

УДК 656.[95+36]

П.Ф. Горбачов, Н.В. Мосьпан, Д.В. Скрипник

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

ОЦІНКА ІНТЕНСИВНОСТІ МІЖМІСЬКИХ ПОТОКІВ ВАНТАЖІВ ТА АВТОМОБІЛІВ

Досліджується інтенсивність міжміських потоків вантажів та автомобілів на мережі національних та міжнародних автомобільних доріг України на основі річної загальноу-країнської матриці вантажних кореспонденцій. Враховується структура транспортного потоку, який складається з автомобілів малої та великої вантажопідйомності.

Ключові слова: інтенсивність, транспортний потік, міжміські вантажні перевезення, матриця кореспонденцій

Постановка проблеми

У процесі розробки цільових програм для оптимізації процесу доставки вантажів у міжміському сполученні та підвищення якості надаваних послуг для вантажовласників, які мають потреби у міжміському товарообміні, надзвичайно актуальним питанням є визначення добової інтенсивності міжміських потоків вантажів та автомобілів. Адже, володіючи інформацією щодо зміни рівня завантаження автомобільних доріг протягом доби, автотранспортні підприємства, що здійснюють обслуговування міжміських потреб вантажовласників у перевезеннях, мають змогу запропонувати клієнтам різні варіанти маршрутів для обслуговування будь-якого з заявлених ними замовлень залежно від пріоритету його виконання. На підставі цього, можна стверджувати, що надання оцінки добовій інтенсивності міжміських потоків вантажів та автомобілів є актуальним завданням, вирішення якого дозволить автотранспортним підприємствам підвищити свою конкурентоспроможність в сучасних умовах ринкової економіки за рахунок оперативного планування раціональних міжміських маршрутів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження інтенсивності транспортних потоків почало цікавити науковців з середини ХХ-го століття. Підтвердженням цього є велика кількість наукових робіт, пов'язаних з вивченням процесу формування транспортного потоку, його структури і параметрів [1 – 2]. Так, в роботах [3 – 4] увага авторів зосереджується на аналізі різних підходів, методів і технологій визначення інтенсивності та параметрів транспортного потоку при дослідженні сигналів різної природи. Отримані результати дають змогу обрати найкращий варіант дослідження

параметрів транспортного потоку залежно від різних умов його формування, проте вони не надають практичних рекомендацій щодо оцінки інтенсивності міжміських потоків вантажів та автомобілів. Корисними для про-гнозування інтенсивності потоків транспортних засобів є рекомендації по будівництву та реконструкції мережі ав-томобільних доріг [5 – 7], адже у будь-якому випадку економічне обґрунтування такого роду проектів базується на визначенні рівня завантаження автомобільних доріг. Особливої уваги в цьому переліку робіт заслуговує робота [7], оскільки в ній представлена детальна методика формування просторового та кількісного відображення річних потреб вантажовласників у міжміському переміщенні вантажів – загальноукраїнської матриці вантажних кореспонденцій. Проте, без розщеплення отриманої матриці за категоріями тра-нспортних засобів робота [7] має незавершений вигляд та потребує доопрацювання.

Виклад основного матеріалу

Основою визначення добової інтенсивності руху міжміських потоків вантажів та автомобілів виступає загальноукраїнська матриця міжміських вантажопотоків. Загальна кількість пунктів, між якими розглядається міжміський рух вантажів, складає 257 од., що обумовлюється кількістю населених пунктів спеціального, республіканського та обласного значення – 183 од., та кількістю пунктів пропуску вантажного автомобільного транспорту – 74 од. Детальний опис формування річної матриці міжміських вантажопотоків представлено в роботі [7].

Не зважаючи на те, що загальноукраїнська матриця вантажних кореспонденцій автомобільним транспортом є достатньою оцінкою річних

напрямків переміщення вантажів між містами спеціального, республіканського, обласного значення та прикордонними пунктами пропуску, варто розуміти, що для використання цієї інформації з метою визначення рівня завантаження автомобільних доріг України по-перше необхідно здійснити перехід від річної до добової розмірності дослідження, а по-друге варто сформувати матриці кореспонденцій не лише вантажів, а й автомобілів, оскільки не лише кількість перевезеного вантажу, а й склад транспортного потоку впливає на його інтенсивність. Виходячи з цього, метою статті є оцінка добової інтенсивності міжміських потоків вантажів та автомобілів.

Для досягнення поставленої мети, а саме поділу річної матриці вантажних кореспонденцій автомобільного транспорту на категорії транспортних засобів, приймається рішення про визначення граничного значення вантажопідйомності автомобілів, що використовуються при перевезенні вантажів у міжміському сполученні.

