

УДК 656.13.658

**А. П. Поляков, д. т. н., проф.; О. О. Галушак; Д. О. Галушак; М. Д. Грабенко**  
**МЕТОДИКА ВИБОРУ РУХОМОГО СКЛАДУ, МАРШРУТУ І ГРАФІКА**  
**ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ**

*У статті наведено удосконалену методику вибору маршруту руху транспортного засобу для отримання максимального економічного ефекту під час доставки продукції від відправника до одержувача, а також описано застосування цих методик на прикладі практичної задачі.*

***Ключові слова:** маршрут руху, маршрутизація, графік перевезення, транспортний засіб, транспортний склад.*

### **Вступ**

Розвиток економіки, відповідно і розвиток виробництва та збільшення обсягів видів послуг, що надаються, призвели до великої конкуренції серед виробників продукції. Для розв'язання цієї проблеми вчені проаналізували весь цикл послуг від виробника до споживача й прийшли до висновку: зменшення витрат на транспортування – це можливість зекономити, не погіршуючи якості продукції.

Особливу увагу слід приділяти маршрутизації перевезень, тому що використання раціональних маршрутів є безсумнівною перевагою централізованих перевезень в порівнянні з децентралізованими, що підвищує їхню економічну ефективність. Розробка маршрутів доставки товарів дозволяє скоротити простої автомобілів під навантаженням і розвантаженням, підвищити їхню продуктивність, а отже, зменшити кількість засобів перевезення, що надходять на підприємства-вантажовідправники за того самого обсягу перевезень. Коли розроблені маршрути визначено й термінів постачання дотримано, виробничі запаси споживачів можуть скоротитись у 1,5 – 2 рази.

**Метою цієї статті** є вдосконалення методики вибору маршруту руху транспортного засобу для розвезення товару.

### **Вибір раціонального маршруту руху в організації перевезень вантажів автотранспортом**

Під час організації процесу перевезення вантажу автотранспортом важливу роль відіграє вибір маршруту руху. Після отримання заявки на перевезення вибір маршруту є таким самим важливим, як і вибір рухомого складу для перевезення. Доставка вантажу від вантажоодержувача до вантажоодержувача можлива за декількома варіантами маршрутів руху, оцінка яких може відрізнятися за низкою критеріїв. Урахування всіх цих критеріїв та вибір раціонального маршруту визначають час доставки вантажів, її собівартість.

До проблеми вибору раціонального маршруту руху потрібно підходити з різних позицій з урахуванням вимог, що накладає система “Водій – автомобіль – дорога – навколишнє середовище” (ВАДНС). Раніше вибір маршрутів проводився за кількісними показниками за допомогою математичних задач визначення найкоротшої відстані. Принцип різнобічного підходу розглядався в роботах під час вибору перевізника та під час вибору постачальника [6, 7]. З погляду логістики питання вирішувалось, ураховуючи якісні та кількісні показники, адже ефективність функціонування користувачів транспортних послуг залежить як від величини тарифу на доставку, так і від таких аспектів якості доставки, як своєчасність, забезпечення зберігання вантажу на шляху слідування та ін. Тому пропонується використовувати цей метод для вибору раціонального маршруту руху автомобіля.

Для вирішення задачі вибору маршруту було розроблено 14 критеріїв, які, на думку фахівців, задовольняють усі вимоги системи ВАДНС до маршруту.

До критеріїв, що характеризують водія, належать: відповідність кваліфікації водія вимогам маршруту; емоційне навантаження водія залежно від умов руху в транспортному потоці.

До критеріїв, що характеризують автомобіль, належать: відповідність технічних характеристик транспортного засобу маршруту; відхилення фактичної витрати палива від нормативної; фактична швидкість руху.

До критеріїв, що характеризують дорожні умови, належать: категорія дороги; відстань перевезення вантажу; тип і стан дорожнього покриття; сумарна довжина підйомів і спусків з нахилом більше 40%.

До критеріїв, що характеризують середовище, належать: можливість перевезення вантажу з певними характеристиками на маршруті; природно-кліматичні умови (пора року, погодні умови); екологічні обмеження під час перевезення певних видів вантажу (наявність населених пунктів і санітарних зон на шляху руху вантажу); обмеження за строками доставки.

