УДК 656.025.4 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.160.2016.70155

ФОРМУВАННЯ РОЗВІЗНИХ МАРШРУТІВ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ У МІСТАХ

Канд. техн. наук Є.І. Куш, асп. В.С. Скрипін

ФОРМИРОВАНИЕ РАЗВОЗОЧНЫХ МАРШРУТОВ ТАРНО-ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ В ГОРОДАХ

Канд. техн. наук Е.И. Куш, асп. В.С. Скрыпин

CREATING THE MULTI-DROP ROUTES BREAK-BULK CARGO IN CITIES

Ph.D. Y. Kush, PhD student V. Skrypin

У статті запропоновано алгоритм формування розвізних маршрутів тарно-штучних вантажів, що враховує параметри вантажів, транспортної мережі, взаємне розміщення одержувачів і відправників вантажів, транспортних засобів. Алгоритм може бути використаний для вирішення завдань оперативного управління перевізним процесом, а саме для формування розвізних маршрутів за умови випадкового виникнення замовлень на перевезення в реальному режимі часу.

Ключові слова: *алгоритм, розвізний маршрут, тарно-штучний вантаж, транспортна мережа, транспортний засіб, транспортний процес.*

В статье предложен алгоритм формирования развозочных маршрутов тарно-штучных грузов, учитывающий параметры грузов, транспортной сети, взаимное расположение получателей и отправителей грузов, транспортных средств. Алгоритм может быть использован для решения задач оперативного управления перевозочным

процессом, а именно для формирования развозочных маршрутов при случайном возникновении заказов на перевозку в реальном режиме времени.

Ключевые слова: *алгоритм, развозочный маршрут, тарно-штучный груз, транспортная сеть, транспортное средство, транспортный процесс.*

This article deals with the development of the algorithm of break-bulk cargo's routes formation in cities. In the article it is analyzed the methods of formation of break-bulk cargo's routes. As a result, it has been found that for the solution of constructing the matrix of the shortest distance problem it is advisable to use the Dijkstra method. To determine the sequence of arrival points it was selected Clarke and Wright method in the formation multi-drop routes. The initial data for the formation of multi-drop route it was suggested to use the transport network parameters (length of the arc, delays at intersections, traffic conditions arcs, speed of movement on the edges), participants in the transport process (volume of importation and exportation, location, quantity) of goods (volume, size, physical properties, conditions of transport), vehicles (carrying capacity, body dimensions, specifications). As the result it has been created an algorithm of forming multi-drop routes of break-bulk cargo which takes into account these parameters. It has been described the modeling process, indicating its results which the routes and their settings. The proposed algorithm can be used to solve problems of operational management of transportation process, namely the formation of an operational multi-drop route in terms of accidental orders for transportation. Results of the study can be used by the organization for traffic and transport management.

Keywords: *algorithm, multi-drop route, break-bulk cargo, transportation network, vehicle transport process.*

Вступ. Ринок транспортних послуг характеризується, з одного боку, динамічним розвитком за рахунок збільшення номенклатури вантажів, а з іншого, частими коливаннями попиту. Розвиток міст, проектування нових доріг, зміни схем організації дорожнього руху призводять до зміни транспортних умов і потребують від експедиторів реагування при визначенні маршрутів руху вантажних автотранспортних засобів. Крім того, заявки на перевезення, місце дислокації одержувачів вантажів і їх обсяг мають, у більшості випадків, стохастичний характер. Через це визначення довгострокової стратегії обслуговування тієї або іншої логістичної системи просування вантажів досить важке.