Вибір граничного значення вантажопідйомності транспортних засобів обумовлюється суттєвою різницею осьового навантаження автомобілів різних вагових категорій на дорожнє полотно. За попередніми дослідженнями таким значенням вантажопідйомності є 5 т [7]. У зв'язку з цим, вантажні кореспонденції автомобільного транспорту розподіляються на дві категорії. Перша категорія – це кореспонденції, що перевозяться легкими вантажними автомобілями вантажопідйомністю до 5 т, до другої категорії відносяться кореспонденції, що перевозяться важкими вантажними автомобілями вантажопідйомністю більше 5 т.

Для формування добових матриць міжміських вантажних кореспонденцій перш за все здійснюється перехід від річних місткостей за відправленням та надходженням вантажів для населених та прикордонних пунктів пропуску до добових обсягів перевезення вантажів. Для цього розраховується обсяг вантажу, що перевозиться в середньому за добу Q_d .

$$Q_d = k_p \cdot \frac{\sum_{i=1}^{183} DC_i^{M(A)} + \sum_{i=1}^{74} DC_i^{N(A)}}{D_p \cdot k_p + D_e \cdot k_e}, \quad (1)$$

де Q_d – добовий обсяг перевезення вантажів, т./добу;

$DC_i^{M(A)}$ – річна місткість i -того міста за обсягом відправлення вантажів автомобільним транспортом, т;

$DC_i^{N(A)}$ – річна місткість i -го прикордонного пункту пропуску за обсягом відправлення вантажів автомобільним транспортом, т;

D_p, D_e – кількість робочих і вихідних днів у році відповідно, дн.;

k_p, k_e – коефіцієнт, що враховує нерівномірність вантажопотоків за робочими та вихідними днями відповідно.

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність вантажопотоків за робочими днями розраховується за допомогою наступної залежності:

$$k_p = \frac{\sum_{g=1}^5 K_g}{N_p}, \quad (2)$$

де K_g – коефіцієнт нерівномірності вантажопотоків у g -ий робочий день [6];

N_p – кількість робочих днів протягом тижня, дн.

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність вантажопотоків за вихідними днями визначається наступним чином:

$$k_e = \frac{K_e^C + K_e^H}{N_e}, \quad (3)$$

де K_e^C, K_e^H – коефіцієнти нерівномірності вантажопотоків у суботу та неділю відповідно [6];

N_e – кількість вихідних днів протягом тижня, дн. Виходячи з цього, добова місткість пункту за відправленням вантажів автомобільним транспортом дорівнює DC_i^d

$$DC_i^d = Q_d \cdot \frac{DC_i^{M(A)}}{\sum_{i=1}^{183} DC_i^{M(A)} + \sum_{i=1}^{74} DC_i^{N(A)}} \quad (4)$$

де DC_i^d – добова місткість i -того транспортного району за обсягом відправленням вантажів автомобільним транспортом, т.

При розрахунку добової місткості прикордонних пунктів пропуску за відправленням вантажів автомобільним транспортом складовою чисельнику виразу (4) $DC_i^{M(A)}$ замінюється складовою $DC_i^{N(A)}$.

Розрахунок добової місткості пунктів за надходженням вантажів автомобільним транспортом здійснюється аналогічно, тобто

$$AC_i^d = Q_d \cdot \frac{AC_i^{M(A)}}{\sum_{i=1}^{183} AC_i^{M(A)} + \sum_{i=1}^{74} AC_i^{N(A)}} \quad (5)$$

де AC_i^{Δ} – добова місткість i -того транспортного району за обсягом надходження вантажів автомобільним транспортом, т;

$AC_i^{M(A)}$ – річна місткість i -того міста за обсягом надходження вантажів автомобільним транспортом, т;

$AC_i^{n(A)}$ – річна місткість i -го прикордонного пункту пропуску за обсягом надходження вантажів автомобільним транспортом, т.

При розрахунку добової місткості прикордонних пунктів пропуску за надходженням вантажів автомобільним транспортом складова чисельнику виразу (5) $AC_i^{M(A)}$ замінюється складовою $AC_i^{n(A)}$.

Наступним етапом при розщеплення матриці вантажних кореспонденцій автомобільного транспорту на категорії транспортних засобів є розподіл отриманих добових місткостей на легкі та важкі кореспонденції автомобільного транспорту. У зв'язку з цим виникає потреба у визначенні середньої вантажопідйомності обраних груп автомобілів, а також частки вантажних кореспонденцій, що виконуються автомобілями малої Δ_m та великої вантажопідйомності Δ_g .

