

В. О. Огневий
Є. В. Смирнов
Д. В. Борисюк

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ МІСЬКИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Вінницький національний технічний університет

В теорії та практиці вантажних автомобільних перевезень виділяють багато різних типів транспортних систем, які досить суттєво відрізняються між собою. Міські вантажні перевезення зазвичай виконуються одним або декількома транспортними засобами на маятникових або кільцевих маршрутах, тобто є малою транспортною системою. У таких транспортних системах має місце нерівномірність роботи транспортних засобів, яка є величиною відхилення виробітку в тоннах і тонно-кілометрах, що виникає щодня залежно від впливу багатьох факторів. Найбільш значущими факторами, які викликають нерівномірність роботи транспортних засобів, є непостійність величин середньої технічної швидкості автомобілів та часу їхнього простою під навантаженням-розвантаженням.

Нерівномірність роботи автомобілів суттєво впливає на виконання ними плану перевезень, а отже призводить до зниження продуктивності роботи та прибутку автотранспортного підприємства. При цьому огляд раніше виконаних наукових праць показав, що питанням врахування нерівномірності роботи автомобілів в оперативному плануванні не приділялося достатньої уваги.

В статті пропонується розглядати середню технічну швидкість та час простою під навантаженням-розвантаженням не як детерміновані, а як випадкові величини, розподіл яких узгоджується з нормальним законом. Відповідно до цього запропоновано математичний апарат, який дозволяє моделювати роботу малої транспортної системи з урахуванням нерівномірності роботи транспортних засобів. Врахування імовірнісної природи зазначених величин дозволяє підвищити точність моделювання роботи малої транспортної системи та можливої появи черг очікування завантаження або розвантаження в вантажних терміналах. На основі використання цієї математичної моделі, в роботі виконано вдосконалення методики оперативного планування міських вантажних перевезень. Використання запропонованої методики дозволить знизити простої автомобілів та підвищити ефективність роботи автотранспортного підприємства.

Ключові слова: автотранспортне підприємство, рухомий склад, оперативне планування, транспортна робота, транспортна система.

Вступ

Основне завдання вантажних автотранспортних підприємств (АТП) полягає в задоволенні потреб у перевезеннях вантажів відповідно до укладених угод або заявок на перевезення. Числові значення обсягів перевезень, які зазначено в цих угодах або заявках на перевезення, формують оперативний план перевезень АТП. Проте різні транспортні системи суттєво відрізняються одна від одної особливостями обліку обсягів транспортної роботи (виробітком в тоннах і тонно-кілометрах) та умовами виконання перевезень. На практиці, в міських умовах вантажі перевозяться рухомих складом (РС) в основному, на маятникових і кільцевих маршрутах, та спостерігається нерівномірність роботи автомобілів, яка виникає щодня в залежності від впливу таких факторів, як середня технічна швидкість, час простою під навантаженням-розвантаженням тощо. Нерівномірність роботи автомобілів впливає на виконання плану перевезень і в кінцевому підсумку призводить до зниження прибутку.

Оперативний план перевезень є важливим документом системи оперативного планування, у якому відображається весь план перевезень АТП на календарну добу. Він складається з урахуванням факторів, що впливають на виробіток автомобілів та є основою для розробки графіка випуску РС на лінію [1]. На сьогодні існує декілька методик [2–4] розрахунку обсягів перевезень та вантажообігу для розробки оперативного плану перевезень вантажів на маятникових і кільцевих маршрутах.

Зазначені методики базуються на постійних (детермінованих) значеннях середньої технічної швидкості автомобілів та часу їхнього простою під навантаженням-розвантаженням, на основі яких визначаються кількість їздок кожного автомобіля, потреба в автомобілях та загальні обсяги транспортної роботи. Проте ці методики не враховують багатьох різних факторів, які впливають на роботу автомобілів, в результаті чого спостерігається нерівномірність їхнього виробітку, що зазначено в роботах [3–6].

