

УДК 656

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ХАРЧОВИХ ВАНТАЖІВ В УМОВАХ
ВЕЛИКОГО МІСТА**

Канд. техн. наук А.І. Кузьменко

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОК ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В УСЛОВИЯХ
БОЛЬШОГО ГОРОДА**

Канд. техн. наук А.И. Кузьменко

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF FOOD TRANSPORTATION CARGO UNDER THE BIG
CITY**

Cand. of techn. sciences I. Kuzmenko

Дана робота присвячена пошуку шляхів підвищення ефективності автомобільних перевезень харчових продуктів по місту Дніпропетровськ. Досліджено методи і способи організації перевезень партійних вантажів у складних умовах великого міста; встановлено характер та ступінь впливу окремих експлуатаційних факторів на продуктивність і собівартість перевезень; розроблено ефективну технологію доставки харчових продуктів по Дніпропетровську.

***Ключові слова:** міські автомобільні перевезення, показники ефективності, факторний аналіз.*

Данная работа посвящена поиску путей повышения эффективности автомобильных перевозок пищевых продуктов по городу Днепропетровску. Исследованы методы и способы организации перевозок партийных грузов в сложных условиях крупного города; установлен характер и степень влияния отдельных эксплуатационных факторов на производительность и себестоимость перевозок; разработана эффективная технология доставки пищевых продуктов по Днепропетровску.

Ключевые слова: городские автомобильные перевозки, показатели эффективности, факторный анализ.

This work is dedicated to finding ways to improve the efficiency of road transportation of food in the city of Dnipropetrovsk.

Object of research supports urban transport system partionnyh goods. The subject of the study - the transport of food delivery process that occurs in large cities. The paper analyzes the structure of the system of delivery of food in the city of Dnipropetrovsk. It is proved that in a big city it is advisable to organize small cars carrying freight. A combine consignees in separate groups and organize rozvizni routes based on determining distances between points of departure and obtaining goods, drafting of the matrix of distances and determine the shortest link connecting networks. Thus, for the transportation of food cargoes Dnepropetrovsk city developed an improved model that consists of three routes. Calculated values of performance indicators for each route and in the whole of the proposed project. In order to determine methods for improving the efficiency of vehicles on the proposed routes were established nature and extent of the influence of individual factors on operational performance and cost of transportation and developed an effective technology to deliver food in the city of Dnipropetrovsk.

Keywords: urban road transport, performance metrics, factor analysis.

Вступ. Автомобільний транспорт в Україні набуває дедалі більшого значення. Особливо він зручний при перевезенні вантажів на короткі відстані. На сучасному етапі розвитку економіки України все більше підприємств застосовують планування поставок “точно в строк”. Це призводить до зменшення розмірів поставок і збільшення частки партійних вантажів у загальному обсязі перевезень. Дана тенденція найбільш рельєфно простежується при перевезеннях харчових вантажів у великих містах [1, 2].

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. При перевезеннях багатьох видів партійних вантажів (наприклад, харчових товарів у роздрібну торгову мережу або точки харчування) через ряд причин доцільною вважається організація роботи автомобілів на постійних маршрутах. Серед таких причин виділяються технологічні – необхідність дотримання точних графіків доставки й одержання вантажів, економічні – відсутність можливості миттєвої зміни структури парку, практичні – втрата особистих контактів водіїв з керівниками і виконавцями робіт в пунктах заїзду, що призводить до збільшення простоїв

автомобілів при здаванні/прийманні вантажів, та інше.

При цьому через змінний попит на перевезення завантаження автомобілів на маршрутах також змінюється, що приводить як до недовантаження автомобіля, так і до можливого його перевантаження. В останньому випадку частина клієнтури залишається не обслугованою цілком або частково, що знижує якість їхнього транспортного обслуговування і спричиняє збитки перевізникам внаслідок або прямих штрафів, або збільшення собівартості перевезення, або зменшення прибутків через перехід клієнтури до іншого перевізника. Безпідставне підвищення вантажопідйомності автомобілів, що обслуговують маршрути, також веде до зростання витрат перевізника внаслідок погіршення використання вантажопідйомності автомобілів. Крім того, виникають труднощі, які пов'язані зі специфічними умовами виконання перевезень харчових вантажів і виявляються у відсутності визначення впливу змінного попиту на ефективність перевезень, критеріїв ефективності, що відповідають ринковим умовам, теоретичних розробок в галузі створення технологій перевезень харчових вантажів в умовах змінного попиту на перевезення.