Розрахунок показника середньої вантажопідйомності автомобіля, що використовується для визначення місткостей пунктів за відправленням та прибуттям легких та важких автомобілів, повинно ґрунтуватись на статистичних даних щодо кількості замовлень на міжміське перевезення вантажу того чи іншого обсягу. Загальна кількість замовлень на міжміські перевезення вантажів розподіляється на вантажні кореспонденції обсягом від 1 до 3 т, від 3 до 5 т, від 5 до 7 т, від 7 до 10 т, від 10 до 15 т, від 15 до 20 т, від 20 до 22 т. Виходячи з цього, загальний вигляд залежності, що описує середню вантажопідйомність легких або важких вантажних автомобілів $\bar{q}_{m(g)}$ можна представити наступним чином:

$$\bar{q}_{m(g)} = \frac{\sum_k^n \sum_l^m N_{kl} \cdot \bar{q}_{kl}}{\sum_k^n \sum_l^m N_{kl}}, \quad (6)$$

де $\bar{q}_{m(g)}$ – середня вантажопідйомність легких або важких вантажних автомобілів, т;

N_{kl} – кількість замовлень на міжміське перевезення вантажу обсягом від l до k тонн, од;

\bar{q}_{kl} – розрахункова середня вантажопідйомність автомобіля, що потрібен для виконання замовлень на перевезення вантажу обсягом від l до k тонн, т.

Визначивши середню вантажопідйомність автомобілів, стає можливим розрахувати частку замовлень, що виконуються автомобілями малої Δ_m та великої вантажопідйомності Δ_g .

$$\Delta_{m(g)} = \frac{N_{m(g)} \cdot \bar{q}_{m(g)}}{N_m + N_g}, \quad (7)$$

де $\Delta_{m(g)}$ – частка замовлень, що виконуються автомобілями малої або великої вантажопідйомності відповідно;

$N_{m(g)}$ – кількість замовлень на перевезення вантажів для автомобілів малої або великої вантажопідйомності відповідно, од. Таким чином, місткість пунктів за відправленням легких автомобілів DC_{mi}^{Δ} розраховується наступним чином:

$$DC_{mi}^{\Delta} = \frac{DC_i^{\Delta} \cdot \Delta_m}{\bar{q}_m}, \quad (8)$$

де DC_{mi}^{Δ} – місткість транспортного району за відправленням автомобілів малої вантажопідйомності, од. Місткість транспортних районів за відправленням важких автомобілів DC_{vi}^{Δ} розраховується аналогічно виразу (8).

Загалом, місткість пунктів за надходженням легких автомобілів AC_{mi}^{Δ} дорівнює

$$AC_{mi}^{\Delta} = \frac{AC_i^{\Delta} \cdot \Delta_m}{\bar{q}_m}, \quad (9)$$

де AC_{mi}^{Δ} – місткість транспортного району за надходженням автомобілів малої вантажопідйомності, од. Місткість ТР за надходженням важких автомобілів AC_{vi}^{Δ} розраховується аналогічно виразу (9).

На основі отриманих місткостей здійснюється побудова матриць кореспонденцій легких та важких вантажних автомобілів за допомогою гравітаційної моделі. При цьому варто звернути увагу на те, що розрахункові значення кореспонденцій автомобілів повинні бути цілими, що досягається шляхом округлення отриманих значень за правилами математичного округлення.

Отримані матриці кореспонденцій легких та важких вантажних автомобілів використовуються для завантаження в програмне середовище RTV VISION[®] VISUM, в якому здійснюється останній етап дослідження, а саме розподіл кореспонденцій легких та важких вантажних автомобілів по мережі і розрахунок інтенсивності транспортних потоків.

Оцінка результатів дослідження

Для перевірки на практиці запропонованих математичних залежностей, використовуючи дані Державного комітету статистики, Адміністрації залізничного транспорту, Державної митної та прикордонної служб України та інші інформаційні ресурси [8–11], було розраховано добову інтенсивність легких та важких вантажних автомобілів. Інформаційною основою розрахунків стали дані за 2013 рік, так як об'єктивність інформації за 2014–2016 рр. є сумнівною, що пояснюється, загостренням політичної ситуації, що склалася в Україні протягом вказаного періоду.

Результати розрахунків показали, що найбільша кількість автомобілів як малої, так і великої вантажопідйомності відправляється з таких міст як Київ (131/954 од./добу), Харків (99/722 од./добу) та Одеса (82/596 од./добу), а надходить до Києва (150/1097 од./добу), Дніпропетровська (132/963 од./добу) та Харкова (90/659 од./добу).

