УДК 656.029.4
М. С. Оліскевич, доцент, канд. техн. наук
Національний університет „Львівська політехніка”
вул. П.Чубинського, 31, Україна, 79020, м. Львів
Myroslav@3g.ua

ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРІОДУ ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПЛАНІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ НА ЗАДАНІЙ ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ

Виконано оптимізацію планів перевезення залежно від обсягу вантажопотоків на заданій транспортній мережі. Використання вантажних автомобілів розглядається у взаємопов’язаних циклах. Побудовано залежності тривалості найдовшого циклу, що названий тактом плану перевезень, тривалості виконання усіх циклів, а також дисперсії від розміру вантажопотоків. Обґрунтовано тривалість періоду, на який доцільно виконувати прогноз вантажопотоків залежно від кількості залучених транспортних засобів.

Ключові слова: *план перевезення, вантажопотік, прогнозування.*

Постановка проблеми. Більшість задач планування транспортних систем набули оперативного характеру, їх розв’язують на підставі великих об’ємів доступної інформації. Застосування традиційних методів, у тому числі − транспортних задач, також суттєво змінилося. На практиці транспортні компанії не є суб’єктами формування вантажопотоків, тому вони сприймають готову інформацію про них. Обсяг початкових даних для кожного конкретного перевізника є випадковою величиною. Параметри їх розподілу залежать від періоду, якого стосується інформація. Опираючись на неї, транспортні компанії виконують розподіл парку рухомого складу на відомі замовлення. В кожному випадку, використовуючи її сподівану характеристику, їм потрібно диференційовано підходити до оцінки виробничої ситуації. Зазвичай, має місце такий спосіб оцінювання. Перевізник прогнозує майбутні транспортні завдання з точністю, що задовольняє його здатність оперативно змінити ситуацію, а після цього планує маршрути та розподіляє наявний парк на них. Для прогнозування вантажопотоків з допустимою точністю потрібно, щоб k-й період, на який здійснюють екстраполяцію, був якомога меншим [1]. Проте, при цьому інформація про плановий обсяг перевезень, джерела виникнення і поглинання вантажопотоків Q_Σ зменшується. Оптимізація вантажопотоків, яка виконується для кожного *i*-го періоду планування є локальною. Отримати при цьому глобальний оптимум стає важче, або ж неможливо. Однак, вибираючи тривалість періоду прогнозування τ_i, потрібно зважати на реальні провізні спроможності парку транспортних засобів перевізника. Якщо буде встановлена певна невідповідність між чисельністю, продуктивністю і готовністю транспортних засобів − з одного боку, та Q_Σ за час τ_i − з іншого, то, очевидно, застосовування параметра τ_i в прогнозуванні є нераціонально. Тому необхідно сформулювати і розв’язати обернену задачу: встановити вплив оптимальних за тривалістю транспортних циклів, які виконуються парком взаємопов’язаних транспортних засобів на обсяг прогнозованої інформації для забезпечення виконання цих циклів.

Аналіз відомих досліджень. Задачі про потоки на мережах є достатньо повно опрацьовані в працях дослідників і мають широке застосування на практиці [1, 2, 3]. Серед них особливої уваги заслуговують задачі розподілу ресурсів на транспортних мережах при наявності факторів невизначеності [1]. Вони мають розв’язок як сепарабельні задачі нелінійного програмування. Основною невизначеністю у них є пропускні спроможності зв’язків транспортної мережі, які, до того ж, залежать від розподілених ресурсів. Іншими словами це − невизначеність стосовно обмежень. Якщо ж розглядати невизначеність щодо потенційних вантажопотоків, то методики розв’язків таких задач поки що невідомі.

Є лише деякі роботи, в яких були спроби розглянути задачу про потоки на мережах в динаміці, тобто при зміні тривалості періоду, коли є інформація про них [4]. Проте, вони стосуються перспективного планування розвитку транспортних мереж і для оперативного планування не можуть бути застосовані.

Відомими є праці, де розглядалась математична модель формування інтегрованої схеми доставки. Вона дала змогу, з одного боку, однозначно проектувати маршрут доставки для кожного вантажопотоку, з іншого − врахувати можливість сумісного проходження вантажопотоків по шляхах сполучення з метою зниження витрат ресурсів. Така модель об’єднує обмеження, які стосуються оптимізації потоків окремих гуртів вантажів, що розв’язувались методом пошуку найкоротших ланцюгів між двома заданими вершинами графа заданої мережі [3].Такий підхід не має цілковитої адекватності розв’язків, тому що наявність декількох гуртів відправки в одному транспортному пункті передбачає, формально, декілька транспортних циклів. В недавній праці нами було розв’язано цю проблему при застосуванні перетворення зваженого, орієнтованого графа з циклами в граф з кратними вершинами, кількість яких

відповідає кількості циклів відносно кожної вершини [5]. При цьому застосовано перехід від графа станів до графа подій і в зворотному напрямку. Для оптимізації використано методи цілочислового програмування.