Практика роботи автомобільного транспорту показує, що в міських умовах перевезення тарно-штучних вантажів займає перше місце в загальному обсязі перевезень через велику кількість магазинів, підприємств громадського харчування, навчальних закладів та ін., що обслуговуються здебільшого розвізними маршрутами [1]. Зростання конкуренції призводить до постійного пошуку автотранспортними підприємствами економічно-обґрунтованих маршрутів доставки з використанням транспортних засобів оптимальної вантажопідйомності. Формування раціональних розвізних маршрутів є значним резервом підвищення ефективності перевізного процесу та якості обслуговування споживачів транспортних послуг.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенням задачі формування оптимальних розвізних маршрутів займалися багато як вітчизняних, так і закордонних вчених. Внаслідок цього були розроблені різні підходи до вирішення цієї проблеми як з використанням точних, так і приблизних методів [2]. До них відносяться метод "гілок і границь", "мітли", Кларка-Райта, сумування за стовбцями, Рена-Холідея, інверсій, Літтла, Данцига, Рена-Холідея, алгоритм "мурашиної колонії", вибору за

найкоротшою зв'язуючою мережі та інші [2-4]. Кожен з них має свої переваги і недоліки.

Для вирішення задачі розвезення вантажів у місті найбільшого поширення набув "економізуючий" метод Кларка-Райта [5]. Дослідниками цей метод використовується при вирішенні поставленої задачі за критерієм мінімуму пробігу [5]. Сутність його полягає в поєднанні двох маятникових маршрутів в один з обов'язковим визначенням "економії" ("функції вигоди") від цієї дії [3, 4]. Розраховані для всіх варіантів поєднання маршрутів "економії" дають матрицю економії. Після чергового кроку, на якому відбувається поєднання двох маршрутів, з матриці викреслюються "економії", котрі вже не можуть бути реалізовані. Процес закінчується, коли викреслені всі "економії" або вони менше нуля [3, 4].

Процес формування розвізних маршрутів базується на попередньо-визначеній матриці найкоротших відстаней між учасникам транспортної мережі. Задачу її визначення можливо вирішити декількома способами: з використанням методу Флойда [6], Дейкстри [7], Данцига [8, 9] Беллмана-Форда [10] або методу впорядкованої черги [11] та ін. Оптимальний за швидкістю розрахунків і найбільш економічний з точки зору розходу оперативної пам'яті і дискового простору комп'ютера [12] є метод Дейкстри, який знаходить найкоротші відстані від однієї з вершин графа до інших. Метод можна подати у вигляді послідовності однотипних кроків, під час яких покроково перебираються усі вершини графа і призначаються ним мітки, котрі є відомими мінімальними відстанями від вершини джерела до конкретної вершини. Алгоритм працює тільки для графів без ребер з від'ємною вагою [7, 11].

Найбільш поширеним критерієм вирішення завдання побудови розвізних маршрутів є мінімум пробігу транспортного засобу [2-4]. Але за сучасних ускладнених умов дорожнього руху у містах використання даного критерію є не цілком виправданим. Це пов'язано з тим, що маршрут, який є мінімальним за відстанню, не завжди забезпечує найменші витрати часу, а отже, може бути не вигідний за витратами на перевезення.

Реалізація методу формування розвізних маршрутів тарно-штучних вантажів потребує наявності інформації про обсяги завезення до одержувачів вантажів. Процес формування заявок на поставку може мати як стохастичний, так і детермінований характер. У випадку довгострокових угод між відправником і одержувачами перевезення вантажів відбувається з визначеною періодичністю, що полегшує управління даним процесом. Але якщо потреба у поставках відбувається імовірнісно у просторі і часі, то завдання формування розвізних маршрутів виконується в режимі оперативного управління [13].

Існуючі алгоритми формування розвізних маршрутів не достатньо повно враховують стохастичність процесу перевезення вантажів. Тому актуальним є вирішення задачі оперативного управління процесом перевезення тарно-штучних вантажів, яку можливо вирішити з використанням методів Кларка-Райта і Дейкстри на основі заздалегідь сформованого графу транспортної мережі, враховуючи параметри транспортної мережі, учасників транспортного процесу, вантажів і транспортних засобів.

Визначення мети та задачі дослідження. Проведене дослідження направлене на досягнення мети – формування алгоритму розвізних маршрутів тарно-штучних вантажів в містах для оперативного управління транспортним процесом в умовах імовірнісного характеру даного процесу.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі задачі:

- встановити вихідні дані для формування розвізних маршрутів тарно-штучних вантажів;
- розробити алгоритм формування розвізних маршрутів тарно-штучних вантажів в містах для оперативного управління транспортним процесом.