Отримані місткості 257 пунктів, що розглядалися в рамках дослідження, було перевірено на відповідність відомим теоретичним законам розподілу випадкових величин [12 – 13]. Відповідно до чого, розподіл обсягів як відправлення, так і надходження легких і важких вантажних автомобілів достатньо точно описується логарифмічно нормальним законом, підтвердженням цього може слугувати діаграма розподілу місткостей досліджуваних пунктів за відправленням важких вантажних автомобілів, рисунок 1.

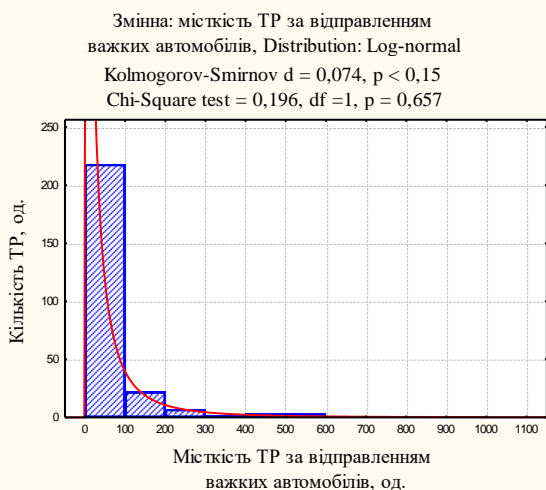


Рисунок 1 – Результати підбору теоретичного закону розподілу для місткостей транспортних районів за відправленням важких вантажних автомобілів

Висновки

Аналіз літературних джерел присвячених дослідженню інтенсивності транспортних потоків

дозволив виявити існуючу методику формування загальноукраїнської матриці вантажних кореспонденцій, яка й стала основою створення добових матриць міжміських потоків вантажів та автомобілів.

Розрахункові значення добових обсягів переміщення вантажів та автомобілів дозволяють оцінити не лише добові потреби вантажовласників у міжміських перевезеннях, а й надати оцінку інтенсивності вантажних транспортних потоків країни. Важливим етапом по-дальших експериментальних досліджень інтенсивності міжміських вантажопотоків повинно стати порівняння розрахункових і фактичних транспортних потоків, що дозволить оцінити адекватність запропонованих залежностей.

Література

1. Lighthill M. J. On kinematic waves: II. Theory of traffic flow on long crowded roads / M. J. Lighthill, G. B. Whitham. // *Proceedings of the royal society*. – 1955. – №229. – С. 281–345.
2. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность дорожного движения / В. Ф. Бабков. – Москва: Транспорт, 1982. – 269 с.
3. Акулов В. В. Анализ методов учёта интенсивности движения на автомобильных дорогах / В. В. Акулов. // *Науковедение*. – 2012. – №4. – С. 1–7.
4. Антипин И. М. Метод определения параметров транспортного потока дорожной развязки / И. М. Антипин. // *Молодежный научно-технический вестник*. – 2013. – №12. – С. 1–15.
5. Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1982. – 95 с.
6. Методика економічних вишукувань для проектування автомобільних доріг / Державне підприємство-Український державний інститут з проектування об'єктів дорожнього господарства «Укрдніпродор». – Київ. - 2004. – 16 с.
7. Розроблення методики прогнозування автотранспортних потоків на автомобільних дорогах загального користування державного значення та розроблення вимог до даних, що використовуються при прогнозуванні, порядку їх збирання і обробки, вимоги до вихідних даних прогнозів для занесення до Єдиної інформаційної геобазы даних автомобільних доріг України: Звіт про ДКР (проміжний) / Державне агентство автомобільних доріг України, ХНАДУ; № держ. реєстрації 0114U004631. – Харків, 2015. – 99 с.
8. Пункти пропуску [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Державної прикордонної служби України. – Режим доступу: [WWW/URL: http://dpsu.gov.ua/ua/activities/skiping_g/skiping_18.htm](http://dpsu.gov.ua/ua/activities/skiping_g/skiping_18.htm).
9. Обсяги прибуття та відправлення вантажів залізницями України [Електронний ресурс] / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – Режим доступу: [WWW/ URL: http://uz.gov.ua/](http://uz.gov.ua/).
10. Статистична інформація щодо обсягів та вартості експорту вантажів при переміщенні через митний кордон України [Електронний ресурс] / Державна митна служба

України. – Режим доступу: \WWW/ URL: <http://arc.customs.gov.ua/>.