Таким чином, актуальність даної роботи обумовлена необхідністю вирішення важливого практичного завдання – підвищення ефективності перевезення харчових вантажів в умовах великого міста. Новизна роботи полягає у тому, що при вирішенні завдання пошуку оптимального маршруту доставки харчових продуктів за критерієм «мінімальна відстань» у цільовій функції було враховано стан автошляхів та рівень автомобілізації міста.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел засвідчив відсутність загальноприйнятих критеріїв ефективності систем доставки партійних вантажів, до яких належить перевезення харчових продуктів, розбіг точок зору щодо визначення автомобіля оптимальної вантажопідйомності і оптимальної структури парку автомобілів.

Констатовано, що системи доставки партійних вантажів мають фундаментальну теоретичну основу, яка базується на теорії транспортних процесів і систем. Загальним питанням розвитку цієї теорії присвячені роботи Воркута А.І., Великанова Д.П., Сміхова А.А., Міротіна Л.Б., Беляєва В.М., Лейдермана С.Р., Ріхтера К.Ю., Гаскеля Т.Дж. та інших. Стосовно питань технології доставки партійних вантажів слід відзначити роботи Воркута А.І., Ріхтера К.Ю., Гаскеля Т.Дж. В роботах цих авторів встановлені основні закономірності функціонування систем доставки партійних вантажів, розроблені методи формування таких систем раціональної організації їх роботи. Заслужують уваги і наукові розробки молодих вчених [1, 2, 3, 4, 5], присвячені питанням організації перевезень вантажів по великих містах.

У роботі [1] запропоновано метод вирішення завдання оптимальних вантажних перевезень у вигляді алгоритму гілок та меж, що базується на допусках, і проаналізовано його доцільність для застосування на практиці.

Обґрунтуванню необхідності використання розвізних маршрутів і визначенню характерних моментів специфіки розвезення дрібнопартійних вантажів присвячено роботу [2]. Результати досліджень свідчать про значне збільшення розвізних маршрутів у системі вантажних перевезень. Для планування таких маршрутів приведені основні методи маршрутизації. Точні методи використовуються для вирішення завдань

невеликих розмірностей з відсутністю додаткових обмежень (час роботи клієнта, тривалість робочої зміни водія).

У зв'язку з невідповідністю існуючих методів вимогам більшості підприємств, які займаються розвезенням продукції, було запропоновано модель планування розвізних маршрутів із урахуванням великої кількості параметрів, критеріїв та вимог клієнтів. Дана модель включає систему важелів, які здатні формувати напрямлення пріоритетів оптимізації в процесі планування.

У статті [3] подано результати дослідження закономірностей зміни середньої швидкості пересування транспортних засобів залежно від параметрів транспортних мереж значних і найзначніших міст, а також описуються математичні моделі, що дозволяють розрахувати швидкість транспортних потоків у містах.

Аналіз літературних джерел щодо вибору автомобілів оптимальної вантажопідйомності свідчить, що увага авторів зосереджена на вирішенні проблем визначення автомобіля оптимальної вантажопідйомності у детермінованій постановці. Ймовірнісно-статистичний підхід застосовується для вибору автомобіля оптимальної вантажопідйомності для роботи на маятникових маршрутах. Урахування впливу змінного попиту на перевезення харчових продуктів було враховане у роботі [4].

У роботі [5] розглядаються методи маршрутизації дрібнопартійних перевезень. Запропоновано підходи і критерій оптимальності для планування та організації дрібнопартійних перевезень за умов, коли розмір відправленої чи отриманої партії вантажу значно менше вантажності автомобіля.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності автомобільних перевезень харчових продуктів по Дніпропетровську. Досягнення цієї мети можливо за умов застосування методів математичного моделювання і сприятиме плануванню та управлінню транспортною системою доставки харчових продуктів у складних умовах великих міст.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати структуру системи доставки харчових продуктів по Дніпропетровську;

- на підставі виявлених істотних взаємозв'язків між елементами системи і зовнішнім середовищем визначити основні параметри системи, що впливають на показники її ефективності;

- на основі факторного аналізу розробити удосконалену модель доставки харчових продуктів від одного постачальника до декількох споживачів.