Основна частина дослідження. Для досягнення поставленої мети на першому етапі дослідження було сформовано групи вихідних даних для формування розвізних маршрутів, які можна подати у вигляді схеми (рис. 1).

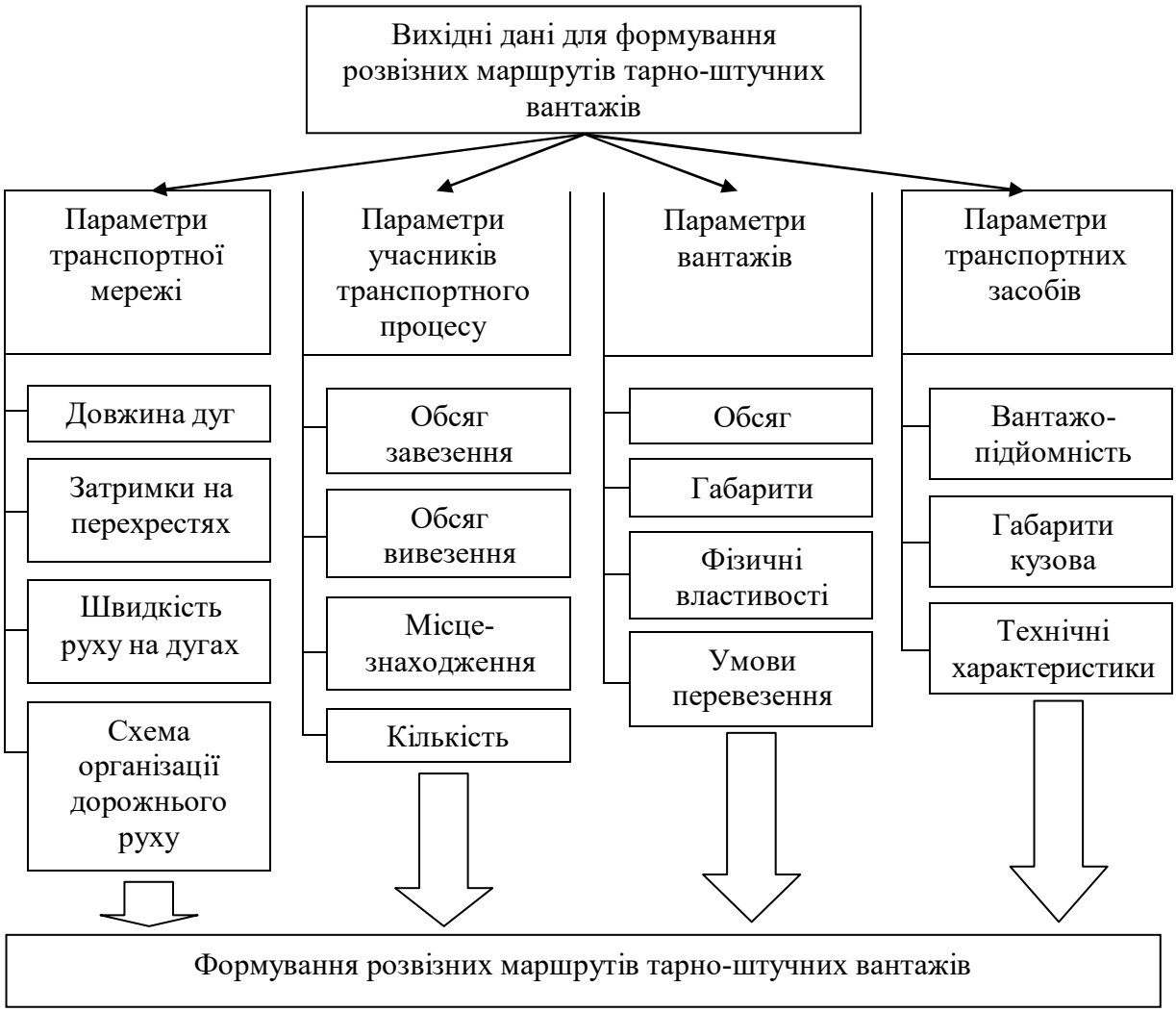

Рис. 1. Вихідні дані для формування розвізних маршрутів перевезення тарно-штучних вантажів