11. Статистичні дані щодо кількості замовлень на перевезення вантажу автомобільним транспортом [Електронний ресурс] / Транспортно-інформаційний сайт компанії Lardi-Trans. – Режим доступу: WWW/ URL: <https://lardi-trans.com>.

12. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 2000. – 576 с.

13. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высш. школа, 2000. – 480 с.

References

- Lighthill, M. J. & Whitham, G.B.(1955). On kinematic waves: II. Theory of traffic flow on long crowded roads. *Proceedings of the royal society*, №229, 281–345.
- Babkov, V. F. (1982). Road Traffic and Safety. *Transport*, 151-170.
- Akulov, V. V. (2012). Analysis of the intensity accounting methods of traffic on the roads. *Innovation*, №4, 1–7.
- Antipin, I. M. (2013). The method for determining the flow parameters of the transport junction. *Youth Science and Technology Bulletin*, №12, 1–15.
- Guidance on road capacity*. (1982). М.: Transport, 36-95.
- State enterprise. Ukrainian state institute of road facilities. (2014). *Methods of economic research for the design of roads*.
- State road agency of Ukraine, HNAHU, registration number: 0114U004631. (2015). *Development of methods for transport flows forecasting on the national public roads and requirements for the data used in forecasting, for procedure of its collection and processing, for the entry of information to the Ukraine highways GIS database: Report on the developmental work*. Kharkiv.
- Official site of the State Border Service of Ukraine*. The crossing points [electronic resource]. Retrieved from: \WWW/URL:http://dpsu.gov.ua/ua/activities/skipping/skipping_18.htm.

9. *Official site of the State Administration of Railway Transport of Ukraine*. The arrival and departure freight volumes by rail in Ukraine [electronic resource]. Retrieved from: \WWW / URL: <http://uz.gov.ua/>.

10. *Official site of the State Customs Service of Ukraine*. Statistic information regarding the volume and value of exports of goods while moving through the customs border of Ukraine [electronic resource]. Retrieved from: \WWW/ URL: <http://arc.customs.gov.ua/>.

11. *Official site of the Lardi-Trans Company*. Statistical data on quantity of orders for the carriage of goods by road [electronic resource]. Retrieved from: \WWW/ URL: <https://lardi-trans.com>.

12. Wentzel, E.S. Probability Theory. (2000). *Nauka*, 300-576.

13. Gmurman, V.E. (2000). Theory of Probability and Mathematical Statistics. *Higher School*, 221-450.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Чумаченко, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків.

Автор: ГОРБАЧОВ Петро Федорович
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, доктор технічних наук, професор.

E-mail – gorbachev_pf@mail.ru

Автор: МОСЬПАН Наталія Вікторівна
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, аспірант.

E-mail – nataly.mospan@ukr.net

Автор: СКРИПНИК Дмитро Валентинович
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, аспірант.

E-mail – dmitriy.skrypnik@mail.ru

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ МЕЖДУГОРОДНЫХ ПОТОКОВ ГРУЗОВ И АВТОМОБИЛЕЙ

П.Ф. Горбачёв, Н.В. Моспан, Д.В. Скрыпник

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков

Исследуется интенсивность междугородных потоков грузов и автомобилей на сети национальных и международных автомобильных дорог общего пользования Украины. Основой исследования является годовая всеукраинская матрица грузовых корреспонденций. При расчёте суточной интенсивности междугородных транспортных потоков учитывается неравномерность их формирования по рабочим и выходным дням, а также структура транспортного потока, который состоит из автомобилей малой и большой грузоподъёмности. Полученные значения суточных объёмов перемещения грузов и автомобилей показали, что на их основе можно оценить не только суточные потребности грузовладельцев в междугородных перевозках, но и предоставить оценку интенсивности грузовых транспортных потоков страны.

Ключевые слова: интенсивность, транспортный поток, междугородные грузовые перевозки, матрица корреспонденций.

EVALUATION OF THE INTENSITY FREIGHT AND VEHICLES FLOWS

P.F. Gorbachov, N.V. Mospan, D.V. Skrypnik

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv

The intensity of intercity freight and vehicles flows on a network of public national and international roads of Ukraine is researched. The basis of this study is an annual all-Ukrainian freight correspondence matrix. In calculating the daily intensity of intercity traffic flows is taken into account their unevenness during work and free days and also a structure of the transport flow which consist small and heavy-duty vehicles flows. The resulting values of daily volumes of goods and vehicles movement have shown that it is possible on this base to estimate not only daily cargo owner's needs for intercity freight transportation, but also provide an estimate of the country freight traffic flows intensity.

Keywords: intensity, traffic flow, intercity freight transportation, original-destination matrix.