



Рис. 3 Вибір типу складу, залежно від кількості клієнтів що обслуговується

Висновки. На останок можна зазначити, що система кросс-докінгу є прогресивною, ефективною та логічно правильною при організації товароруку. Проте, приймаючи її, слід зважити всі складові та умови її введення. В іншому випадку, кросс-докінг може призвести до недотримання умов та строків постачання, накопичення великої кількості «термінових» товарів та збитки через невиконання зобов'язань перед клієнтами.

Література

1. Сток Дж. Р., Ламберт Д. М. Стратегическое управление логистикой : Пер. с 4-го англ. изд. — М.: ИНФРА-М, 2005. — 797 с.
2. Гаджинский А. М. Логистика: Учебник. — 11-е изд. — М.: ИТК «Дашков и К°», 2004. — 432 с.
3. Ларіна Р. Р. Логістика: Навчальний посібник. — Д.: ВІК, 2005. — 335 с.
4. Логвинов А. Кросс-докінг: принимай и отправляй! // Современный склад. — 2008. — №1.
5. Фетисова Т., Бабаев А. Технологическая эффективность кросс-докинга // «Складские технологии», — 2009. — №1.

УДК 625.07:656.05:656.11:658

ПРОДУКТИВНІСТЬ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ ЯК КРИТЕРІЙ ЕФЕКТИВНОСТІ ЇЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ

Кандидат технічних наук Лановий О. Т.

В статті розглянуті поняття, що стосуються визначення показника «Продуктивність роботи автомобільної дороги загального користування», який може бути критерієм ефективності її функціонування через те, що він урахує швидкість руху транспортного потоку разом з урахуванням його інтенсивності. Додаткові обмеження у цільовій функції показника дозволяють урахувати необхідний рівень безпеки руху на ділянці дороги через транспортну ціну руху, яка допомагає адекватно визначити суспільні дорожні витрати на забезпечення ефективного функціонування мережі автомобільних доріг загального користування.

In article the concepts, concerning definitions of an indicator «Efficiency of work of a highway of the general using» which can be criterion of efficiency of its functioning are considered because it considers speed of movement of a transport stream together with the account of its intensity. Additional restrictions in indicator criterion function allow to consider necessary level of traffic safety on a road site thanks to an estimation of the transport price of movement which helps to define adequately public road expenses for maintenance of effective functioning of a network of highways of the general using.

Проблема, що розглядається. Автомобільні дороги загального користування є одним із найважливіших елементів транспортної системи країни. Вони мають задовольняти потреби населення та економіки у пасажирських і вантажних перевезеннях.

Проблема, що вирішується у дослідженні — забезпечення безперервних, безпечних і зручних умов руху через наукове обґрунтування підвищення ефективності функціонування та розвитку мережі автомобільних доріг загального користування.

Для визначення ефективності роботи автомобільних доріг треба визначитись — якими головними показниками слід користуватися.

Головні показники транспортної роботи. Система одиниць у такій дисципліні як фізика базується на декількох основних одиницях виміру. В області механіки такими одиницями є маса, шлях і час. Транспортні процеси, хоча й відбуваються за фізичними законами, але при їх описі потрібно брати до уваги також додаткову інформацію, що знаходиться за межами фізики, тому що пасажирів та вантажі, які підлягають перевезенню, не знеособлені, тобто не є довільно замінними одне одним. Ось чому величини й закони, уживані у фізичній теорії транспорту та у динаміці рухомого складу [1], є недостатніми для того, щоб оцінити транспортну систему. Для транспортних систем розроблено вимірники, які фіксують явища й процеси, що відбуваються в ній.

За аналогією з фізичними одиницями виміру транспортні вимірники можуть бути зведені до декількох основних одиниць, система визначень яких має бути обрана так, щоб різні вимірники були б, по можливості, складені з деяких основних вимірників. Основні вимірники повинні бути незалежними [2].

Систему транспортних вимірників побудована на базі трьох основних одиниць: транспортної маси M , транспортного шляху L і транспортного часу T , а технологічні вимірники можна установити на базі цих трьох основних [3]. Система транспортних вимірників дає, крім того, величини, що в суспільно-економічних дослідженнях можуть бути віднесені до витрат, що виникають при перевезеннях.