Об'єктом дослідження виступає система міських перевезень партійних вантажів, а предметом дослідження – транспортний процес доставки харчових продуктів, що проходить в умовах великого міста.

Основна частина дослідження. У даній роботі було розроблено систему маршрутів доставки харчових вантажів по Дніпропетровську. Для вирішення цього

завдання на підставі попередніх досліджень при виборі автомобіля задавався певний резерв вантажопідйомності для компенсації коливань на перевезення за періодами часу (див. рис. 1).

Цей резерв запропоновано вимірювати коефіцієнтом запасу з вантажопідйомності [4], який розраховується за формулою

$$k_3 = \frac{n_n}{n_3}, \quad (1)$$

де n_n – номінальна кількість пункту заводу на маршруті, при якій вантажопідйомність автомобіля використовується повністю, од.;

n_3 – фактична кількість пунктів заводу на маршруті, од.

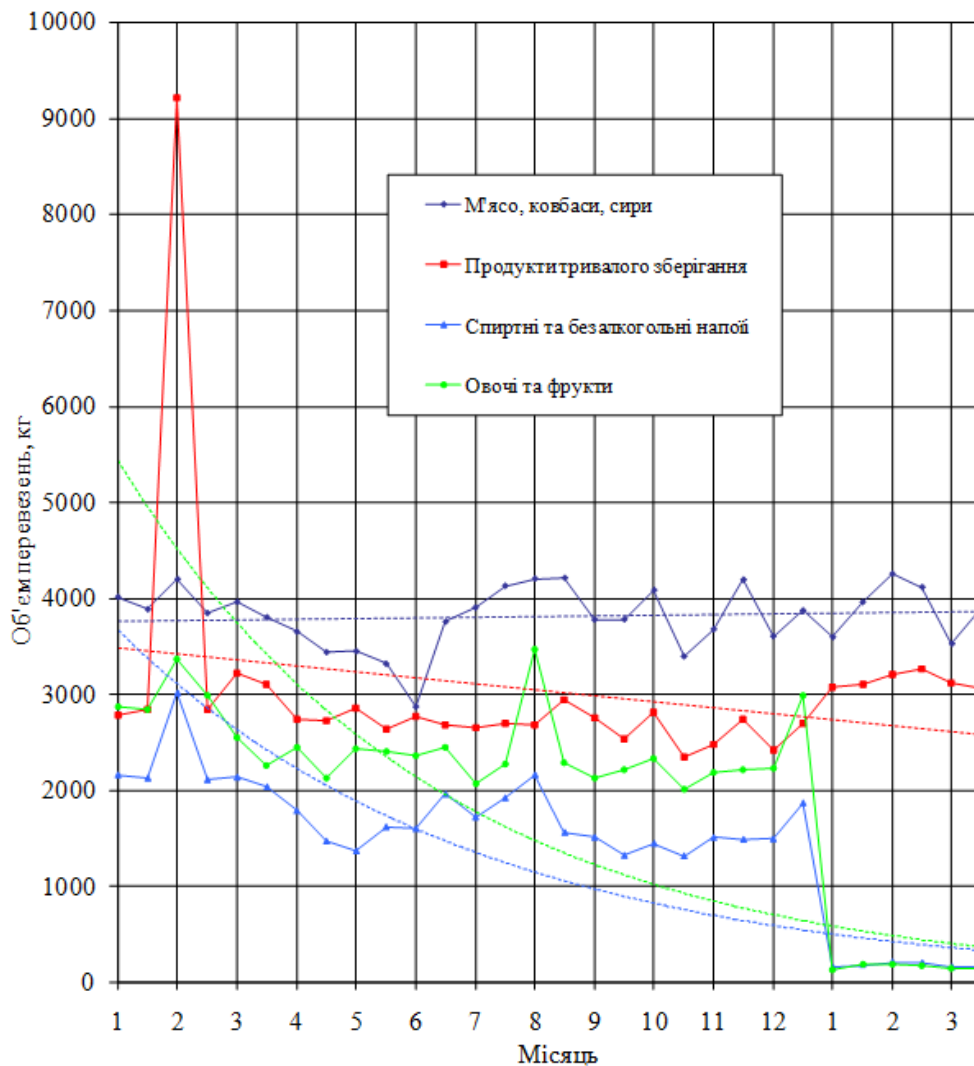


Рис. 1. Графік коливання попиту на перевезення харчових вантажів за видами

Вирішення завдання пошуку оптимального маршруту виконувалося за наступним алгоритмом. На карті-схемі міста Дніпропетровська позначалось розташування