Процес формування розвізних маршрутів базується на матриці найкоротших відстаней або найменшого часу руху між учасниками транспортного процесу. Характеристики транспортної мережі визначають умови і час руху транспортних засобів по ній. У випадку, якщо будується матриця найкоротших за пробігом транспортних засобів відстаней, у ролі вхідних даних достатньо інформації щодо довжин дуг і заборону напрямків руху на перехрестях. Якщо постає задача побудови матриці за критерієм мінімуму часу руху, то потрібні такі характеристики, як затримки на перехресті і швидкість руху на дугах.

Заборонені напрямки руху визначаються згідно з існуючою схемою організації дорожнього руху на мережі. Крім цього враховуються умови руху транспортних засобів за повною масою або навантаженням на вісь, що обмежуються заборонними знаками правил організації дорожнього руху.

Умови руху вулично-дорожньою мережею змінюються протягом доби, що зумовлено зміною інтенсивності руху транспортних потоків. Через це швидкість руху дугами мережі також змінюється протягом доби. Отже, при одних і тих же незмінних параметрах в залежності від того, в який час виконується перевезення, можуть бути сформовані різні маршрути.

Параметри учасників транспортного процесу, що характеризуються їх місцезнаходженням і обсягами завезення до вантажоодержувача та вивезення у вантажовідправника, впливають на процес формування розвізних маршрутів. Збільшення кількості одержувачів і обсягу завезення до них призводить до необхідності побудувати більше розвізних маршрутів або задіяти для роботи на маршруті транспортні засоби більшої вантажопідйомності. Місцезнаходження відправників і одержувачів вантажів визначає довжину маршрутів і їх кількість.

Характеристики вантажів визначають транспортні засоби для їх перевезення. Обсяг перевезення впливає на кількість вантажних автомобілів і їх вантажопідйомність. Габарити вантажів визначають потрібні габарити кузова транспортного засобу і впливають на коефіцієнт використання вантажопідйомності. Фізичні властивості формують умови перевезення, і отже, впливають на доцільність використання того чи іншого виду транспортного засобу.

Транспортні засоби впливають на процес формування розвізних маршрутів через такі їх характеристики, як вантажопідйомність, габарити кузова, технічні характеристики. Чим більша вантажопідйомність автомобіля, тим менше розвізних маршрутів необхідно побудувати для задоволення потреб одержувачів вантажів. Габарити кузова визначають можливість перевезення того чи іншого вантажу і впливають на коефіцієнт використання вантажопідйомності. Технічні характеристики транспортного засобу визначають швидкість руху маршрутом, а отже, впливають на кількість одержувачів, що можуть бути обслуговані протягом визначеного періоду часу. Крім того, їх технічні характеристики впливають на економічні показники маршруту.

Кожна з груп вихідних даних, що характеризується відповідними параметрами, впливає на процес формування розвізних маршрутів тарно-штучних вантажів. Врахування взаємозв'язку між ними можливо з використанням наступного алгоритму (рис. 2).

На першому етапі моделювання проводиться ініціалізація даних (рис. 2, блок 2).

Далі виконується уведення вихідних даних (рис. 2, блок 3). До них відносяться:

- параметри вулично-дорожньої мережі;
- інформація про замовлення;
- параметри вантажів;
- параметри транспортних засобів.

Вулично-дорожня мережа може бути описана такими показниками, як географічні координати вузлів вулично-дорожньої мережі, довжини дуг мережі, швидкості руху транспортного потоку на дугах мережі залежно від години доби і напрямку руху, затримки на перехрестях, характеристики організації дорожнього руху на дугах мережі, координати пунктів відправників і завезення тарно-штучних вантажів. Фрагмент карти з зазначенням вершин, дуг мережі і дорожніх знаків, що вказують заборонені напрямки руху на перехрестях, наведено на рис. 3.