Транспортна маса M — це кількість досліджуваних транспортних одиниць. Цей вимірник може бути скаляром або вектором. Скалярна транспортна маса складається з одиниць, що знаходяться в спокої чи у русі, для яких нічого невідомо про напрямок наміченого переміщення чи переміщення, що вже відбувається, й які математично характеризуються лише визначеною величиною. Векторна транспортна маса має просторово-часову інформацію про джерело та стік (пункти призначень), а у більшості випадків — і про визначений момент часу перевезення. Це така транспортна маса, перевезення якої або вже здійснюється, або є відповідне на те розпорядження. Векторне поняття транспортної маси не містить у собі ще нічого про дійсно пройдений шлях та необхідного для цього часу, і тому є статичною величиною.

Розмірність транспортної маси може виражатися різними одиницями виміру, що не мають бути похідними одне від одного. Скалярною транспортною масою є кількість глядачів на стадіоні, мета переміщення кожного з яких після футбольного матчу невідома, або ж цукор, що знаходиться на складі. У скалярних одиницях вимірюються: кількість наявних одиниць рухомого складу: автомобілів, літаків, суден. Необхідно вказувати момент часу визначення транспортної маси, наприклад, кількість зареєстрованих транспортних засобів у Київській області на 1 січня 2010 р. Векторною транспортною масою є, наприклад, кількість пасажирів або автомобілів, що у визначений момент часу знаходяться в русі ділянкою автомагістралі «Київ — Бориспіль».

Транспортна маса не є фізичною величиною й виражається у різних одиницях виміру. Не можна підсумовувати кількість пасажирів із кількістю тонн вантажів для визначення загальних перевезень транспорту, або кількість локомотивів не можна підсумовувати з кількостями літаків і суден для визначення суми транспортних засобів.

Похідні величини, отримані з основного вимірника транспортної маси, мають також розглядатися окремо, кожна у своїх одиницях виміру. Як одиницю виміру транспортної маси має сенс ввести єдиний основний вимірник, тому що в цьому випадку похідні величини будуть містити основний вимірник, характерний для їх, різноманіття. Варіантами позначення транспортної маси можуть бути поняття обсягу перевезень.

Транспортний шлях L розглядається не тільки як відстань між початковим пунктом чи пунктом зародження перевезення, тобто джерелом і своїм кінцевим пунктом чи пунктом призначення, але характеризується одночасно й своїм напрямком. Таким чином, із погляду математики транспортний шлях є вектором. Шлях від пункту A до пункту B не ідентичний шляху від B до A .

Транспортний шлях часто зображується прямолінійним поєднанням джерела зі стоком, що відповідає повітряній лінії. Насправді треба враховувати фактичний шлях, що у залежності від конкретної задачі позначається як шлях проходження, маршрут проходження, маршрут перевезення або ж як найкоротший

шлях. У тарифних розрахунках потрібно брати до уваги шлях, що утворить тарифну відстань, що може відрізнятися від дійсно пройденого шляху, а іноді мати з ним лише загальні початковий і кінцевий пункти. Одиницями виміру транспортного шляху є метр, кілометр, миля, морська миля чи будь-яка інша міра довжини.

Транспортним часом T є проміжок часу, необхідний для процесу перевезення. Якщо ж, у вигляді виключення, потрібно задати абсолютний момент часу процесу перевезення, то транспортний час відносять до нульового пункту встановленої системи координат, наприклад, до початку доби.

Для транспортного часу необхідно робити розходження між часом руху та часом перебування у дорозі. Час руху відповідає часу, протягом якого транспортна маса дійсно знаходиться в русі й який, таким чином, не включає часу зупинок. Час перебування у дорозі враховує пересування, зупинки на проміжних вантажно-розвантажувальних станціях, переформування автопоїздів, а також при відомих обставинах — заміну одного транспортного засобу іншим і чекання.