вантажовідправника А (база «Метро»), десяти вантажоодержувачів В1-В10 («Campus», «Loft», «Lord») і автотранспортного підприємства (АТП) (рис. 2).

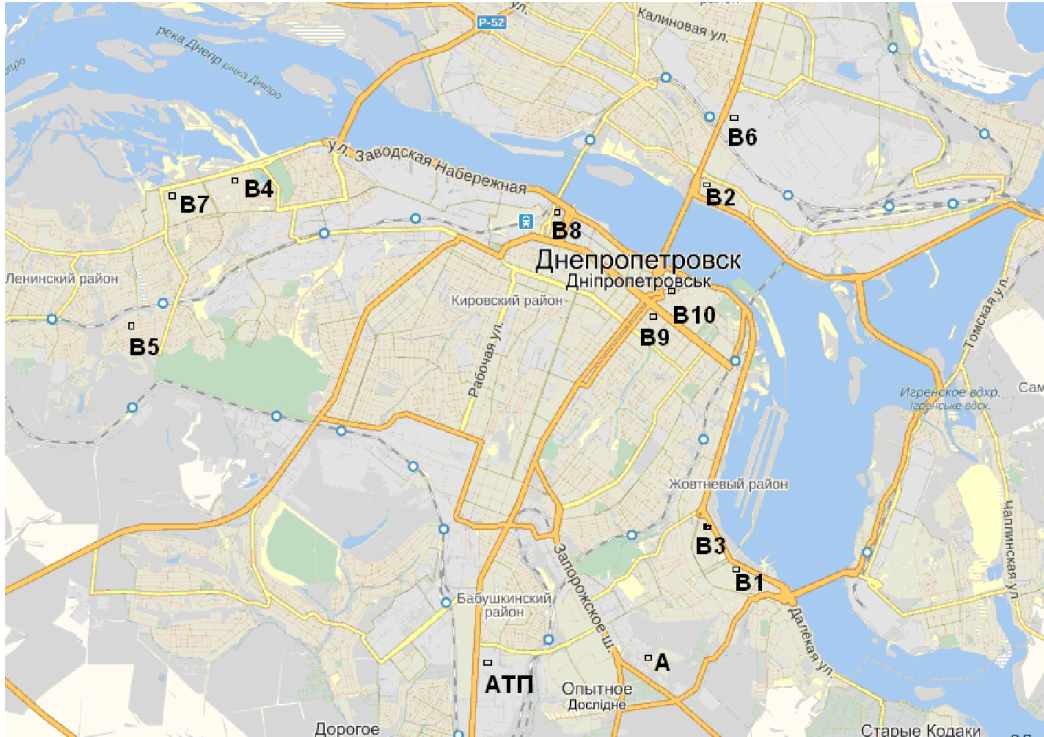


Рис. 2. Ситуаційний план розташування вантажовідправника, вантажоодержувачів і АТП на карті Дніпропетровська:

АТП – автотранспортне підприємство; А – вантажовідправник; В1-В10 – вантажоодержувачі

По карті визначалися відстані між вантажовідправником і вантажоодержувачами за формулою

$$l_{ij}^{km} = l_{ij}^{cm} * k_n * M, \quad (2)$$

де k_n – коефіцієнт нелінійності;
 M – масштаб.