Критерій «забезпечення зберігання вантажу на шляху слідування» одночасно є характеристикою всіх складників системи «ВАДНС».

Використовуючи метод експертних оцінок, 25 експертів визначили ранг кожного з критеріїв, які оцінювали. Найбільш значущий критерій має найвище значення рангу.

За отриманими ранговими оцінками критеріїв отримали значення коефіцієнта конкордації  $W=0,61 > 0,6$  та критерій Пірсона  $=198,7 > 22,4$ , що задовольняє умову узгодженості думок експертів. Із визначених вагових коефіцієнтів  $\gamma_i$  за всіма критеріями виділили найвагоміші, котрі задовольняють умову  $\gamma_i > 1/n$ , де  $n = 14$  – кількість критеріїв оцінки.

Для визначення всіх можливих альтернативних варіантів маршруту руху та їхньої оцінки було розраховано підсумковий інтегральний показник. Усі критерії поділено на дві групи: кількісні та якісні. Якісні показники отримують на основі статистичних, звітних і довідкових даних та оцінюють за трибальною системою.

Для зведення якісних показників до кількісного виразу використано функцію бажаності. Для оцінки альтернативних варіантів маршрутів за кількісними та якісними показниками для кожного критерію обрано еталонне значення – максимальне чи мінімальне, залежності від його впливу на загальну оцінку, та розраховано його відносне значення.

Підсумковий інтегральний показник  $K_0$  розраховують за формулою:

$$K_0 = \sum_{i=1}^n K_i \gamma_{io} \longrightarrow \max, \quad (1)$$

де  $K_i$  – середня арифметична оцінка в балах  $i$ -го критерію, що надана експертами;  $\gamma_{io}$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го критерію.

За найбільшими значеннями інтегральних показників обирають два альтернативних варіанти маршруту, для яких розраховують собівартість роботи рухомого складу, та, порівнявши їх, обирають маршрут, який має мінімальну собівартість. Остаточний вибір маршруту руху здійснюють за найнижчою собівартістю перевезень.

У цій статті вдосконалено схему, яка дозволяє обрати із декількох альтернативних варіантів оптимальний маршрут руху рухомого складу. Новизна результатів полягає в тому, що під час вибору критеріїв, які впливають на вибір маршруту, було враховано умови, що накладаються системою ВАДНС.