При пасажирських перевезеннях час перебування пасажирів у дорозі можна підрозділити на час підходу до початкової зупинки, власне час поїздки й час проходження від кінцевої зупинки до місця призначення. Власне час поїздки відповідає, при цьому, часу перебування у дорозі транспортного засобу.

При вантажних перевезеннях загальний час транспортування позначається часом доставки. При розгляді обороту рухомого складу мають справу з часом обороту, що відповідає тривалості експлуатаційного циклу. Для вантажного автомобіля — це час між моментами навантаження та наступного навантаження.

Транспортна робота ML визначається як скалярний добуток вектора транспортної маси M та вектора шляху L . Таким чином, ML є скаляром і може підсумовуватися. Ця величина не віднесена до визначеного проміжку часу. При визначенні ML перший зі співмножників може бути узятий у дійсних чи в тарифних одиницях маси, а як дійсно пройдений шлях чи як тарифна відстань. Це дає чотири можливості інтерпретації добутку ML [4].

Необхідно відразу застерегти від змішання понять транспортної роботи, що представляє собою в основному статистичну величину, і механічної роботи, що робить автомобіль завдяки силі тяги, що розвивається ним, на визначеному шляху. Механічна робота визначається при розрахунках часу руху й може бути завжди виражена витратою енергії, наприклад, у літрах витраченого пального. Математично механічна робота є скалярним добутком вектора сили, що діє в напрямку руху, та вектора шляху. Інакшим є випадок транспортної роботи, один компонент якої, хоча і є вектором у напрямку шляху, але, ні в якому разі, не виражає силу, необхідну для його подолання.

З погляду статистики байдуже, проходить автомобіль вагою в 10 т на відрізок 100 км на підйом чи під похил, тому що транспортна робота в обох випадках дорівнює 1000 т-км. Звичайно, із погляду механіки існує велике розходження між цими двома випадками, тому що при русі на підйом автомобіль має виконувати роботу, а при русі під похил може існувати надлишок енергії, що має бути погашений гальмуванням. Тому звичайний зв'язок між витратою енергії та транспортною роботою має тільки статистичний, а не фізичний зміст.

Обидві одиниці виміру, тобто тонно-кілометр і пасажиро-кілометр, відомі кожному фахівцю з транспорту. Одиниці т-км та інші повинні записуватися, у всякому разі, як добуток, а не як дріб т/км, тобто не як відношення двох основних вимірників, що часто присутнє навіть у службовому вживанні.

Транспортна робота ML може також називатися перевізною роботою, транспортною чи перевізною продукцією.

Транспортна продуктивність ML/T визначається добутком транспортної маси M і транспортного шляху L , віднесеним до транспортного часу T . Вона може бути також підрахована як транспортна робота ML , віднесена до часу T , або як добуток транспортної маси M та швидкості L/T , або ж як інтенсивність транспортного потоку M/T помножена на шлях L . Уже ці три визначення транспортної продуктивності вказують на значну можливість застосування цього поняття. Іноді транспортна продуктивність виражається в невірних одиницях виміру, а саме в одиницях транспортної роботи, тобто при цьому відсутнім є зв'язок із часом.

У разі потреби робиться розходження між транспортною продуктивністю у вантажних перевезеннях (наприклад, брутто ткм/рік чи нетто ткм/рік), продуктивністю перевезень у пасажирському сполученні (пасажиро-км/рік) і транспортною (чи краще експлуатаційною) продуктивністю (авт-км/рік). В ЄСРП продуктивність транспорту у вантажних перевезеннях мала назву вантажообігу. Відношення до визначе-

ного інтервалу часу є обов'язковим у всіх цих випадках. Для того щоб одночасно врахувати масу, шлях і швидкість, вводиться показник транспортної дії ML^2/T як добуток транспортної роботи ML і швидкості L/T чи ж як продуктивність транспорту ML/T , помножена на шлях L . На залізницях Радянського Союзу ця величина використовувалася як показник порівняння роботи в диспетчерській службі. Показники, позначені там як транспортні одиниці, порівнюються із собівартістю і дозволяють швидко визначати економію. Показник транспортної дії виправдав себе також при порівняльному розгляді транспортних літаків і при порівнянні ефективності різних транспортних засобів. Його можна використовувати при оцінці заходів щодо раціоналізації роботи.

