

МАРШРУТИЗАЦІЯ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ  
НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

Шурупов В.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

ROUTING OF INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS

Shurupov V.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine

МАРШРУТИЗАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

Шурупов В.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Маршрутизація є важливою операцією процесу планування перевезень яка визначає експлуатаційні показники роботи автомобілів та собівартість транспортування вантажу. Географія, обсяги і умови перевезень впливають на вибір критерію ефективності роботи транспорту, методу рішення задачі маршрутизації, методу організації руху автомобілів на маршрутах та формування схем маршрутів. Однією із особливостей організації перевезень небезпечних вантажів є врахуванні додаткових обмежень на рішення задачі маршрутизації. Значна кількість обмежень, врахування яких проблематичне з точки зору формалізації задачі, дуже ускладнює її вирішення. Спрощення задачі, інтуїція та досвід організації перевезень є основними засобами інженерів транспорту для встановлення маршрутів руху автомобілів. Тому основною науково-технічною задачею організації перевезень небезпечних вантажів є відсутність науково обгрутованих методик для вибору маршрутів руху автомобілів.

Вибір маршрутів руху виконують на основі мережі автомобільних доріг. В Європі для перевезення небезпечних вантажів визначена спеціальна маршрутна мережа. Аналогічна мережа в Україні була сформована без суттєвого обгрунтування та врахування європейських вимог до її оснащення. Зростання аварійності на дорогах України в сукупності з їхньою непристосованістю до транспортування небезпечних вантажів веде до суттєвого підвищення ризиків нанесення шкоди здоров'ю людей, природному середовищу та економіці. Тому першочерговою проблемою є обгрунтування етапів модернізації маршрутної мережі перевезення небезпечних вантажів та приведення її у відповідність із євростандартами. На актуальність вирішення цієї проблеми вказують положення „Транспортної стратегії України на період до 2020 року” (затверджена Кабінетом Міністрів України від 20.10.10 р.).

Аналіз публікацій. Розвитку мережі автомобільних доріг та рішення задачі маршрутизації вантажних перевезень присвячено багато робіт провідних учених галузі автомобільних перевезень та прикладної математики [1 – 4]. В роботах цих та інших вчених були викладені теоретичні основи наукового підходу до вивчення процесів автомобільних перевезень, система факторів, що характеризують якісну і кількісну сторони організації транспортного процесу, розроблені методи оцінки транспортних засобів та внутрішньої організації автомобільного транспорту як системи, запропоновані методи обгрунтування мережі автомобільних доріг та маршрутизації перевезень.

У своїх роботах вчені зазначають, що одним із найбільш вагомих факторів розвитку мережі автомобільних доріг є мінімізація суми витрат на будівництво та експлуатацію доріг і витрат на перевезення за визначений період часу. Такий підхід виправданий якщо не враховувати ризики пов'язані із перевезенням небезпечних вантажів та залежність витрати на перевезення від стану дорожнього покриття.

Сформована мережа автомобільних доріг є основою для рішення задачі маршрутизації перевезень.

Автор роботи [1] вказав, що при обсязі партій відправлень вантажів рівних або більших за фактичну вантажопідйомність автомобіля основним змістом задачі маршрутизації є визначення оптимального плану повернення порожніх автомобілів. У протилежному випадку, коли розміри партій вантажів, які доставляють в різні пункти маршруту, менші фактичної вантажопідйомності автомобіля задача маршрутизації перевезень полягає у визначенні сукупності пунктів які включають в цикли перевезень, та оптимальної послідовності об'їзду цих пунктів.

В роботі [3] автори в основу класифікації задачі маршрутизації перевезень поклали, з одного боку, співвідношення числа відправників і одержувачів вантажів, з іншого, – співвідношення обсягу партії вантажу до відправлення і вантажопідйомність автомобіля. В результаті аналізу можливих комбінацій за цими ознаками було виділено три класи задач, а саме визначення розвізних, маятникових та кільцевих маршрутів. Автори вказали, що рішення всіх перерахованих задач ґрунтується на математичному моделюванні досліджуваного процесу, тобто на описі кількісних закономірностей цього процесу за допомогою математичної моделі.

Для рішення задачі маршрутизації автомобільних перевезень розроблена велика кількість методів. Тому у практичній діяльності перевізники на свій розсуд використовують різні методи для рішення однієї задачі. При вирішенні задачі кількома методами рішення можуть відрізнятися. Це спонукає до обґрунтування вибору методу рішення задачі маршрутизації перевезень.

Так як рішення наведених задач передбачає математичне моделювання то виникає проблема адекватності розроблених моделей. Тому необхідно визначити параметри транспортного процесу перевезень небезпечних вантажів.

Метою публікації є визначення процедури встановлення етапів модернізації дорожньої мережі перевезення небезпечних вантажів, обґрунтування методів маршрутизації та встановлення параметрів міжнародних автомобільних перевезень небезпечних вантажів.

Виклад основного матеріалу. В Україні по автомобільним дорогам загального користування транспортують великі обсяги небезпечних вантажів. Це не лише перевезення нафтопродуктів, а і вантажі промислової та побутової хімії, мінеральні добрива для сільського господарства та вибухонебезпечні, токсичні та інфекційні речовини, радіоактивні матеріали, та інші небезпечні вироби, всього більше 2000 найменувань. При цьому ділянки мережі доріг по яким дозволено перевозити небезпечний вантаж не обладнані інформаційними знаками, спеціально улаштовані місця зупинок відсутні, пункти заправки паливом автотранспортних засобів не мають спеціалізованих ділянок тощо. Ще більше ситуація ускладнюється високим ступенем аварійності на дорогах. Можливість виникнення на транспорті аварійних ситуацій спонукає утворення ряду серйозних проблем забезпечення безпеки перевезень небезпечних вантажів, а також безпеки інших учасників дорожнього руху та забруднення навколишнього середовища. Тому загально прийнятий однофакторний принцип формування мережі доріг та маршрутизації перевезень (мінімальна вартість, мінімальний пробіг тощо) не може бути прийнятним.