Формулювання задачі. Нехай на транспортній мережі в результаті екстраполяції початкових даних на деякий період τ_k визначено потенційні вантажопотоки $Q_{i.j}$, де i, j − номери пунктів, відповідно, відправлення і споживання вантажів. Моменти t_k виникнення вантажопотоків, а також і їх обсяги $Q_{i.j}$ − випадкові величини. Проте, їх можна так впорядкувати на часовій осі, що, з достатньою точністю кожен вантажопотік набуває сталого числового значення (як правило − кратне вантажності транспортних засобів) і виникає в моменти часу $t_{ij} + \xi_{ij} k + \sigma_{ij}$, де ξ_{ij} − періодичність вантажопотоку $Q_{i.j}$, k − номер періоду, σ_{ij} − середньоквадратичне відхилення часу [6]. Для успішного планування роботи парку рухомого складу потрібно вибрати такий мінімальний τ_k, щоб $\tau_k \geq \min\limits_{i,j} t_{ij}$. Якщо період τ_k збільшити, то це приведе до пропорційного збільшення сумарного вантажопотоку $Q_\Sigma = \sum\limits_{i,j} Q_{i.j}$, а також, враховуючи математичне положення про суму випадкових величин, − до збільшення дисперсії початкових моментів виникнення замовлень: $D_\varepsilon = \sigma_\varepsilon^2 = \sum\limits_{i,j} \sigma_{ij}^2$. Кількість інформації, що містися в початкових даних для планування перевезень k-го періоду, обчислювалась за виразом:

$$I = 0{,}5 \log_2 \left(1 + \frac{D_\lambda}{D_\varepsilon} \right), \tag{1}$$

де D_λ − дисперсія параметрів вантажопотоків, що встановлена в результаті попередньо виконаних перевезень в $k-1$-й період планування; D_ε − дисперсія параметрів вантажопотоків в k-й період. Цей вираз стосується, насамперед, часових параметрів вантажопотоків, якщо вони побудовані на неперервних величинах. Формула (1) застосована з припущенням, що апріорний і апостеріорний розподіл параметру підпорядковується одному і тому ж закону (ентропійний коефіцієнт − сталий). За формулою (1) виходить, що повної відсутності інформації про вантажопотоки бути не може, оскільки максимальне значення D_ε − скінчене. Отже, якщо $D_\varepsilon \cong D_{\varepsilon \max}$, то вживатимемо термін мінімальна доступна інформація. Подібно до того, повної наявної інформації також не існує, оскільки $D_\varepsilon > 0$. Тому вживатимемо термін максимальна доступна інформація в заданих умовах її отримання. Отже, при збільшенні τ_k кількість потрібної інформації для створення плану перевезень також повинна була б зростати. Проте, враховуючи зроблене нами впорядкування вантажопотоків, це не завжди має місце.

Кожен вантажопотік може бути реалізованим по частинах (гуртах) $q_{i.j.z}$, де z − номер гурту. Гурти вантажів можна відправляти в довільному порядку. Це потрібно зробити впродовж періоду прогнозування τ_k, оскільки при перевищенні його, очевидно, з'являтимуться нові замовлення, тому оптимальна послідовність їх відправки може бути іншою. В задачі є можливість суміщення перевезень шляхом об'єднання гуртів від різних відправників в одному транспортному засобі (збірні вантажі). Виконавши перевезення гурту $q_{i.j.z}$, деякий автомобіль з наявного парку може відправитись в наступний пункт x для завантаження чергового гурту вантажів і доставки його в пункт y. При цьому він має зробити марний пробіг тривалістю $t_{j.x}$. Якщо завантаження автомобіля може відбутися в пункті j, то, відповідно, марного пробігу не буде. Якщо не увесь вантаж вивезено з пункту i, то автомобіль може повернутись туди, зробивши повторний транспортний цикл. Таким чином, усі автомобілі з парку чисельністю R виконують комбіновані маршрути з декількома циклами, які складаються з пробігів з вантажем, марних пробігів, маятникових та кільцевих маршрутів. Усі автомобілі повинні виконати спільне завдання за директивний період τ_k, за який здійснено прогнозування, при мінімальній загальній тривалості процесу T.