Продуктивність роботи автомобільної дороги. Для оптимізації роботи системи МАД-НМТП, що найкращим чином описує рух транспортних потоків автомобільними дорогами, можна намагатися досягти різні цілі (критерії оптимізації) та, в залежності від цих цілей, розглядати різні задачі оптимального управління [5]:

- найменший час сполучення при обмежених дорожніх витратах;
- заданий час сполучення при найменших дорожніх витратах;
- найменші транспортні витрати при заданому рівні дорожніх витрат;
- найменші дорожні витрати при заданому рівні транспортних витрат;
- максимальна пропускна здатність дороги при обмеженому рівні дорожньо-транспортних витрат.

Однією з головних умов використання автотранспортом мережі автомобільних доріг є рух нею з достатньо високими швидкостями. Якщо раніше для автомобільних доріг максимумом показника ефективності вважали досягнення інтенсивності транспортного потоку значення пропускної здатності автомобільної дороги, то зараз, приймаючи суспільно-економічну значимість мережі доріг, пропонується використовувати критерієм ефективності показник продуктивності дороги, що найкраще відповідає руху великих за обсягами транспортних потоків із достатньо великими швидкостями руху за умови необхідного рівня безпеки дорожнього руху. Головною перевагою цього показника є урахування швидкості руху транспортного потоку поряд з урахуванням його інтенсивності. Продуктивність дороги визначається як добуток швидкості руху (V) на його об'єм (N):

$$P = \bar{V} \times N,$$

де P — продуктивність роботи автомобільної дороги; \bar{V} — середня швидкість руху; N — об'єм транспортного потоку.

Основним параметрами, що входять у показник продуктивності автомобільної дороги, є середня швидкість руху та інтенсивність транспортного потоку. Останні, у свою чергу, є функціями щільності руху. Таким чином, щільність руху є інтегральним параметром функціонування автомобільної дороги, а її величина значно залежить від існуючих дорожніх умов та складу транспортного потоку.

Зниження швидкості руху транспортних засобів із ростом інтенсивності руху дозволяє припустити, що на графіку залежності продуктивності від щільності руху буде спостерігатися максимальне значення продуктивності автомобільної дороги.

Оптимізація роботи системи МАД-НМТП полягає в максимізації продуктивності дороги за умов досягнення необхідної швидкості руху, а також безперервності, зручності та безпеки дорожнього руху. Усе це має бути підкріплено досягненням суспільно-економічної ефективності роботи автомобільної дороги.

Для визначення відповідності вимог якості умов руху національних та міжнародних транспортних потоків можливостям пропозиції з боку автомобільних доріг потрібно проаналізувати залежність продуктивності дороги від щільності руху, при цьому оптимальна щільність має відповідати максимуму продуктивності, а значення інтенсивності руху, що тут має місце, буде тим заданим рівнем, який є граничним.

Інтенсивність руху, враховуючи основне рівняння руху, може бути подана залежністю [6]:

$$N = V \times q, \quad (4.6)$$

Таким чином, продуктивність дороги має вигляд:

$$\Pi = \bar{V}^2 \times q, \quad (4.7)$$

де q — щільність руху.

Залежність швидкості руху транспортного потоку від його щільності у загальному вигляді:

$$V = C \times \ln\left(\frac{q_{\max}}{q}\right),$$

де C — деяка позитивна константа, q_{\max} — максимально можлива щільність руху;

$$\text{або} \quad V = V_e \left(1 - \frac{q}{q_{\max}}\right), \quad (4.8)$$

де V_e — швидкість вільного руху.