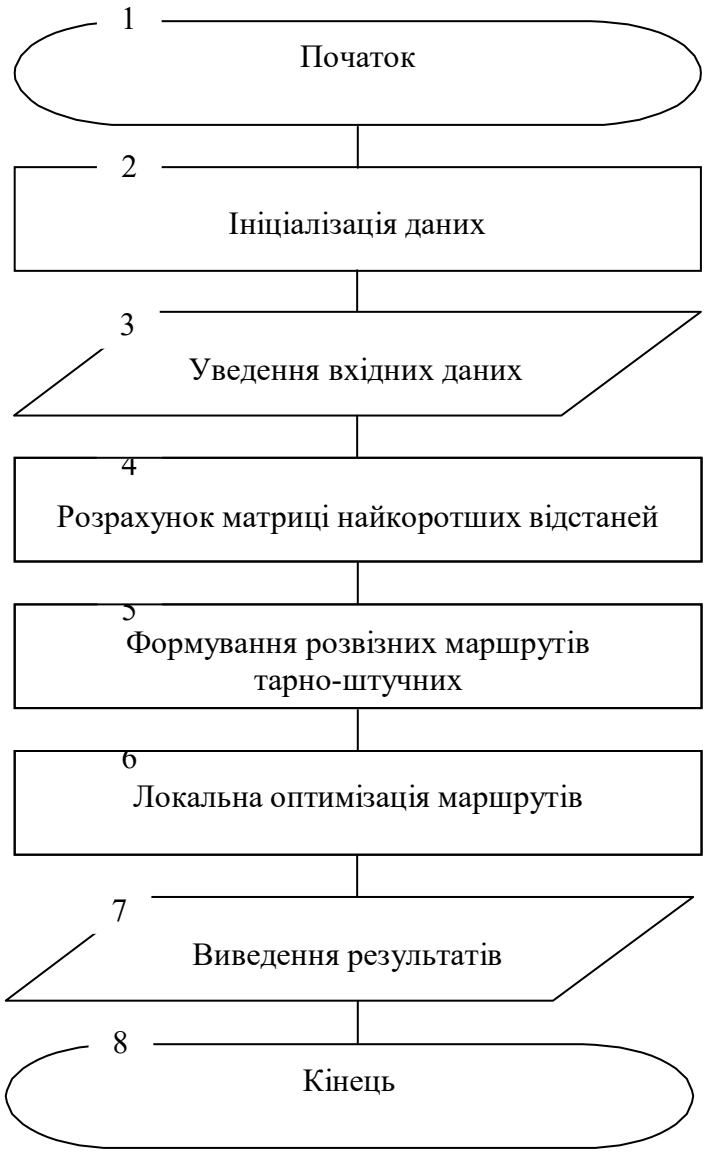

Рис. 2. Алгоритм формування розвізних маршрутів тарно-штучних вантажів

Інформація про замовлення може містити потрібний обсяг завезення тарно-штучних вантажів, періодичність завезення, час, в який необхідно здійснити поставку.

До параметрів вантажів можна віднести вид вантажу, масу, габарити, час на навантаження і розвантаження, умови перевезення.

До інформації про транспортні засоби відносяться марка, вид транспортного засобу, тип двигуна, габарити, ширина, довжина і висота кузова, навантажувальна висота, тип двигуна, вантажопідйомність.

На наступному етапі моделювання проводиться розрахунок матриці найкоротших відстаней (рис. 1, блок 4) з використанням методу Дейкстри.

Формування розвізних маршрутів тарно-штучних вантажів проводиться із застосуванням методу Кларка-Райта (рис. 1, блок 5). На цьому етапі формуються розвізні маршрути, встановлюються транспортні засоби для здійснення перевезень та відбувається їх закріплення за вантажоодержувачами.

