

УДК 656.21

В.С.ВІНИЧЕНКО, канд. техн. наук

*Харківська національна академія міського господарства*

## **КОНЦЕПЦІЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПЕРЕВІЗНИМ ПРОЦЕСОМ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

Запропоновано показник ефективності функціонування (ПЕФ) транспортної системи та проведено його факторний аналіз.

Предложен показатель эффективности функционирования (ПЭФ) транспортной системы и проведен его факторный анализ.

It is presented the index of the effectiveness of the transport system and maked factors analysis this index.

*Ключові слова:* транспортна система, міський електротранспорт, показник ефективності, параметри транспортного процесу, моделювання.

Зміни в структурі пасажирських перевезень у великих містах України свідчать про те, що міська транспортна система є складною динамічною системою, результати функціонування якої залежать від впливу факторів самої різноманітної природи. Складність прийняття рішень на верхніх рівнях системи управління окремими видами транспорту та міською транспортною системою полягає в тому, що на сьогодні немає однозначної відповіді на питання щодо формування показника ефективності її функціонування [1, 2].

Основною метою функціонування системи оперативного управління міським електротранспортом (МЕТ) є забезпечення виконання заданого обсягу пасажироперевезень з максимальним показником ефективності в найбільш раціональному режимі руху на маршрутах, які утворюють маршрутну систему МЕТ. Запропонована концепція спрямована на підвищення ефективності функціонування МЕТ шляхом використання принципу адаптивного управління перевізним процесом, що передбачає відповідність між попитом на перевезення з боку населення та витратами ресурсів, що здійснюються підприємствами МЕТ, з урахуванням економічного і соціального значення перевезень для міського господарства.

Послідовність дій в системі управління з оптимізації перевізного процесу:

1) на підставі інформації про фактичний стан попиту на транспортні послуги і стан технологічного об'єкту управління визначаються значення технологічних параметрів, за яких цільова функція кожного окремого маршруту, що входить у транспортну систему МЕТ, сягає максимального значення з урахуванням існуючих обмежень;

2) виконується розрахунок показника ефективності функціонува-

ння транспортної системи МЕТ, який враховує її економічне і соціальне значення;

3) при потребі випрацьовуються пропозиції щодо оперативного коригування технологічних параметрів об'єкта управління для приведення його до оптимального стану.

На підставі досліджень, проведених на МЕТ м.Харкова, розроблено математичні моделі, які дозволяють вирішити означені оптимізаційні задачі.

Цільова функція маршрутного транспорту має враховувати інтереси пасажирів, транспортного підприємства і мати вартісне вираження. Найбільш повно даним вимогам відповідає цільова функція, яку було запропоновано в [3] :

$$F = D - R - W \rightarrow \max, \quad (1)$$

де  $D$  – доходи від перевезення пасажирів;  $R$  – сумарні експлуатаційні витрати на здійснення перевезень;  $W$  – вартісний еквівалент народногосподарських втрат від погіршення якості обслуговування пасажирів на маршруті.

Дохід від перевезення пасажирів на маршруті одним транспортним засобом (ТЗ) за один рейс:

$$D = C_T(1 - \alpha)N_{PP} - d, \quad (2)$$

де  $C_T$  – тариф, грн.;  $\alpha$  – частка пасажирів пільгового контингенту;  $N_{PP}$  – сумарна кількість пасажирів за рейс;  $d$  – втрати доходів внаслідок погіршення комфортності поїздки, грн.

Потік замовлень на обслуговування, тобто прихід пасажирів на зупиночні пункти і прибуття ТЗ на ці пункти – події випадкові й незалежні.

Кількість пасажирів, які зможуть здійснити поїздку в одному ТЗ за час його рейсу:

$$N_{PP} = P_{nz} - Q_{oid}, \quad (3)$$

де  $P_{nz}$  – сумарна кількість потенційних пасажирів на зупиночному пункті;  $Q_{oid}$  – сумарна кількість потенційних пасажирів, яким відмовлено в транспортному обслуговуванні (у зв'язку з переповненням салону ТЗ).