Рис. 1. Структурно-логічна схема вибору раціонального маршруту руху

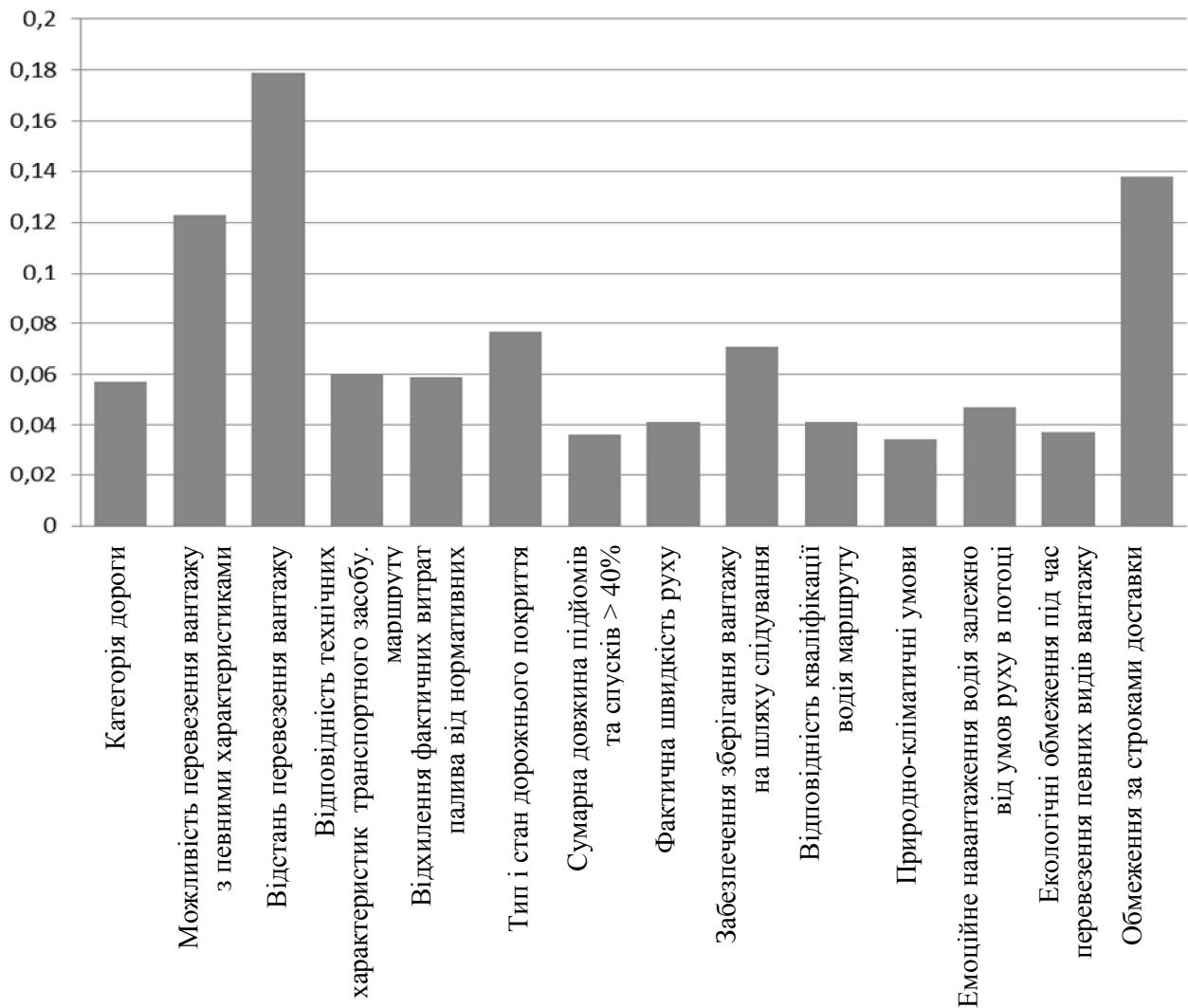


Рис. 2. Діаграма значень коефіцієнтів ваги критеріїв, що впливають на вибір маршруту руху

### Побудова графіків руху транспортних засобів

Графік руху транспортних засобів розроблено з метою підвищення ефективності керування й контролю за роботою транспортних засобів на лінії як по всьому маршруті, так і на окремих його ділянках.

Графік відображує всі елементи транспортного процесу в часі й просторі. Побудові графіка руху повинні передувати розрахунок техніко-експлуатаційних показників по маршруту перевезень:

- 1) час перебування транспортних засобів на лінії;
- 2) тривалість обіду й відпочинку водіїв у дорозі;
- 3) час простою під навантаженням і розвантаженням;
- 4) нормована швидкість руху по перегонах маршруту;
- 5) кількість транспортних засобів на маршруті.

Графіки руху транспортних засобів будують для постійних маршрутів з урахуванням конкретних умов перевезень. Швидкість руху транспортних засобів по маршруту має відповідати характеру дорожнього покриття й профілю дороги, час простою в пунктах навантаження й розвантаження встановлено залежно від пропускної здатності навантажувально-розвантажувальних постів з урахуванням додаткового часу, що

витрачається на маневрування транспортних засобів й оформлення товарно-транспортної документації.

Під час визначення місця і часу прийому їжі й відпочинку водіїв ураховано тривалість часу їхньої роботи й наявність у цьому пункті підприємств громадського харчування й місць відпочинку.

На графіку руху по маршруту технічну швидкість показано дробом: чисельник позначає швидкість руху в прямому напрямку, знаменник – у зворотному.

Правильність побудови графіка руху перевірено підсумовуванням часу всіх елементів транспортного процесу й зіставлено з розрахунковим часом роботи на лінії.

Найбільш доцільним є застосування графіка руху під час перевезення вантажів на значну відстань, особливо під час організації централізованих перевезень.