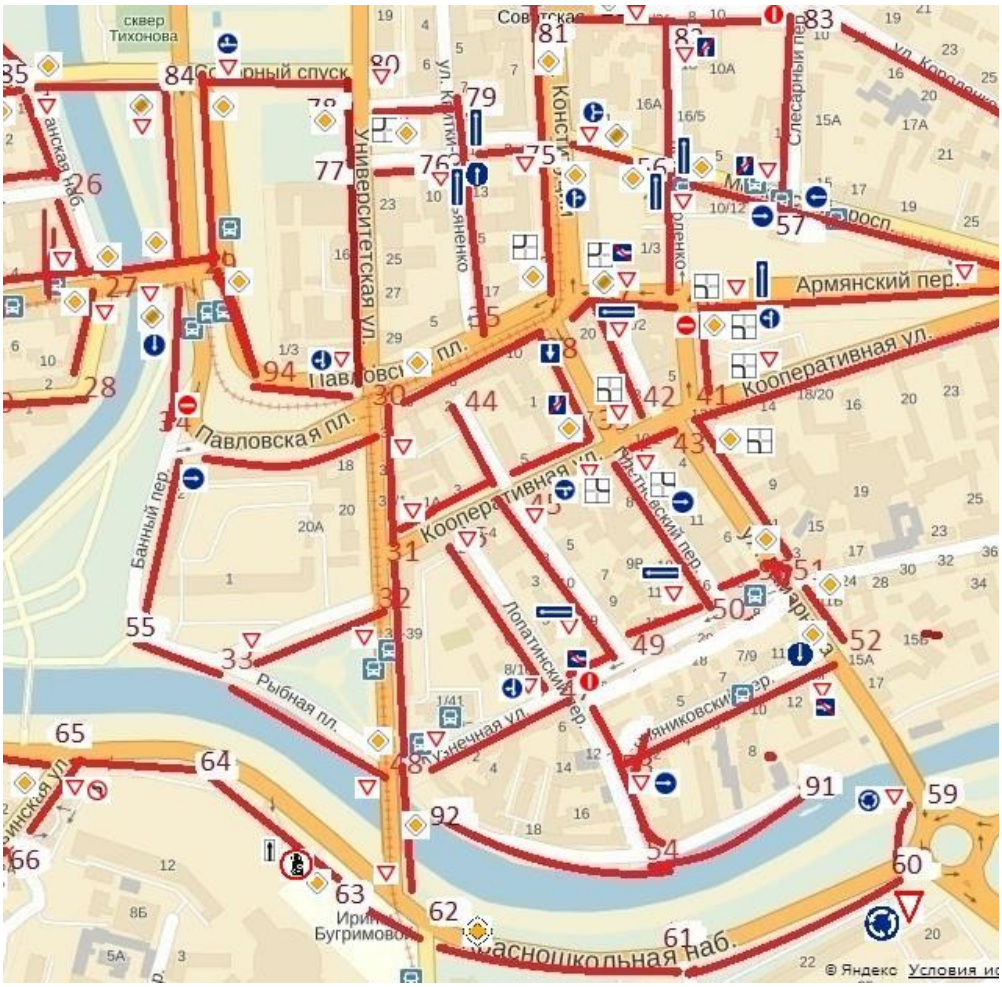

Рис. 3. Фрагмент карти з зазначенням вершин, дуг мережі і дорожніх знаків

Далі проводимо локальну оптимізацію отриманих маршрутів (рис. 1, блок 6). Цей процес передбачає аналіз черговості завезення вантажів в пункти маршруту з метою його оптимізації за критерієм мінімуму пробігу або часу перевезення.

На наступному етапі алгоритму відбувається виведення результатів (рис. 1, блок 7) моделювання – маршрут перевезення тарно-штучних вантажів і його параметри:

- час початку руху маршрутом;
- час закінчення руху маршрутом;
- час обороту на маршруті;
- графік руху транспортних засобів маршрутом;
- довжина маршруту;
- довжина їздки з вантажем;
- обсяг завезення в кожний пункт маршруту;
- транспортна робота;
- час навантаження-розвантаження в кожному пункті маршруту;
- коефіцієнт використання вантажопідйомності;
- коефіцієнт використання пробігу;
- технічна швидкість руху на маршруті.