У даній роботі завдання визначення раціонального маршруту розвезення харчових продуктів по Дніпропетровську ґрунтується на класичній математичній задачі комівояжера [6, 7]. Виїжджаючи з початкового пункту (у даному випадку – пункт завантаження, тобто база «Метро»), комівояжер (тобто автомобіль, що виконує перевезення) повинен побувати у всіх інших пунктах (В1 - В10) тільки один раз і повернутися у початковий пункт. Необхідно визначити порядок, у якому треба об'їжджати

пункти, щоб пройдена сумарна відстань була мінімальною. При цьому цільова функція визначається як сумарна довжина маршруту комівояжера, а вирішення завдання відповідає таким умовам та обмеженням:

- комівояжер в'їжджає в кожен пункт рівно один раз;
- комівояжер виїжджає з кожного пункту рівно один раз;
- будь-який маршрут комівояжера складався з одного циклу;
- обмежується область припустимих значень додаткових змінних цілими числами (позитивними чи негативними);
- виключається повернення комівояжера до пункту, в якому він вже побував.

Задача комівояжера була вирішена за допомогою Інтернет-ресурсу [8]. Згідно з отриманими результатами сумарна довжина розвізного маршруту становитиме 36,28 км.

Необхідно зазначити, що в умовах великого міста доцільно організувати перевезення автомобілями невеликої вантажопідйомності. Тому є сенс здійснювати перевезення не одним автомобілем (вантажністю понад 7,2 т згідно з отриманими розрахунками), а об'єднати вантажоодержувачів в окремі групи та формувати розвізні маршрути автомобілями меншої вантажопідйомності [9, 10]. Для цього було розраховано відстань між пунктами відправлення та одержання вантажу, складено матрицю відстаней і визначено ланки найкоротшої сполучної мережі.

Таким чином, для перевезень харчових вантажів по Дніпропетровську розроблено три удосконалені маршрути. Визначено значення експлуатаційних показників по кожному маршруту і в цілому по запропонованому проекту.

З метою визначення методів підвищення ефективності використання транспортних засобів на запропонованих маршрутах було встановлено характер та ступінь впливу окремих експлуатаційних факторів на результативні показники. Годинна продуктивність автомобіля для простого циклу розраховується за формулою

$$\bar{P}_2 = \frac{\bar{q} \bar{\gamma}_{cm} \bar{V}_m \bar{\beta}}{\bar{l}_{ei} + \bar{V}_m \bar{\beta} \bar{t}_{np}}, \quad (3)$$

де \bar{q} - середня вантажопідйомність автомобіля, т;

$\bar{\gamma}_{cm}$ - середнє значення коефіцієнта статистичного використання вантажопідйомності автомобіля;

\bar{V}_m - середня технічна швидкість автомобіля, км/год;

$\bar{\beta}$ - середнє значення коефіцієнта використання пробігу автомобіля;

\bar{l}_{ei} - середня відстань пробігу автомобіля з вантажем за їздки, км;

\bar{t}_{np} - середній час простою автомобіля під навантаженням та розвантаженням за їздки, год.

Відповідно собівартість перевезень розраховується за формулою

$$S_m = \frac{\bar{l}_{ei}}{\bar{q} \bar{\gamma}_{cm} \bar{\beta}} \left(\bar{\kappa}_i^{zm} C_{zm} + \frac{\bar{\kappa}_i^{nc} C_{noc}}{\bar{V}_m} \right) + \frac{\bar{\kappa}_i^{noc} C_{noc} \bar{t}_{np}}{\bar{q} \bar{\gamma}_{cm}}, \quad (4)$$

де C_{zm} - середнє значення змінних витрат автомобіля в базовому періоді, коп./км;

C_{noc} - середнє значення постійних витрат в базовому періоді, коп./год.;

$\bar{\kappa}_i^{zm}$, $\bar{\kappa}_i^{nc}$ - коефіцієнти, що враховують індексацію цін.

Проведемо аналіз залежності продуктивності і собівартості перевезень від зміни техніко-експлуатаційних показників (формули (3) та (4)).

За результатами розрахунків були побудовані діаграми змін продуктивності автомобіля та собівартості перевезень (див. відповідно рис. 3, 4).

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Аналіз впливу чинників на параметри

технологічного процесу перевезення партійних вантажів, до яких відносяться харчові продукти, показує таке: по-перше, характер впливу множини зовнішніх факторів на собівартість перевезень при урахуванні графіка початку розвантаження автомобіля в пунктах завезення і без його урахування не змінюється; по-друге – найбільше впливають на собівартість перевезень початковий (кінцевий) пробіг, пробіг між суміжними пунктами заводу на маршруті, середній обсяг завезення вантажу в один пункт заводу, кількість пунктів завезення на маршруті, коефіцієнт запасу з вантажопідйомності. Подальші дослідження у даному напрямку можуть бути спрямовані на розвиток теорії ефективності транспортного процесу доставки харчових вантажів у межах великих міст.