Таким чином, важливим завданням на сьогоднішній день є забезпечення виконання плану перевезень вантажів в умовах міста з урахуванням нерівномірності роботи автомобілів за рахунок вдосконалення системи оперативного планування перевезень. У зв'язку з цим *метою роботи є*

вдосконалення методики оперативного планування перевезень вантажів в умовах міст з урахуванням нерівномірності роботи автомобілів.

Основна частина

Перед початком виконання поставлених завдань слід уточнити поняття нерівномірність роботи автомобілів. Тому далі під нерівномірністю роботи автомобілів будемо розуміти величину відхилення виробітку в тоннах і тонно-кілометрах, яка щодня виникає в залежності від впливу таких факторів, як середня технічна швидкість та час простою під навантаженням-розвантаженням [5, 7, 8].

В нашій роботі розглядаються малі транспортні системи, де працює група транспортних засобів (ТЗ), що перевозять вантажі у міських умовах експлуатації. Під малою транспортною системою розуміється сукупність пунктів навантаження та розвантаження, транспортних зв'язків між ними та автомобілів, що здійснюють перевезення вантажу. При цьому схемою перевезень вантажів в такій транспортній системі є маятникові та кільцеві маршрути.

Мала транспортна система може перебувати в насиченому і ненасиченому стані. Під насиченою системою розуміється така, в якій пропускна спроможність навантажувальних і розвантажувальних пунктів забезпечується певною групою автомобілів, та додавання до такої системи ще одного автомобіля (автопоїзда), що в кінцевому результаті призводить до утворенню черг транспортних засобів на обслуговування в одному з вантажопереробних пунктів. Ненасиченою системою вважається така, де можливості навантажувальних та розвантажувальних пунктів та потреби системи в обсягах перевезень перевищують сумарний виробіток автомобілів, які виконують доставку вантажів у системі в даний момент часу. І якщо до такої системи додати ще один автомобіль, то це не викличе утворення черги транспортних засобів. Для них характерна властивість: інтервал руху більший за ритм виконання навантажувальних або розвантажувальних робіт [8].

Згідно з роботою [4], ТЗ у мікро- та малих транспортних системах виконують роботу із середніми швидкостями, величини яких відповідають виразу $V_T = \bar{V}_a \pm \sigma$, а їхній розподіл узгоджується з нормальним законом. На основі таких швидкостей можна один раз визначити величину σ та застосувати її для різних транспортних систем, розташованих на території міста, а для опису вхідних потоків ТЗ у вантажні пункти використовувати нормальний розподіл. Цей закон слід застосовувати для опису розподілу імовірнісної величини швидкості. Також в багатьох наукових працях було показано, що середня технічна швидкість та час простою під навантаженням-розвантаженням, які застосовуються для планування, під час перевезення вантажів одним ТЗ у містах, добре описуються законом нормального розподілу.

На основі цих міркувань сформулюємо модель перевезень вантажів з урахуванням нерівномірності роботи автомобілів в малій транспортній системі в умовах міста.

Час руху з вантажем i -го автомобіля під час j -ї їздки, год.

$$t_{pvi,j} = \frac{l_{vi,j}}{V_{Ti,j} \pm \Delta V_{i,j}}, \quad (1)$$

де j – номер їздки; i – порядковий номер ТЗ; $V_{Ti,j}$ – середня технічна швидкість i -го ТЗ під час j -ї їздки, км/год; $\Delta V_{i,j}$ – відхилення середньої технічної швидкості i -го ТЗ під час j -ї їздки, км/год; $l_{vi,j}$ – пробіг з вантажем i -го ТЗ під час j -ї їздки, км.

Час руху без вантажу i -го ТЗ під час j -ї їздки, год

$$t_{bvi,j} = \frac{l_{xi,j}}{V_{Ti,j} \pm \Delta V_{i,j}}, \quad (2)$$

де $l_{xi,j}$ – пробіг без вантажу (холостий пробіг) i -го ТЗ під час j -ї їздки, км.