Правильно побудовані графіки руху:

- 1) сприяють більш раціональній організації перевезень;
- 2) забезпечують ритмічну роботу транспортних засобів, навантажувально-розвантажувальних постів і складів, узгоджену роботу диспетчерських пунктів;

- 3) підвищують дисципліну праці водіїв.

Під час розробки графіка доставки були враховані такі умови:

- 1) наявність необхідної продукції на складських комплексах посередників;
- 2) наявність транспортних засобів для обслуговування складського комплексу посередників з урахуванням продукції, що постачається, і середнього завантаження автомобіля.

Розрахунок необхідно виконувати не тільки на кількість рухомого складу, а й на запас у разі поломок та інших обставин. Споживачі мають забезпечити своєчасне приймання продукції й розвантажувальні роботи.

Для виконання узгоджених графіків доставки продукції споживачеві зі складів посередників необхідно виконати певні види робіт. Згідно із сітковим графіком усі ці роботи треба виконувати послідовно і своєчасно, тому час їхнього виконання завчасно обговорюють. Сітковий графік відображає технологічний зв'язок і послідовність робіт, завдяки йому можна розрахувати протяжність циклу розробки графіка перевезень.

Під час аналізу використання транспортних засобів, які обслуговують посередницькі організації, було визначено динаміку зміни обсягів перевезень і їхню питому вагу, проаналізовано техніко-експлуатаційні показники роботи автотранспорту під час перевезення продукції, визначено нерівномірність ввезення та вивезення продукції на складський комплекс за визначений період (рік, квартал), а також визначено можливості вантажно-розвантажувальних робіт на складі й у споживачів.

Добове постачання продукції було визначено поділом річної потреби споживачів у необхідній продукції на кількість робочих днів у році. Після цього добове постачання продукції потрібно узгоджувати зі споживачем.

### **Вибір рухомого складу**

Вибір рухомого складу формуємо в такий спосіб: у заданих конкретних умовах експлуатації транспортного підприємства з відомими обмеженнями щодо дорожніх і кліматичних чинників треба здійснити вибір найбільш раціональних типів вантажних транспортних засобів і розрахувати їхню потребу на планований період з урахуванням повного забезпечення й виконання всіх вимог клієнтури, що обслуговується, за мінімальних витрат.

Важливим завданням організації перевезень є вибір ефективних транспортних засобів, які найбільше відповідають конкретним умовам перевезень.

Багатомарочність парку транспортних засобів підприємства підвищує ефективність

перевізного процесу, але водночас призводить до ускладнення і здорожчання утримування, технічного обслуговування та поточного ремонту транспортних засобів.

Під час вибору транспортних засобів розв'язано два взаємозалежні завдання (рис. 3):

- 1) визначено спеціалізацію;
- 2) підібрано вантажопідйомність.

Для здійснення правильного вибору транспортних засобів враховано такі "кінцеві" елементи (чинники):

1) транспортні (ті, які формують систему): вид вантажу і його характеристика; партійність перевезень; обсяг і стабільність перевезень; відстань перевезень; способи навантаження-розвантаження й складська облаштованість; режим роботи; вид маршрутів й організація перевезень;