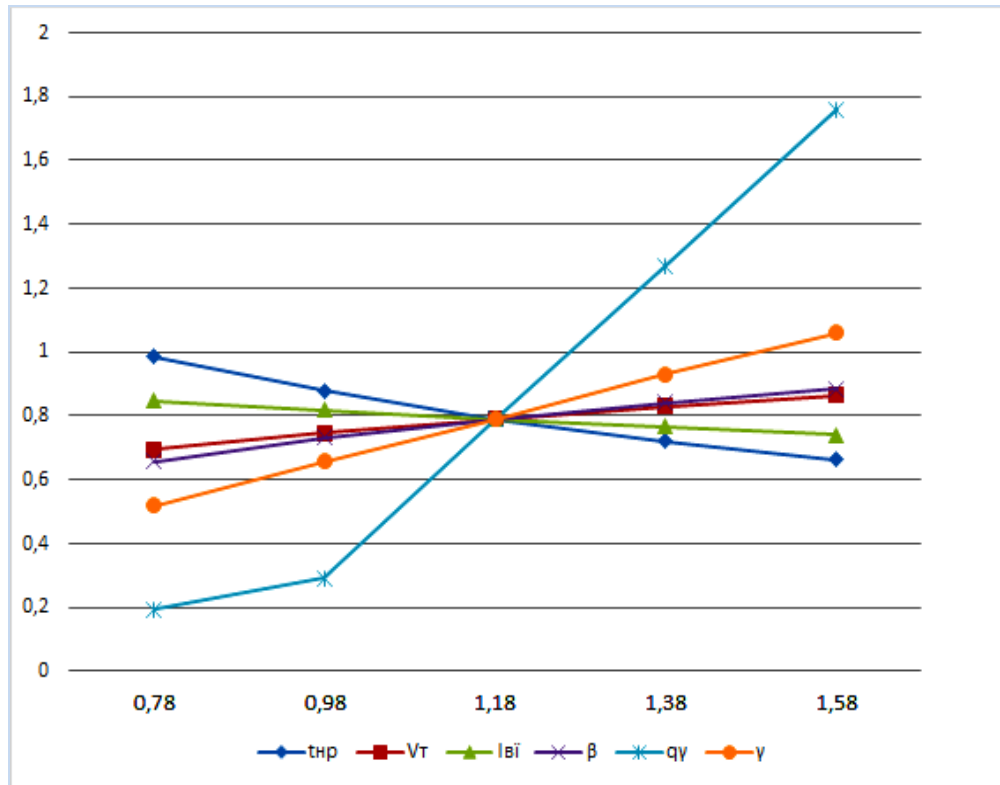


Рис. 3. Графіки залежності
 $P_z = f(q\gamma_{cm}, \gamma_{cm}, V_T, t_{np}, l_{vi}, \beta)$