Час обороту це сума часу руху з вантажем, часу руху без вантажу, часу очікування і часу навантаження-розвантаження i -го ТЗ під час j -ї їздки. Час обороту i -го ТЗ включає величини часу руху з вантажем і без вантажу з урахуванням показників $t_{n-pi,j} \pm \Delta t_{n-pi,j}$, год:

$$t_{oi} = \frac{1}{Z_i} \sum_{j=1}^{Z_i} (t_{pvi,j} + t_{bvi,j} + (t_{n-pi,j} \pm \Delta t_{n-pi,j})), \quad (3)$$

де $t_{n-pi,j}$ – час навантаження-розвантаження i -го ТЗ під час j -ї їздки, год; $\Delta t_{n-pi,j}$ – відхилення часу навантаження-розвантаження i -го ТЗ під час j -ї їздки, год.; Z_i – кількість їздок i -го ТЗ за зміну.

Інтервалу руху ТЗ визначається за формулою

$$I = \frac{t_{oi}}{A}, \quad (4)$$

де A – необхідна кількість ТЗ в малій транспортній системі.

Ритм роботи малої транспортної системи, год;

$$R = \max(R_n; R_p), \quad (5)$$

де R_n, R_p – відповідно ритм виконання навантаження, розвантаження, год.

Ритм виконання навантажувальних робіт в пункті навантаження та розвантажувальних робіт в пункті розвантаження відповідно можна визначити за формулою

$$R_{n(p)} = \frac{\min_{i,j}(t_{n(p)i,j} \pm \Delta t_{n(p)i,j})}{X_{n(p)}}, \quad (6)$$

де $X_{n(p)}$ – кількість постів навантаження (розвантаження), од.

Знаючи величини інтервалу руху та ритму роботи можна визначити стан малої транспортної системи – насичений чи ненасичений. Відповідно це дозволяє спланувати час очікування i -го ТЗ, год.

$$t_{ochi} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } I \geq R; \\ R - \text{mod}(t_{oi}; R), & \text{якщо } I < R. \end{cases} \quad (7)$$

Якщо транспортна система насичена ($I < R$), то повний час обороту буде включати в себе час обороту, визначений за (3) і час очікування:

$$t_{oi}^n = t_{oi} + t_{ochi}. \quad (8)$$

Час роботи i -го ТЗ, год.

$$T_{Mi} = T_c - R(A-1), \quad (9)$$

де T_c – час роботи системи, який визначається часом початку і кінця роботи елементів транспортної системи, год.

Кількість їздок, яку може виконати ТЗ за час роботи

$$Z_i = \left[\frac{T_{Mi}}{t_{oi}^n} \right] + Z'_i, \quad (10)$$

де Z' – кількість їздок i -го ТЗ за час, що залишився на останньому оберті, од.

$$Z'_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \text{mod}(T_{Mi}; t_{oi}^n) \geq \frac{1}{Z_i} \sum_{j=1}^{Z_i} (t_{pvi,j} + (t_{n-pi,j} \pm \Delta t_{n-pi,j})); \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases} \quad (11)$$

Виробіток в тоннах i -го АТЗ залежить від фактичного завантаження та кількості їздок

$$Q_{Hi} = q_i \cdot \gamma_i \cdot Z_i, \quad (12)$$

де q_i – фактична вантажопідйомність i -го ТЗ, т; γ_i – коефіцієнт використання вантажопідйомності i -го ТЗ.

Виробіток в тонно-кілометрах i -го ТЗ визначається за формулою

$$W_{Hi} = Q_{Hi} \cdot \sum_{j=1}^{Z_i} l_{ei,j}. \quad (13)$$

Моделювання процесу перевезень в міських транспортних системах виконується в умовах, коли відомий плановий обсяг перевезень (за замовленнями), у цьому випадку виробіток визначається як мінімум між плановими обсягами перевезень (Q_{pl}) та максимально можливими обсягами перевезень (Q_{max})

$$Q = \min(Q_{nl}; Q_{\max}). \quad (14)$$

Виробіток в тоннах при $Q_{nl} = Q_{\max}$

$$Q = Q_{\max} = \sum_{i=1}^A Q_{Hi}. \quad (15)$$

Виробіток в тоннах при $Q_{nl} < Q_{\max}$

$$\sum_{i=1}^A Q_{Hi} \in \{Q; Q + \Delta Q\}, \quad (16)$$

де ΔQ – величина невикористаної вантажопідйомності у випадку некратності Q_{nl} і фактичної вантажопідйомності ТЗ, т.