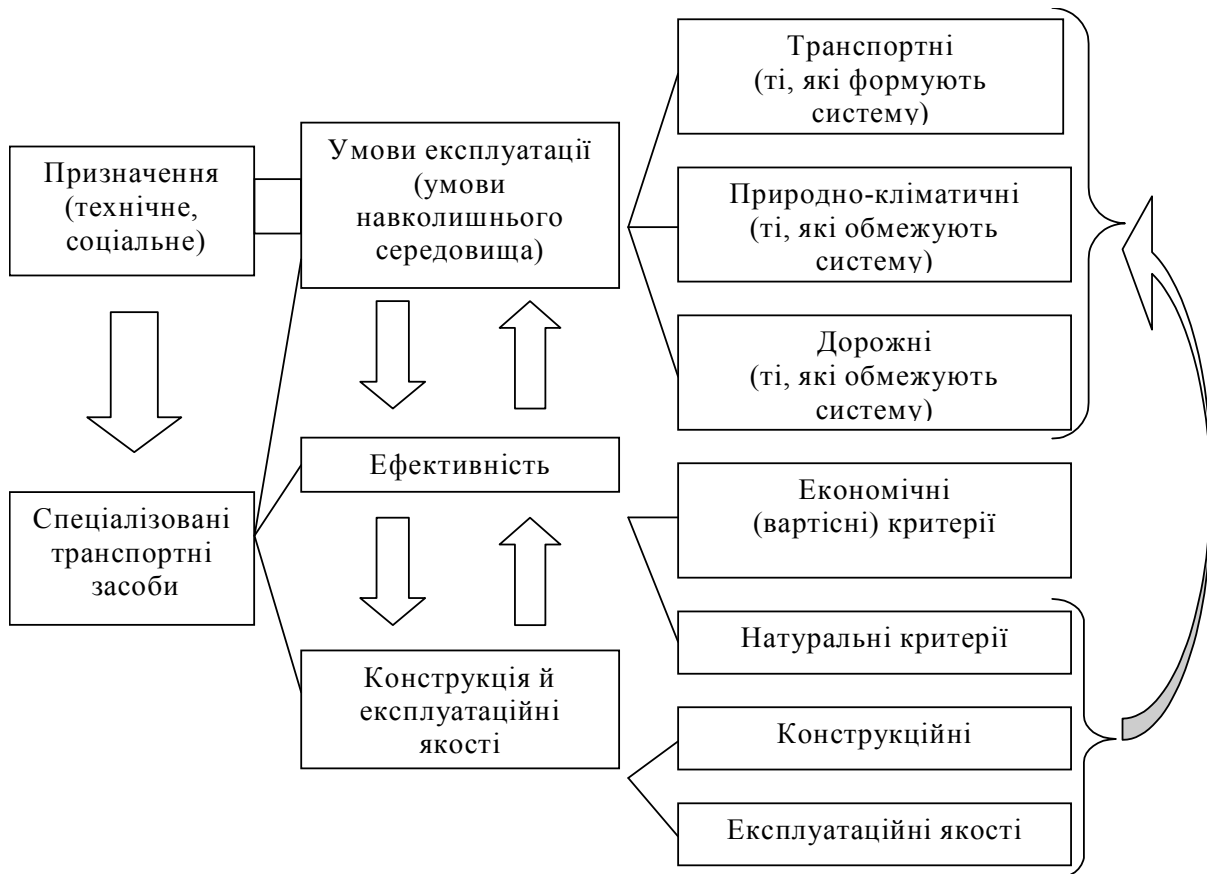


Рис. 3. Комплекс взаємодії груп чинників, що зумовлюють вибір вантажних транспортних засобів

2) дорожні (ті, які обмежують систему): міцність дорожнього покриття (припустиме осьове навантаження); елементи профілю і плану доріг; інтенсивність руху; прохідність дороги;

3) природно-кліматичні (ті, які обмежують систему): зона помірного клімату; зона холодного клімату; зона жаркого клімату; високогірні райони;

4) конструкційні: кузов; використання маси;

5) експлуатаційні якості: адаптація кузова; вантажомісткість; зручність використання; прохідність;

6) економічні й натуральні критерії: продуктивність; собівартість; зведені витрати; трудомісткість перевезень; позатранспортний ефект.

Функціональне призначення транспортного засобу (самоскид, фургон, цистерна, контейнеровоз і т. п.) визначається на підставі класифікації вантажів і відповідних їм різновидів транспортних засобів за принципом "вантаж-кузов".

Вантажопідйомність є одним з основних параметрів транспортного засобу. Однак вона не завжди виражає дійсну кількість вантажу, який може бути перевезено на певному транспортному засобі. Вантажопідйомність транспортних засобів повинна визначатися як функція партійності перевезень.

### Розв'язання практичного завдання

Для оцінки методик було розв'язано практичне транспортне завдання з обслуговування мережі роздрібної торгівлі автотранспортним підприємством. Необхідно було доставити товар від трьох виробників до групи продовольчих магазинів. На доставку товару було накладено чіткі часові межі. Під час розв'язання завдання було обрано такий спосіб перевезення: ВИРОБНИК – ПРОМІЖНИЙ СКЛАД – СПОЖИВАЧ. На останньому етапі формування маршрутів доставки товару від проміжного складу до споживача було обрано два варіанти:

- 1) три автомобілі малої вантажопідйомності (три маршрути);
- 2) один автомобіль малої вантажопідйомності і один автомобіль середньої вантажопідйомності (два маршрути).

