transportation needs, bus performance, and the organization of drivers' work.

The purpose of this research work is to develop a methodology for assessing the accuracy of a route bus's schedule and identifying problem areas along the route based on probability theory and mathematical statistics.

In addition, the route and schedule of the bus were analyzed and the organization of urban transportation was improved through the use of mathematical and computer modeling.

The article describes a mathematical model for analyzing the accuracy of bus schedules using probability theory and mathematical statistics. The model involves measuring the actual travel time between stops and comparing it with the time provided by the schedule. It also can be used to develop strategies to improve the reliability of bus schedules, for example, by adjusting bus schedules to reflect road conditions or by providing drivers with real-time information about the traffic situation. Finally, the impact of various factors on the accuracy of bus schedules, such as traffic conditions, bus type, and driver behavior, on the accuracy of bus schedules was investigated.

organization of road safety, vehicle operation, vehicles, transport technologies, transport

Одержано (Received) 22.04.2024

Прорецензовано (Reviewed) 31.05.2024

Прийнято до друку (Approved) 26.06.2024