Виробіток в тонно-кілометрах визначається за формулою

$$P = \sum_{i=1}^A P_{Hi} \quad (17)$$

План перевезень вважається виконаним, якщо $Q \geq Q_{nl}$. В іншому випадку необхідно переглянути організацію процесу перевезень. Крім того, якщо виконується зазначена умова, слід розрахувати наступні показники функціонування малої транспортної системи.

Загальний пробіг i -го ТЗ та загальний пробіг в транспортній системі відповідно визначаються за формулами:

$$L_{3az.i} = l_{n1i} + l_{n2i} + \sum_{j=1}^{Z_i-1} (l_{ei,j} + l_{xi,j}) + l_{ei,z}; \quad (18)$$

$$L_{3az} = \sum_{i=1}^A L_{3az.i}, \quad (19)$$

де l_{n1i}, l_{n2i} – нульовий пробіг i -го ТЗ від АТП до першого пункту навантаження та від останнього пункту розвантаження до АТП відповідно, км; $l_{ei,z}$ – пробіг з вантажем i -го ТЗ під час останньої їздки, км.

Час в наряді i -го ТЗ та загальний час в наряді в транспортній системі відповідно визначаються за формулами:

$$T_{Hi} = t_{n1i} + t_{n2i} + \sum_{j=1}^{Z_i-1} (t_{pei,j} + t_{oei,j}) + t_{pei,z} + \sum_{j=1}^{Z_i} (t_{n-pi,j} \pm \Delta t_{n-pi,j}); \quad (20)$$

$$T_H = \sum_{i=1}^A T_{Hi}, \quad (21)$$

де t_{n1i}, t_{n2i} – час подачі i -го ТЗ від АТП до першого пункту навантаження та час повернення ТЗ від останнього пункту розвантаження до АТП відповідно, км; $t_{pei,z}$ – час руху i -го ТЗ з вантажем під час останньої їздки, км.

Відповідно до наведених вище математичних залежностей можна виконувати моделювання процесу перевезень в малих транспортних системах з урахуванням нерівномірності роботи ТЗ. На основі такої моделі, в роботі запропоновано удосконалену методику оперативного планування вантажів в малій транспортній системі (в умовах міст), алгоритм якої представлено на рис. 1.

В блоці 1 виконується введення вхідних даних відповідно до заявки (договору) на перевезення вантажу. До вихідних даних відноситься потреба в перевезеннях, виражена в тонах або тонно-кілометрах, а також розташування вантажовідправника і вантажоодержувача, характеристики вантажу та інша вхідна інформація.

В блоці 2 виконується проектування маршруту перевезень. Як зазначалось вище, в міських вантажних перевезеннях використовуються маятникові або кільцеві маршрути різних типів.

Для виконання моделювання процесу перевезень в блоці 3 виконується формування масиву вихідних даних. До них відносяться:

- схема маршруту перевезення та його характеристики (довжина пробігу з вантажем і без вантажу, холостий пробіг та інші);
- час роботи РС, год;
- вантажопідйомність та коефіцієнт використання вантажопідйомності i -го ТЗ, т;

- попередньо визначена кількість ТЗ, необхідна для виконання перевезень (розрахована за традиційною методикою);
- кількість постів навантаження і розвантаження в пунктах завантаження та розвантаження відповідно, од.;
- середній час навантаження i -го ТЗ та його відхилення, год.;
- середній час розвантаження i -го ТЗ та його відхилення, год.;
- середньотехнічна швидкість i -го ТЗ та її відхилення, км/год.