Варіант доставки товарів до споживача одним автомобілем середньої вантажопідйомності не розглядаємо, оскільки така доставка виходить поза часові межі.

Автомобілі рухаються по різних маршрутах від проміжного складу до споживача й розвозять комбінований вантаж. Для доставки від виробника на склад було обрано один автомобіль середньої вантажопідйомності, який доставляє одну групу товарів раз на три дні, тобто за три дні він доставляє всі групи товарів. Для визначення відстаней користуємося програмним забезпеченням Google maps.

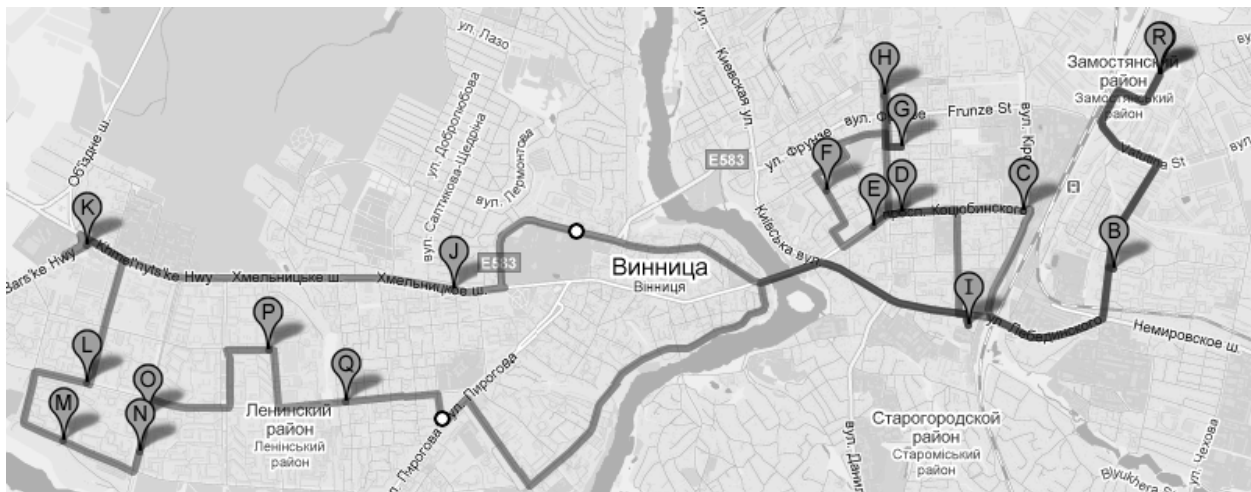


Рис. 4. Маршрут доставки товару з проміжного складу до споживача автомобілем середньої вантажопідйомності