Матеріали і результати дослідження. Параметр τ_k назвемо тактом виконання сукупного обсягу відомих замовлень за період *k*. Це – тривалість формування плану перевезень. Чим більше його числове значення, тим більшим є заданий обсяг перевезень (при стаціонарності джерел вантажопотоків). Оптимальним планом перевезення вважатимемо такий, за якого досягається мінімальна тривалість усіх поїздок транспортних засобів: $T = \sum\limits_x t_{o,x} \to \min$, де t_{ox} − тривалість *x*-ї транспортної операції, при допустимій вірогідності його реалізації за умови використання максимальної доступної інформації. При

більшому значенні сумарного вантажопотоку оптимальний план перевезень має більш глобальний характер, однак тут потрібно враховувати кількість задіяних транспортних засобів R.

Виконавши оптимізацію транспортних циклів за згаданою методикою [5], при різній кількості автомобілів на мережі R, переконуємося, що тривалість транспортного циклу $T_{\ddot{o}}$ не дорівнює пропорційній тривалості усіх пробігів, і залучених одиниць рухомого складу, тобто:

$$T_{\ddot{o}} \neq T/R, \qquad (2)$$

за виключенням окремих значень планових вантажопотоків (рисунок 1, 2). Ця величина є завжди меншою тривалості такту прогнозування τ_k. Показники T, τ_k та кількість поїздок усіх автомобілів на мережі Z змінюються при зростанні Q_Σ тільки тоді, коли будь-який з відомих Q_{ij} стає кратним їх вантажності.

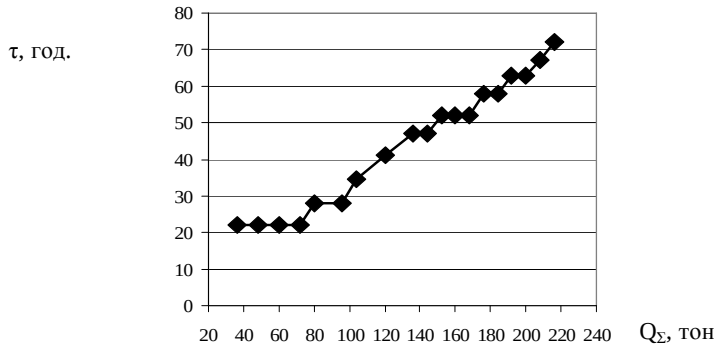

Рисунок 1 − Залежність періоду прогнозування τ від обсягу оптимальних вантажопотоків при R=3

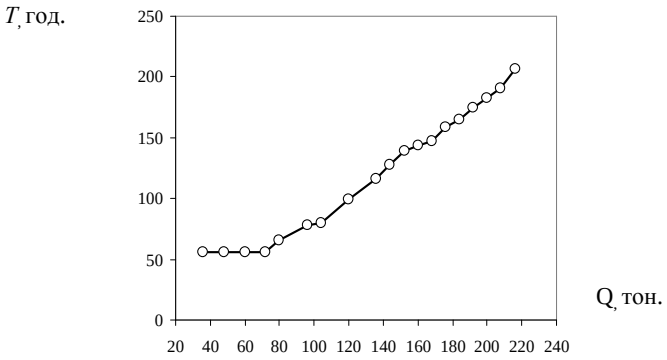

Рисунок 2 − Залежність сумарної тривалості перевезень T від обсягу оптимальних вантажопотоків при R=3

Було визначено, також, що на заданій мережі є такі вантажопотоки, яким в оптимальних планах перевезень частіше, ніж іншим, надається перевага у виконанні. Переглянувши різні їх варіанти, ми дійшли до висновку, що усі можливі на мережі вантажопотоки можна поділити за рангом ρ, який визначається за кількістю поїздок при виконанні перевезень вздовж транспортного сполучення i, j. При цьому виявлено, що зі збільшенням вантажопотоків з великим рангом період τ збільшується стрімкіше, ніж при збільшенні Q_{ij} з низьким рангом.

За результатами моделювання транспортних схем на тестовій моделі побудовано залежність дисперсії початкових даних для складання оптимального плану перевезень від сумарного обсягу вантажопотоків. При цьому приймалось, що для усіх можливих вантажопотоків числове значення часткової дисперсії моменту часу їх виникнення є сталою величиною. Як видно з рисунку 3, загальна дисперсія початкових даних про вантажопотоки D_{ij} має циклічний характер при зміні обсягу початкових даних. Це пов'язано з тим, що у певних варіантах транспортних схем кількість гуртів вантажів до відправки та розмір відповідних потенційних вантажопотоків стають однаковими і такими, що це найкраще відповідає провізним спроможностям парку автомобілів при врахуванні мінімального загального пробігу. Отже, такі схеми, згідно з виразом (1), потребують мінімальної доступної інформації. Співставивши їх із залежностями, поданими на рисунку 1, 2, приходимо до висновку, що для усіх транспортних схем, для планування яких потрібна мінімальна доступна інформація про вантажопотоки, виконується приблизна рівність:

$$\tau_k \approx T_{\ddot{o}} \approx T/R. \qquad (3)$$

Для тестової моделі, яка розглядалась, такі схеми відповідають, наприклад, використанню 3-х автомобілів при сумарному вантажопотоці, відповідно, Q_{Σ} =72, 144, 216 тон (див. рисунок 3). При такій багатоваріантності можна говорити про певні параметричні ряди транспортних систем, в яких інформаційні потоки використовуються найефективніше.

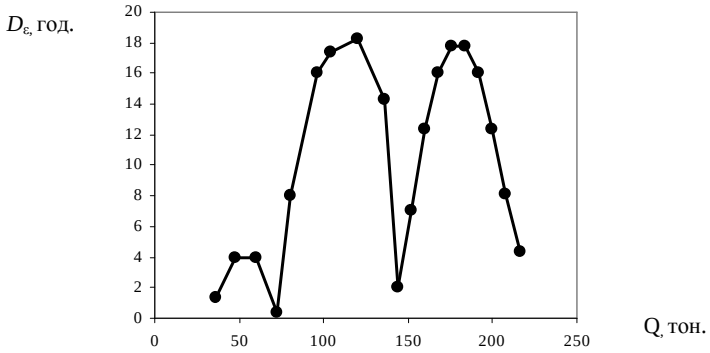

Рисунок 3 – Залежність дисперсії даних від прогнозованих обсягів перевезень

.

Висновки. Обсяг початкових даних про потенційні вантажопотоки і період, на який ведеться їх екстраполяція, мають оптимальні значення. Саме при цих значеннях вірогідність досягнення оптимального плану перевезень є найвищою. Це є підставою для синтезу таких транспортних систем, за яких їх інформаційна складова буде найбільш ефективною.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Давыдов Э. Г. Исследование операций: Учеб. пособие для студентов вузов. / Э. Г. Давыдов. − М.: Высш. шк., − 1990. − 383 с.

2. Прокудін Г. С. Розв'язання нестандартних транспортних задач про призначення / Г.С. Прокудін // Оптимизация производственных процессов: Сб. науч. трудов. – Севастополь: СевНТУ. − 2007. – № 10. – С. 111–115.

3. Притула Н. Нелінійні транспортні задачі на зважених графах / Н. Притула, Я. Єлейко, М. Притула // Вісник Львів. ун-ту. Сер. прикл. матем. та інформ. − 2006. – Вип. 11. − С. 244 –254.

4. Васильева Е.М., Нелинейные транспортные задачи на сетях / Е.М. Васильева, Б.Ю. Левит, В.Н. Лившиц. − М.: Финансы и статистика, 1981. − 138с.

5. Оліскевич М.С. Оптимізація транспортних циклів залежно від обсягу прогнозованих вантажопотоків / М.С. Оліскевич // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – № 5 (194). Ч. 1. − С. 140 – 145.

6. Оліскевич М. С. Концепція архітектури інформаційної системи магістральної транспортної мережі / М.С. Оліскевич // Вісник Житомирського державного технологічного університету. − 2008. – Вип. III (46). т. II − С.98 –103.

Надійшла до редакцій 16.05.2013 р.

Олискевич М.С. Обоснование периода формирования оптимальних планов перевозки грузов на заданной транспортной сети

Выполнена оптимизация планов перевозки в зависимости от объема грузопотоков на заданной транспортной сети. Использование грузовых автомобилей рассматривается во взаимоувязанных циклах. Построены зависимости длительности самого длинного цикла, который назван тактом плана перевозок, длительности выполнения всех циклов, а также дисперсии начальных данных от размера грузопотоков. Обоснованно длительность периода, на который целесообразно выполнять прогноз грузопотоков в зависимости от количества привлеченных транспортных средств.

Ключевые слова: план перевозки, грузопоток, прогнозирование.

Oliskevytch M.S. The grounding of optimal plans of cargo transportation period on the Set transportation network

The optimization of plans of transportation depending on the volume of traffics of goods is executed on the set transport network. The use of trucks is examined in mutual depending cycles. Dependences of duration of the longest cycle which is adopted time of plan of transportations, duration of implementation of all of cycles, and also data dispersion, are built on the size of traffics of goods. It was grounded the duration of period on which it is expedient to execute the prognosis of traffics of goods depending on the amount of the attracted transport vehicles.

Keywords: plan of transportation, freight, forecasting.