Сумарну кількість потенційних пасажирів визначаємо за формулою

$$P_{nz} = \sum_{i=1}^n P_{nzi} = (I + \tau) \sum_{i=1}^n \lambda_i = (T_{kp} / N_{T3} + \tau) \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (4)$$

де  $P_{nzi}$  – кількість потенційних пасажирів на  $i$ -му зупиночному пункті;  $n$  – кількість зупиночних пунктів на маршруті в одному напрямку ру-

ху;  $I$  – інтервал руху, хв.;  $\tau$  – відхилення від розкладу руху, хв.;  $\lambda$  – потік потенційних пасажирів, які підходять на зупиночні пункти, пас./хв.;  $T_{кр}$  – час кругорейсу, хв.;  $N_{ТЗ}$  – кількість ТЗ на маршруті.

Кількість пасажирів, які знаходяться в салоні ТЗ після  $i$ -го зупиночного пункту:

$$Q_{naci} = Q_{naci-1} + (I + \tau)(\lambda_i - \mu_i). \quad (5)$$

Якщо  $Q_{naci} > K_{зм} \cdot B$ , то

$$Q_{naci} = K_{зм} \cdot B, \quad (6)$$

де  $K_{зм} = 1,05$  – максимально припустиме значення коефіцієнта заповнення салону;  $B$  – місткість рухомого складу, пас.

Кількість пасажирів, яким відмовлено в обслуговуванні на  $i$ -му зупиночному пункті у зв'язку з переповненням салону ТЗ:

$$Q_{vidi} = Q_{naci-1} + (I + \tau)(\lambda_i - \mu_i) - K_{зм} \cdot B. \quad (7)$$

Сумарна кількість пасажирів, яким було відмовлено в обслуговуванні за час рейсу:

$$Q_{vid} = \sum_{i=1}^n Q_{vidi}. \quad (8)$$

Погіршення комфортності поїздки на  $i$ -му перегоні маршруту будемо характеризувати коефіцієнтом заповнення салону  $K_{zi}$ :

$$K_{zi} = Q_{naci} / B. \quad (9)$$

Якщо  $K_{zi} > K_{зм}$ , то

$$K_{zi} = K_{зм}, \quad (10)$$

а частині потенційних пасажирів на  $i$ -му зупиночному пункті буде відмовлено в обслуговуванні.

Втрати доходів внаслідок того, що при наповненні салону більше 5 пас./м<sup>2</sup> кондуктор фізично не може зібрати плату за проїзд з усіх пасажирів, будемо виражати через коефіцієнт оплати проїзду:

$$K_{onli} = \begin{cases} 1,0 - 0,14K_{zi} & \text{при } 0 < K_{zi} < 0,70, \\ 1,7 - 1,14K_{zi} & \text{при } 0,70 < K_{zi} \leq 1,05. \end{cases} \quad (11)$$

Втрати доходів через погіршення комфортності:

$$d = C_T (1 - \alpha) (I + \tau) \sum_{i=1}^n \lambda_i (1 - K_{onli}). \quad (12)$$

Собівартість пасажироперевезень включає змінні витрати (на енергію, експлуатаційні матеріали, шини, технічне обслуговування і поточний ремонт рухомого складу, а також амортизаційні відрахування на відновлення рухомого складу та його капітальний ремонт) і по-

стійні (заробітна платня водіїв і кондукторів, соціальні нарахування на заробітну плату, накладні витрати на утримання апарату управління).

Вартісний еквівалент якості обслуговування має такі складові:

$$W = \omega_{oc} + \omega_p + \omega_k, \quad (13)$$

де  $\omega_{oc}$  – вартісний еквівалент народногосподарських втрат від очікування пасажирів на прибуття ТЗ;  $\omega_p$  – вартісний еквівалент народногосподарських втрат від порушення регулярності руху на маршруті;  $\omega_k$  – вартісний еквівалент народногосподарських втрат від погіршення комфортності поїздки у порівнянні з плановою комфортністю.