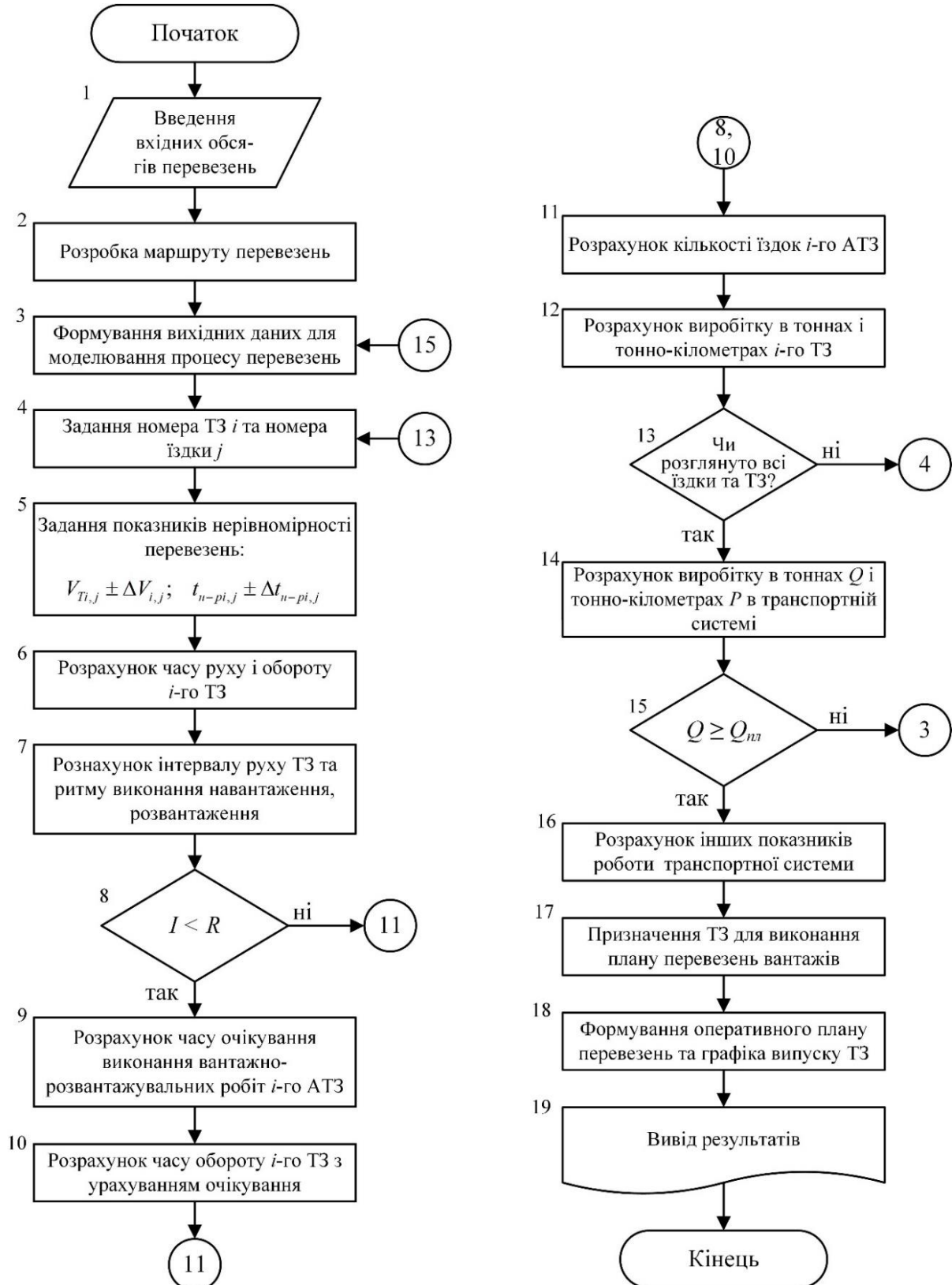


Рис. 1. Методика оперативного планування перевезень вантажів в умовах міст

Далі в блоках 4–15 відбувається моделювання перевезень в малій транспортній системі.