Тоді продуктивність дороги може мати вираз:

$$\Pi = V_e^2 \times q \times \left(1 - \frac{q}{q_{\max}}\right). \quad (4.9)$$

Узявши першу похідну продуктивності дороги по щільності руху потоку, отримаємо її оптимальне значення (при цьому воно максимальне):

$$\frac{d\Pi}{dq} = V_e^2 \left(1 - \frac{2q}{q_{\max}}\right). \quad (4.10)$$

Таким чином, система МАД-НМТП є керованою, тому що процеси, які в ній відбуваються, можуть бути оптимізовані. Математична модель цієї задачі, тобто математична модель оптимального управління системою МАД-НМТП має вигляд:

$$\Pi(l_{ab}) \rightarrow \max \quad (4.11)$$

$$\bar{V} \geq V_s$$

$$N \leq N(q_{opt})$$

$$SL \geq \bar{SL},$$

$$P(MR) \geq AC(MC),$$

де $\Pi(l_{ab})$ — продуктивність ділянки автомобільної дороги довжиною l_{ab} ; \bar{V} — середня швидкість руху транспортного потоку на ділянці дороги довжиною l_{ab} ; V_s — заданий рівень швидкості руху транспор-

тного потоку; N — інтенсивність руху транспортного потоку на ділянці автомобільної дороги довжиною l_{ab} ; $N(q_{opt})$ — інтенсивність руху транспортного потоку, що відповідає оптимальній щільності потоку, виходячи з умов досягнення суспільно-економічної ефективності роботи автомобільної дороги; SL — рівень безпеки руху на ділянці дороги; \overline{SL} — мінімально необхідний рівень безпеки руху на ділянці дороги; $P(MR)$ — транспортна ціна руху, що відповідає граничним суспільним вигодам MR через удосконалення умов руху транспортних потоків автомобільною дорогою; AC — середні загальні суспільні витрати на удосконалення умов руху транспортних потоків автомобільною дорогою; MC — граничні суспільні витрати на удосконалення умов руху транспортних потоків автомобільною дорогою. Подана система управління достатньо відображає задачу оптимізації системи на окремій дорозі. У випадку оптимізації системи для усієї мережі автомобільних доріг загального користування математична модель виглядатиме складніше:

$$\sum_i \sum_j \Pi \rightarrow \max \quad (4.12)$$

$$\Pi(l_{ab}) \rightarrow \max$$

$$\overline{V}_{ab} \geq V_i$$

$$N_{ab} \leq N(q_{opt})$$

$$SL_{ab} \geq \overline{SL},$$

$$P(MR)_{ab} \geq AC_{ab}(MC_{ab}),$$

де l_{ab} — довжина ділянки автомобільної дороги.

Висновки. Отриманий показник — Продуктивність роботи автомобільної дороги загального користування — може бути критерієм ефективності її функціонування через те, що він ураховує швидкість руху транспортного потоку разом з урахуванням його інтенсивності. Останні, у свою чергу, є функціями щільності руху. Таким чином, щільність руху є інтегральним параметром функціонування автомобільної дороги, а її величина значно залежить від існуючих дорожніх умов та складу транспортного потоку. Окрім того, додаткові обмеження у цільовій функції дозволяють ураховувати необхідний рівень безпеки руху на ділянці дороги через транспортну ціну руху, яка допомагає адекватно визначити суспільні дорожні витрати на забезпечення ефективного функціонування мережі автомобільних доріг загального користування.

Список використаних джерел

1. Hochmuth A. *Fahrdynamik der Landfahrzeuge* / Hochmuth A., Wende D. — Berlin: Transpress, 1968.
2. Wehner B. *Technik des Strassenwesens* / Wehner B. — VDIZ 109 (1967) H.25, S. 1185 bis 1193.
3. Potthoff G. *Begriffsbestimmungen in der Mablehr des Verkehrs* / Potthoff G. — WZfV 5 (1957) H. 3, S. 375 — 381.
4. Schumann C. *Die Auswirkungen der technisch-ökonomischen Bedingungen des Wagenladungs-Knotenverkehrs auf die Preisbildung im Gutertarif* / Schumann C. — Diss. HfV Dresden, 1966.
5. Полищук В.П. Автоматизированное управление движением на автомобильных дорогах: дисс. ... докт. техн. наук : 05.22.01 / Полищук Владимир Петрович. — К.: УТУ, 1996.
6. Лановой А.Т. Усовершенствование условий движения на обходных кольцевых (полукольцевых) автомобильных дорогах: дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Лановой Александр Тимофеевич. — К.: КАДИ, 1992.