Втрати від очікування пасажирів на зупиночних пунктах на прибуття ТЗ, грн.:

$$\omega_{oc} = (C_e \cdot N_{np} \cdot t_{oc}) / 60, \quad (14)$$

де  $C_e$  – вартісний еквівалент одиниці вільного часу пасажирів, грн./год.;  $t_{oc}$  – середній час очікування, хв.

Середній час очікування пасажирів при рівномірному потоці потенційних пасажирів, які підходять на зупиночні пункти:

$$t_{oc} = I / 2. \quad (15)$$

Формулу (14) можна записати у вигляді:

$$\omega_{oc} = (C_e \cdot I / 2 \cdot \sum_{i=1}^n P_{nzi}) / 60. \quad (16)$$

Вартісний еквівалент народногосподарських втрат від порушення регулярності руху буде пов'язаний з тим, що при відхиленні транспортного засобу від графіку руху, потенційні пасажири, які знаходяться на ПЗ, будуть вимушені витратити додатковий час на очікування посадки. Крім цього, порушення регулярності руху ТЗ змушує потенційних пасажирів приймати заходи щодо страхування поїздки, що здійснюється у вигляді їх завчасного підходу до ПЗ. Таким чином, втрати від порушення регулярності руху можна записати так:

$$w_p = w_{\Delta, oc} + w_{cm}, \quad (17)$$

де  $w_{\Delta, oc}$  – народногосподарські втрати через додаткове очікування ТЗ;  $w_{cm}$  – народногосподарські втрати через витрати часу на страхування поїздки пасажирами.

Якщо ТЗ вийде з початкового зупиночного пункту із запізненням  $\tau$  і пройде через усі зупиночні пункти з тим самим запізненням, то втрати у зв'язку з додатковим очікуванням на прибуття ТЗ складуть, грн.:

$$\omega_{d,oc} = 1,5(C_e / 60)t^2 \sum_{i=1}^{n-1} \lambda_i . \quad (18)$$

Витрати часу на страхування поїздки залежать від ймовірності невчасного прибуття ТЗ на зупиночні пункти (регулярності руху), інтервалу руху та загального часу очікування на прибуття ТЗ, що може дозволити собі пасажир. Дослідження на маршрутній мережі показують, що потенційні пасажирів приймають час страхування поїздки прямо пропорційно інтервалу руху ТЗ і обернено пропорційно регулярності руху, але не більше 20-30 хв. При більших значеннях часу страхування пасажирів, у переважній кількості, відмовляються від користування даним маршрутом.

Народногосподарські втрати внаслідок витрат часу на страхування поїздки пасажирів, які користуються маршрутом, грн.:

$$w_{cm} = C_e \cdot t_{cm} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \lambda_i . \quad (19)$$

В роботі [4] показано, що комфортність поїздки залежить, головним чином, від рівня заповнення салону ТЗ. Погіршення комфортності поїздки через занадто велике наповнення салону ТЗ призводить до наступних наслідків:

- 1) народногосподарські втрати при відмові частини потенційних пасажирів у транспортному обслуговуванні з боку ТП ( $\omega_1$ );
- 2) народногосподарські втрати через зменшення продуктивності праці пасажирів на виробництві внаслідок отриманої «транспортної втоми» від поїздки ( $\omega_2$ ).

Таким чином, сумарні втрати від погіршення комфортності, грн.:

$$\omega_k = \omega_1 + \omega_2 . \quad (20)$$

Ефективність будь-якого процесу визначається як відношення позитивного ефекту до витрат на його отримання. На підставі цього визначення можна вважати, що показник ефективності (ПЕ) функціонування транспортної системи – це кількісна характеристика ступеня створення передумов для досягнення всіма учасниками транспортного процесу позитивних результатів в конкретній експлуатаційній ситуації з урахуванням експлуатаційних витрат.