Так в блоці 4 відбувається задання номера ТЗ i та номера їздки j . В блоці 5, відповідно до процедури визначення випадкових величин за нормальним законом розподілу, задаються значення середньої технічної швидкості та часу простою під завантаженням і розвантаженням для i -го ТЗ при виконанні j -ї їздки.

В блоці 6 проводиться розрахунок часу руху з вантажем, без вантажу та обороту i -го ТЗ при виконанні j -ї їздки. Далі в блоці 7 визначаються інтервал руху ТЗ та ритм роботи малої транспортної системи (як максимум ритмів виконання завантаження і розвантаження ТЗ). Розрахунки вказаних показників виконуються за формулами (1)–(6).

В блоці 8 відбувається перевірка насиченості транспортної системи. Якщо система є насиченою, тобто інтервал руху менший ритму, з'являється час очікування, а моделювання переходить до блоку 9. Якщо система є ненасиченою, тобто інтервал більший або рівний ритму, то здійснюється перехід до блоку 11.

Для насиченої транспортної системи в блоках 9–10 виконуються розрахунки часу очікування на виконання навантажувально-розвантажувальних робіт та повний час обороту з урахуванням очікування. Розрахунки виконуються за формулами (7)–(8).

В блоці 11 виконується визначення кількості їздок для i -го ТЗ. Розрахунки виконуються за формулами (9)–(11). Далі в блоці 12 виконуються розрахунки виробітку в тонах і тонно-кілометрах i -го ТЗ. Розрахунки виконуються за формулами (12)–(13).

Логічний оператор 13 виконує перевірку умови завершення моделювання роботи транспортної системи. Якщо змодельована робота всіх ТЗ за усіма їздками, то управління передається до блоку 14, якщо ж ні, то управління повертається до блоку 4 та продовжується моделювання роботи малої транспортної системи за наступним етапом циклу.

В блоці 14 визначається виробіток в тонах і тонно-кілометрах в малій транспортній системі, який є сумою фактично можливих виробітків в тонах і тонно-кілометрах. Розрахунки виконуються за формулами (14)–(17).

Блок 15 виконує перевірку умови виконання планового обсягу перевезень. Якщо виконується умова при якій обсяг перевезень Q більший або дорівнює обсягу перевезень за замовленням (договором) $Q_{пл}$, управління передається до блоку 16. В іншому випадку необхідно виконати аналіз отриманих даних та внести коректування до вихідних даних, управління передається до блоку 3.

В блоці 16 виконується розрахунок загального пробігу та часу в наряді в малій транспортній системі. Розрахунки виконуються за формулами (18)–(21).

В блоці 17 відділом експлуатації АТП виконується підбір технічно справних ТЗ для виконання плану перевезень. В блоці 18 відбувається формування остаточного оперативного плану перевезень з формуванням графіка випуску автомобілів на лінію. Також в цьому блоці відбувається оформлення необхідної документації для випуску автомобілів на лінію.

Блок 19 здійснює виведення (друк) результатів оперативного планування перевезень та транспортної документації. Завдання на перевезення вантажів із необхідною для перевезень документацією видається диспетчером водієві перед виїздом ТЗ на лінію.

Реалізація удосконаленої методики оперативного планування перевезень вантажів в міських умовах потребує від АТП проведення натурних статистичних досліджень середньої технічної швидкості та часу простою під навантаженням та розвантаженням. Проте таке дослідження в умовах одного міста можна провести одноразово та в подальшому використовувати при плануванні всіх аналогічних маршрутів.

Висновки

Ефективність процесу перевезень вантажів в умовах міста, тобто в умовах малих транспортних систем, залежить від багатьох факторів, в результаті дії яких мають місце простої ТЗ в очікуванні навантаження-розвантаження у вантажних пунктах. Тому виробіток однакових автомобілів в одних і тих же умовах експлуатації може відрізнятися, при чому досить суттєво. Основними причинами нерівномірності роботи ТЗ є відхилення середньої технічної швидкості автомобілів та часу простою під навантаженням-розвантаженням. Аналіз наукових робіт показав відсутність математичних моделей та методик оперативного планування перевезень вантажів в умовах міст, які враховують нерівномірність роботи ТЗ.