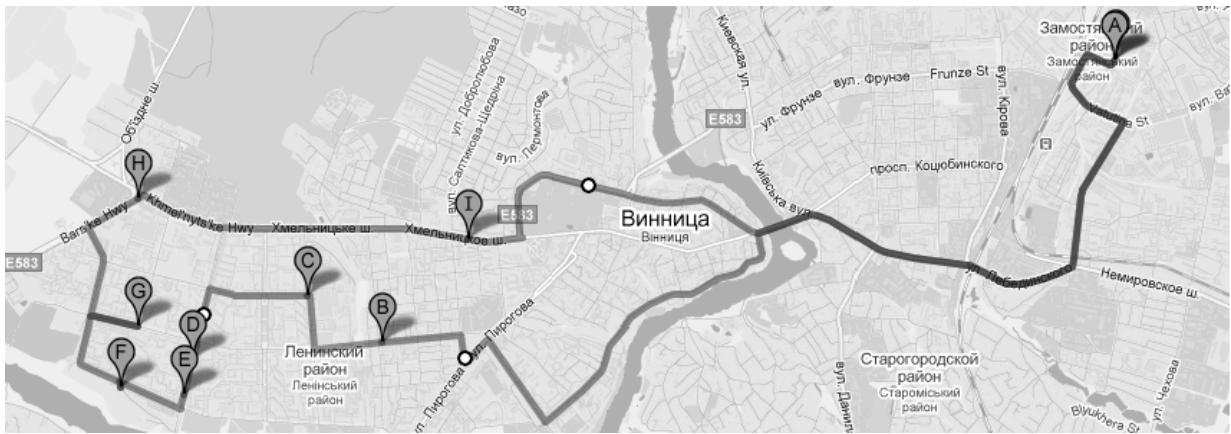


Рис. 5. Маршрут 1 доставки товару з проміжного складу до споживача автомобілем малої вантажопідйомності  
 На рис. 4 наведено маршрут руху автомобіля середньої вантажопідйомності, на рис. 5 та рис. 6 наведено маршрути руху автомобілів малої вантажопідйомності для обслуговування тих самих споживачів.

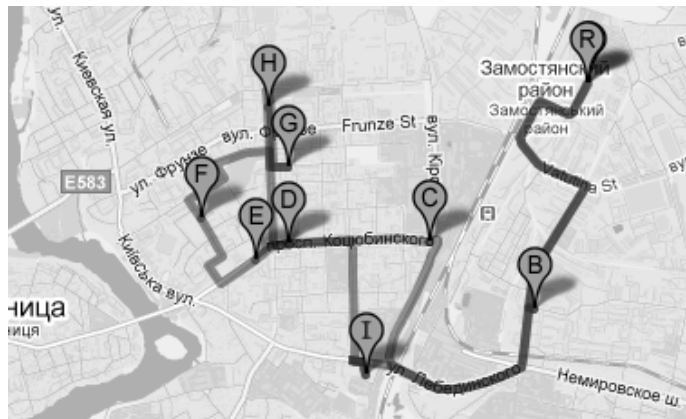


Рис. 6. Маршрут 2 доставки товару з проміжного складу до споживача автомобілем малої вантажопідйомності

Після вибору маршрутів було перевірено виконання часової умови розвезення товару та обраховано їхню протяжність. Для вибору остаточного маршруту порівнюємо витрати на перевезення (рис. 8), (рис. 7).

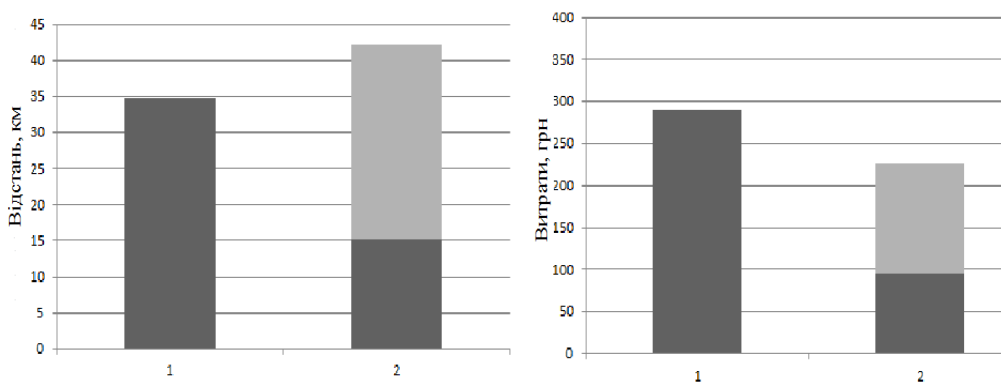


Рис. 7. Діаграми, що показують параметри:  
 1 – автомобіль середньої вантажопідйомності;  
 2 – автомобілі малої вантажопідйомності