Основні фактори споживацьких властивостей результату транспортного процесу для пасажирів: а) абсолютна величина позитивного ефекту – кількість отриманого вільного часу; б) абсолютна величина витрат – кількість витраченого транспортного часу та вартість проїзду. Транспортне підприємство при вирішенні питання про здійснення

перевезень буде керуватися параметрами транспортного процесу, що характеризують спроможність задоволення його вимог: а) абсолютна величина позитивного ефекту – кількість отриманого доходу; б) абсолютна величина матеріальних витрат – експлуатаційні витрати.

Таким чином, узагальнений показник ефективності транспортної системи можна записати у вигляді:

$$ПЕ = \frac{T_{вч} C_{вч} + N_n (C_m - C_e)}{T_{мп} C_{вч} + N_n (C_m + C_e)}, \quad (21)$$

де  $T_{вч}$  – сумарний вільний час, отриманий пасажирами, год.;  $T_{мп}$  – сумарний транспортний час пасажирів, год.;  $N_n$  – кількість перевезених пасажирів за розрахунковий період, пас.;  $C_{вч}$  – вартість одиниці вільного часу, грн./год.;  $C_m$  – тариф (вартість проїзду одного пасажирів), грн./пас.;  $C_e$  – експлуатаційні витрати транспортних підприємств, що припадають на здійснення перевезення одного пасажирів, грн./пас.

Якщо змінні, що входять до формули (1), виразити через технічні параметри маршрутної системи, то формула (1) набуває вигляду:

$$ПЕ = \frac{\frac{l_c}{V_e} \left( \frac{V_e}{V_{пш}} - 1 \right) C_{вч} + C_m - C_e}{\frac{l_c}{V_e} C_{вч} + C_m + C_e}, \quad (22)$$

де  $l_c$  – середня далекість поїздки пасажирів, км;  $V_e$  – середня експлуатаційна швидкість руху транспортних засобів;  $V_{пш}$  – середня швидкість пішого руху.

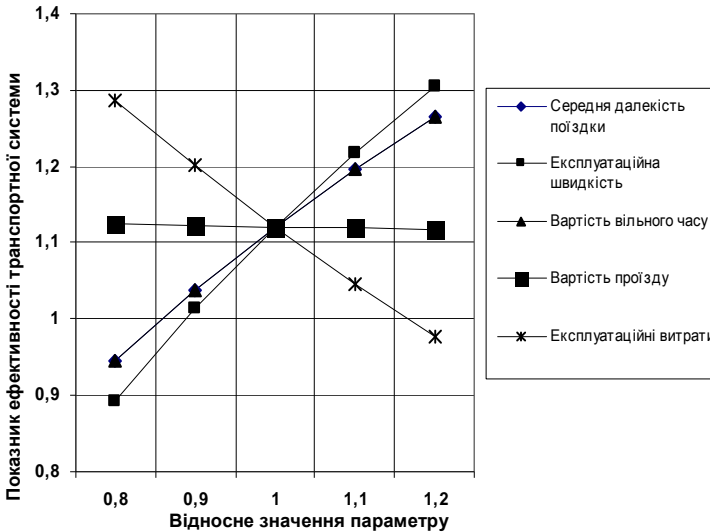
Для визначення ступеня впливу окремих параметрів проведено факторний аналіз показника ефективності транспортної системи на прикладі трамваю в м.Харкові [4]. При цьому було зроблено перерахунок значень параметрів та показника ефективності у відносні одиниці за формулою

$$A_i = B_i / B_{ин}, \quad (23)$$

де  $A_i$  – відносне значення  $i$ -го параметра;  $B_i$  – значення параметра;  $B_{ин}$  – норма (середні значення параметрів).