В роботі запропоновано математичну модель та удосконалену методику оперативного планування перевезень вантажів в малих транспортних системах, яка дозволяє врахувати нерівномірність роботи ТЗ. Використання цієї методики дозволить підвищити точність оперативного планування перевезень

вантажів та, відповідно, підвищити ефективність експлуатації ТЗ на АТП та виключити необґрунтовано завищений при плануванні прибуток.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] С. Р. Лейдерман, *Эксплуатация грузовых автомобилей. Техничко-экономические основы*. М., Россия: Транспорт, 1966. 152 с.
- [2] Л. Л. Афанасьев, *Автомобильные перевозки*. М., Россия: Транспорт, 1965. 352 с.
- [3] А. И. Воркут, *Грузовые автомобильные перевозки*. Киев: Вища шк., 1986. 447 с.
- [4] В. И. Николин, Е. С. Хорошилова, *Применение положений теории вероятностей в грузовых автомобильных перевозках*, 2-е изд., испр. и доп. Омск, Россия: Вариант-Сибирь, 2007.
- [5] Е. Е. Витвицкий, Б. С. Трофимов «Учет вероятностных положений в практике планирования грузовых автомобильных перевозок в городах,» *Грузовое и пассажирское автохозяйство*. М., Россия, 2013, № 2, с. 63-68.
- [6] Н. В. Хохлова, В. И. Николин «Исследование влияния величины скорости на функционирование микро и особо малой систем,» *Вестник СибАДИ*. Омск, Россия, № 3 (9), с.12-15, 2008.
- [7] М. Ф. Дмитриченко, Л. Ю. Яцківський, С. В. Ширяєва, В. З. Докуніхін, *Основи теорії транспортних процесів і систем*. К.: Слово, 2009.
- [8] Е. Е. Витвицкий, *Теория транспортных процессов и систем (Грузовые автомобильные перевозки)*. Омск, Россия: СибАДИ, 2010.

Огневий Віталій Олександрович – канд. екон. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: ognevoy@ukr.net

Смирнов Євгеній Валерійович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: zhkasmirnov@vntu.edu.ua

Борисюк Дмитро Вікторович – канд. техн. наук, старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: bddv@ukr.net

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

V. Ohnevyi
Ye. Smyrnov
D. Borysiuk

Improving the methodology of operational planning of urban cargo transportation

Vinnitsia National Technical University

In the theory and practice of road haulage there are many different types of transport systems, which differ significantly from each other. Urban freight transport is usually performed by one or more vehicles on pendulum or ring routes, i.e., are a small transport system. In such transport systems there is an uneven operation of vehicles, which is the value of the deviation of production in tons and tonne-kilometers, which occurs daily depending on the influence of many factors. The most significant factors that cause uneven operation of vehicles are the inconsistency of the average technical speed of cars and their downtime under load-unloading.

Uneven operation of cars significantly affects their implementation of the transportation plan, and thus leads to a decrease in productivity and profits of the trucking company. At the same time, a review of previously performed scientific papers showed that the issues of taking into account the unevenness of cars in operational planning were not given enough attention.

The article proposes to consider the average technical speed and downtime under load-unloading not as determined, but as random variables, the distribution of which is consistent with the normal law. Accordingly, a mathematical apparatus is proposed, which allows to model the operation of a small transport system taking into account the uneven operation of vehicles. Taking into account the probabilistic nature of these values allows to increase the accuracy of modeling the operation of a small transport system and the possible occurrence of queues for loading or unloading in cargo terminals. Based on the use of this mathematical model, the paper improves the methodology of operational planning of urban freight. The use of the proposed technique will reduce downtime of cars and increase the efficiency of the transport company.

Key words: motor transport enterprise, rolling stock, operational planning, transport work, transport system.

Ohnevyi Vitalii – Ph. D. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: ognevoy@ukr.net

Smyrnov Yevhenii – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: zhkasmirnov@vntu.edu.ua

Borysiuk Dmytro – Ph. D. (Eng.), Senior Lecturer of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: bddv@ukr.net