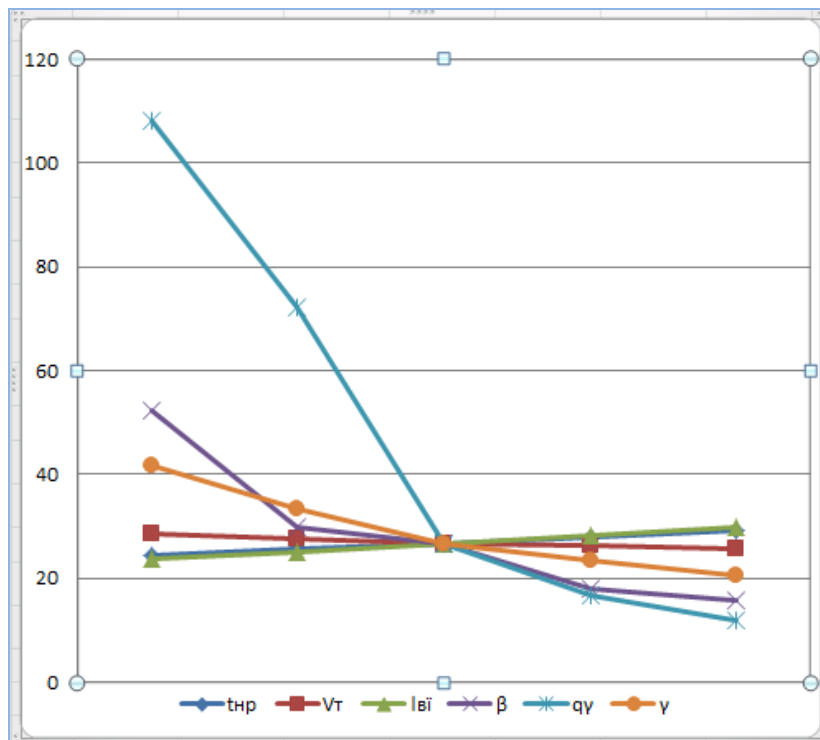


Рис. 4. Графіки залежності
 $S_T = f(q\gamma_{cm}, \gamma_{cm}, V_T, t_{np}, l_{vi}, \beta)$

Список використаних джерел

1. Атаманюк, А.В. Метод розв'язання задачі оптимальних вантажних перевезень [Текст] / А.В. Атаманюк, Б.І. Гольденгорін // Вісник Кам'янець-Подільського національного університету. – 2012. – Вип. 4. – С. 11-17.
2. Кір'янов, О.Ф. Розробка моделі вирішення задач планування перевезень дрібних партій вантажів [Текст] / О.Ф. Кір'янов, Г.Г. Переверзєва, А.О. Коробов // Вісник КрНУ ім. М. Остроградського. – 2012. – Вип. 1/2012. – Ч. 1. – С. 131-133.
3. Лобашов, О.О. Вплив параметрів транспортних мереж значних і найзначніших міст на швидкість транспортних потоків [Текст] / О.О. Лобашов, С.Б. Дульфан // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – 2013. – № 109. – С. 107-110.
4. Шептура, О.М. Підвищення ефективності автомобільних перевезень партійних вантажів при змінному попиті на перевезення [Текст]: автореф. дис... на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: 05.22.01 – транспортні системи / О.М. Шептура; [Харківський нац. автомоб.-дорож. ун-т]. – Харків: ХНАДУ, 2004. – 17 с.
5. Шраменко, Н.Ю. Методи маршрутизації при дрібнопартійних перевезеннях в транспортних системах міст та шляхи її удосконалення [Текст] / Н.Ю. Шраменко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – 2009. – № 86. – С. 264-267.
6. Самойленко, М.І. Інформаційні технології в розв'язанні транспортних задач [Текст]: монографія / М.І. Самойленко, А.О. Кобець; [Харківська нац. академія міського госп-ва]. – Харків: ХНАМГ, 2011. – 256 с.
7. Самойленко, Н.И. Исследование операций (Математическое программирование. Теория массового обслуживания) [Текст]: учеб. пособие / Н.И. Самойленко, Б.Г. Скоков. – Харьков: ХНАГХ, 2005. – 176 с.
8. Задача коммивояжера онлайн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://math.semestr.ru/kom/index.php>.
9. Розробка графіка руху транспортних засобів при організації вантажних перевезень [Текст]: навч. посібник / Ю.О. Давидич; Хар. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків: ХНАМГ, 2010. – 345 с.
10. Нефедов, Н.А. Оптимальная грузоподъемность автомобиля на развозочных маршрутах при переменном спросе на перевозки [Текст] / Н.А. Нефедов, А.Н. Шептура // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета. – 2002. – Вып. 17. – С. 69-71.

Рецензент д-р ф.-м. наук, професор А.М. Пасічник

Кузьменко Альбіна Ігорівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних систем та технологій Університету митної справи та фінансів. Тел.: (056-2) 46-95-97. E-mail: alia1971@i.ua.

Kuzmenko Albina Igorivna, PhD Engineering. Associate Professor, Department of Transport Systems and Technology University of customs and finance. Tel. : (056-2) 46-95-97. E-mail: alia1971@i.ua.

Стаття прийнята 03.09.2015 р.