Як було встановлено, найбільший ступінь впливу на показник ефективності транспортної системи трамваю мають середня експлуатаційна швидкість руху транспортних засобів на маршрутній мережі та експлуатаційні витрати, що несуть транспортні підприємства (рисунк). Середня далекість поїздки пасажирів та вартість одиниці вільного часу пасажирів мають однаковий ступінь впливу на показник ефективності транспортної системи. При збільшенні вартості проїзду та не-

змінних інших параметрах транспортного процесу показник ефективності транспортної системи хоча і несуттєво, але знижується.



Вплив параметрів транспортного процесу на показник ефективності транспортної системи

Таким чином, проведені дослідження показує, що підвищення вартості проїзду на міському пасажирському транспорті повинно супроводжуватися заходами щодо підвищення середньої експлуатаційної швидкості руху транспортних засобів і/або зниженням експлуатаційних витрат, які несуть транспортні підприємства.

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні підсистеми підтримки прийняття рішення для диспетчерського персоналу автоматизованих систем диспетчерського управління перевізним процесом.

1. Дидук Н.И., Рябенко Н.П., Пинк Р.Л. Многоцелевые критерии оптимальности на транспорте и социальные потери // Наука и техника в городском хозяйстве. – 1979. – Вып.42. Городской электротранспорт. – С.35-39.

2. Лежнева Е.И. К количественному обоснованию решений при усовершенствовании городских пассажирских перевозок // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.81. – К.: Техніка, 2008. – С.345-350.

3. Гюлев Н.У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом человеческого фактора: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.02. – Харьков, 1993. – 139 с.

4. Самуйлова И.С., Виниченко В.С. Исследование эксплуатационных параметров движения на маршрутной системе трамвая в г.Харькове // Коммунальное хозяйство го-

родов: Науч.-техн. сб. Вып.81. – К.: Техніка, 2008. – С.262-267.

*Отримано 04.11.2009*

УДК 656.072

П.Ф.ГОРБАЧЕВ, канд. техн. наук, Е.В.ЛЮБЫЙ, А.В.РОССОЛОВ

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

В.М.СЕМЕСЕНКО, Н.П.ГИЦЕНКО

*Исполнительный комитет Сумского городского совета*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ ЛЬГОТНОГО И ПЛАТНОГО КОНТИНГЕНТА НА ГОРОДСКОМ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТЕ**

Предлагается методика проведения обследования пассажиропотоков для определения соотношения льготного и платного контингента на городском электротранспорте. Представлены результаты обследования пассажиропотоков на электротранспорте г.Сумы.

Пропонується методика проведення обстеження пасажиропотоків з метою визначення співвідношення пільгового і платного контингенту на міському електротранспорті. Надано результати обстеження пасажиропотоків на електротранспорті м.Суми.

The approach to passenger flows inspection for defining the correlation of privileged to paid contingent has been proposed. The results of passenger flows inspection on electrical transport of Sumy city has been presented.

*Ключевые слова:* соотношение льготного и платного контингента, городской электротранспорт.

Городской пассажирский транспорт (ГПТ) является одним из основных секторов экономики, результаты деятельности которого в полной мере ощущают на себе все жители города. От эффективности функционирования пассажирского транспортного комплекса во многом зависит сохранение социальной, экономической и политической стабильности жизни города.

У большинства коммунальных предприятий ГПТ доходы от перевозок пассажиров не покрывают расходов на их выполнение. Однако причины убыточности городских пассажирских перевозок различны: с одной стороны, – это сдерживание местными властями роста тарифов, а с другой – значительное количество категорий пассажиров, пользующихся правом льготного проезда.

В соответствии с действующим законодательством Украины, право бесплатного проезда на ГПТ предоставлено достаточно большому количеству категорий пассажиров. Помимо этого, распоряжениями областных и муниципальных органов власти право бесплатного проезда дополнительно предоставлено еще целому ряду категорий пассажиров. Так, в г.Сумы количество категорий льготного контингента составляет 21, в г.Донецке – 22, а в Харькове это количество составля-