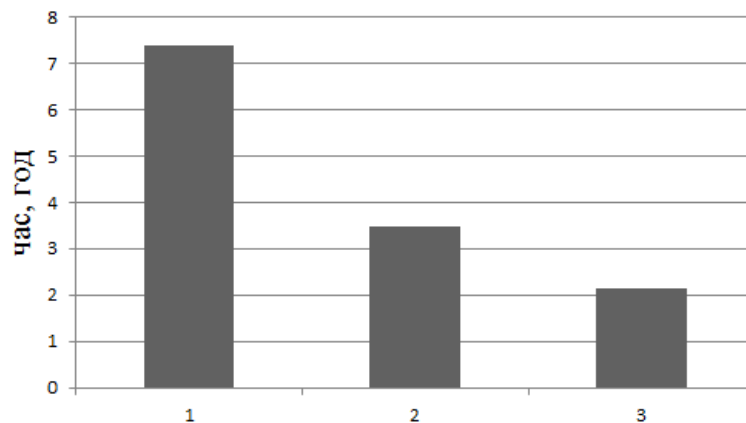


Рис. 8. Діаграма, що показує витрати часу на перевезення:  
 1 – автомобіль середньої вантажопідйомності;  
 2, 3 – автомобілі малої вантажопідйомності

### Висновки

На сьогодні ціни на транспортні послуги динамічно зростають через збільшення вартості палива. Наслідком цього є зростання собівартості всієї продукції та послуг, виконання яких залежить від транспортування. Отже, за раціонального вибору параметрів перевезення можна суттєво зменшити витрати на транспортні послуги. Розв'язавши конкретне завдання, ми на практиці переконались наскільки суттєвим є вибір правильного маршруту та транспортного засобу. Нами було побудовано декілька варіантів маршрутів для різних транспортних засобів. Для отриманих маршрутів було розраховано та порівняно їхні параметри. Під час використання автомобіля середньої вантажопідйомності пробіг на 21,3% менший порівняно із сумарним пробігом двох автомобілів малої вантажопідйомності (рис. 7), але час на доставку товару до кінцевого споживача на 111% більший (рис. 8). Отже, час доставки є суттєвою перевагою автомобілів малої вантажопідйомності. Вони можуть швидко доставляти продукти, які швидко псуються, при цьому забезпечувати високу точність за часом. Головним параметром для вибору маршруту були затрати на доставку. Під час доставки двома автомобілями малої вантажопідйомності економія склала 29,5% порівняно з автомобілем середньої вантажопідйомності.

Під час формування розвізної мережі потрібно враховувати особливості вантажу й терміни його доставки. За великої відстані від виробника до споживача, що споживає незначні обсяги продукції, доцільно створювати проміжні склади, що дозволяють використовувати схему: доставка товару від виробника на склад автомобілем великої вантажопідйомності, а розвезення товару зі складу до споживачів здійснювати автомобілями меншої вантажопідйомності.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Анисимова А. П., Экономика, организация и планирование автомобильного транспорта : Учеб. пособие / А. П. Анисимова, В. К. Юфин. – К. : Транспорт, 1986. – 248 с.
2. Беленький А. С. Исследование операций в транспортных системах: идеи и схемы методов оптимизации планирования. / А. С. Беленький. – М.: Мир, 1992. – 582 с.
3. Сологуб Д. М. Грузовые автомобильные перевозки. Часть I. Основы теории транспортного процесса: Учеб. пособие. / Д. М. Сологуб. – М. : Транспорт, 1997. – 256 с.
4. Кальченко А. Г. Логистика: навч. посіб. / А. Г. Кальченко. – К.: КНЕУ, 2006. – 472 с.
5. Неруш Ю. М. Коммерческая логистика / Ю. М. Неруш. – М.: «Банки и биржи» ЮНИТИ, 1997. – 272 с.
6. Лукинский В. С. Логистика в примерах и задачах: учеб. пособие / В. С. Лукинский, В. И. Бережной, Е. И. Бережная. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 228 с.
7. Гаджинский А. М. Логистика: Учебник для высших и средних специальных учебных заведений. – 2-е изд.

/ А. М. Гаджинский. – М.: Информационно-внедренческий центр "Маркетинг", 1999. – 228 с.

*Поляков Андрій Павлович* – д. т. н., професор, декан факультету автомобілів, їх ремонту та відновлення.

*Галущак Олександр Олександрович* – студент гр. 2АТ-07.

*Галущак Дмитро Олександрович* – студент гр. 2АТ-07.

*Грабенко Михайло Дмитрович* – студент гр. 1АТ-07.  
Вінницький національний технічний університет.