В результаті моделювання формуються розвізні маршрути тарно-штучних вантажів, параметри яких залежать від вантажопідйомності транспортних засобів і характеристик транспортної мережі. Критерієм ефективності формування маршрутів може виступати мінімум пробігу або мінімум часу доставки.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. У статті запропоновано алгоритм формування розвізних маршрутів тарно-штучних вантажів, що враховує параметри вантажів, транспортної мережі, взаємне розміщення одержувачів і відправників вантажів, транспортних засобів. Він може бути використаний для вирішення завдань оперативного управління перевізним процесом, а саме для оперативного формування розвізних маршрутів в умовах випадкового виникнення замовлень на перевезення.

У наступних дослідженнях передбачається програмна реалізація розробленого алгоритму.

Список використаних джерел

1. Нагорный, Е.В. Стратегия формирования городских развозочных маршрутов на оперативный период с учетом неравномерности распределения спроса на специфические грузы [Текст] / Е. В. Нагорный, Д. А. Музылев // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – 6/4 (42). – С. 27-30.
2. Подшивалова, К.С. Повышение эффективности перевозок мелкопартионных грузов автомобильным транспортом [Текст]: дисс... канд. техн. наук / К.С. Подшивалова. – Волгоград, 2007. – 156 с.
3. Просов, С.Н. Повышение эффективности планирования перевозок по сборно-развозочным маршрутам [Текст]: дисс... канд. техн. наук / С.Н. Просов. – М., 1985. – 125 с.
4. Шептура, А.Н. Повышение эффективности автомобильных перевозок партионных грузов при переменном спросе на перевозки [Текст]: дисс... канд. техн. наук / А.Н. Шептура. – Харьков, 2004. – 162 с.
5. Pichpibul T., Kawtummachai R. A heuristic approach based on clarke-wright algorithm for open vehicle routing problem [Text] //The Scientific World Journal. – 2013. – Т. 2013.
6. Zhang Y. et al. Floyd-A∗ Algorithm Solving the Least-Time Itinerary Planning Problem in Urban Scheduled Public Transport Network //Mathematical Problems in Engineering. – 2014. – Т. 2014
7. Alwan N. A. S. Performance analysis of Dijkstra-based weighted sum minimization routing algorithm for wireless mesh networks // Modelling and Simulation in Engineering. – 2014. – Т. 2014. – С. 32.
8. Майника, Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах [Текст] / Э. Майника. – М.: Мир, 1981. – 324 с.
9. De Smith, M.J. Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools [Text] / M. J De Smith, M. F. Goodchild, P. Longley. – Leicester : Matador, 2007. – 394 p.
10. Desrochers M., Desrosiers J., Solomon M. A new optimization algorithm for the vehicle routing problem with time windows // Operations research. – 1992. – Т. 40. – №. 2. – С. 342-354.
11. Аникеич, А.А. Сменно-суточное планирование работы грузовых автомобилей на ЭВМ [Текст] / А.А. Аникеич, А.Б. Грибов, С.С. Сурин. – М.: Транспорт, 1976. – 152 с.
12. Алгоритмы: построение и анализ [Текст] / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн; пер. с англ. – 3-е изд. – М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2013. – 1328 с.
13. Завадський, Й.С. Менеджмент [Текст]: підруч. для студентів економічних спеціальностей вищих навч. закладів. В 3-х т. Т.2 / Й.С. Завадський. – К.: Вид-во Європейського університету, 2002. – 635 с.

Рецензент д-р техн наук, професор Ю.О. Давідіч

Куш Євген Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова. Тел.: (057) 707-32-61.

E-*mail:* kush_bush@mail.ru.
Скрипін Василь Сергійович, аспірант кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова. Тел.: (057) 707-32-61.
E-*mail: skrypinvs@gmail.com.*

Kush Yevhen, Ph.D., associate professor of Transport Systems and Logistics department, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, E-mail: kush_bush@mail.ru.
Skrypin Vasyl, PhD student of Transport Systems and Logistics department, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, E-mail: *skrypinvs@gmail.com*.

Прийнята 25.03.2016 р.