При побудові дорожньої мережі перевезень небезпечних вантажів необхідно виходити із принципу врахування всіх суттєвих ефектів. Тобто, раціональний варіант повинен вибиратись по сукупності технічних, економічних і екологічних характеристик. Пряме порівняння маршрутів за довжиною траси, розташуванням і кількістю населених пунктів, інтенсивністю руху, ступенем аварійності на ділянках дороги ще не дає достатніх підстав для еколого-економічного вибору, хоча і впливає на нього в істотній мірі. Для цього необхідно враховувати весь комплекс критеріїв.

Отже, задача синтезу автомобільної мережі для транспортування небезпечних вантажів є багатокритеріальною з можливістю використання на етапі безпосереднього формування мережі відомих математичних методів теорії графів. Тому для оцінки модернізації мережі перевезень небезпечних вантажів, що передбачає приведення її до вимог євростандартів, запропоновано використання комплексного критерію – максимізація різниці оцінки можливих ефектів та витрат на необхідний розвиток дорожньої інфраструктури. При цьому критерій оцінки можливих ефектів визначають згідно положень наведених в роботі [5]. Алгоритм рішення задачі передбачає виключення із мережі автомобільних доріг України заборонених для руху ділянок. Потім виконують процедуру направлено перебору варіантів. Вона на кожному кроці передбачає пошук і виключення із одержаної на попередньому кроці дорожньої мережі ділянки, що збільшує значення комплексного критерію. Ділянки мережі що порушує зв'язаність графу не підлягає виключенню. Процедура завершується при досягненні критерієм максимального значення. Отримана на останньому кроці дорожня мережа є відправною мережею перевезень небезпечних вантажів для подальшого розвитку.

Наявність раціонально сформованої мережі дозволяє вирішувати задачу маршрутизації перевезень. У кожній із задач маршрутизації перевезень необхідно знайти рішення, що забезпечує отримання оптимального значення цільової функції, яка задана на кінцевій множині допустимих рішень. Такі задачі в прикладній математиці відносять до кінцевими оптимізаційних задач дискретної оптимізації або екстремальних задач комбінаторного типу. Кінцева множина допустимих рішень дозволяє вважати ці задачі принципово вирішуваними, тому що можна перебрати всі рішення й вибрати краще з них.

На основі аналізу методів рішення задачі маршрутизації [6] запропоноване групування, що наведене на рис. 1.

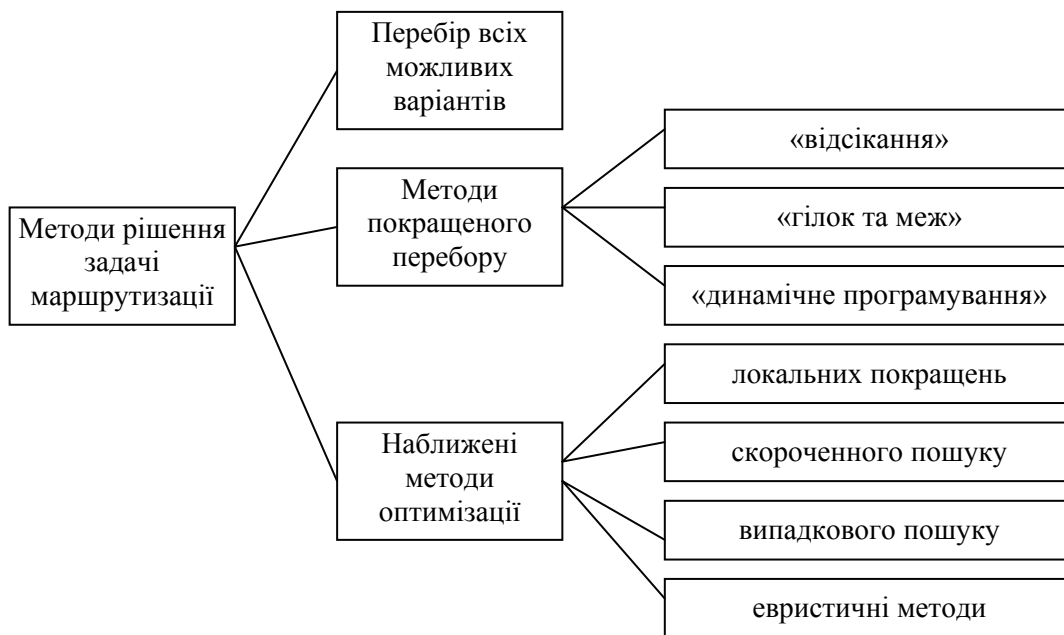


Рисунок 1 – Класифікація методів маршрутизації вантажних перевезень

Точне рішення задачі маршрутизації можливе лише на основі повного перебору можливих варіантів рішення. Однак знайти рішення задачі за прийнятний час проблематично вже при її невеликих розмірах. Тому пошуки науковців були спрямовані на розробку методів покращеного перебору варіантів, що передбачають відкидання заздалегідь неоптимальних рішень. Методи покращеного перебору за умови достатнього часу вирішення дозволяють знаходити оптимальні або наближені до них рішення для досить великих задач. Однак є багато прикладів задач коли використання конкретного методу покращеного перебору є неефективним. Встановлено, що ефективних та одночасно універсальних способів рішення дискретних оптимізаційних задач не існує. Не завжди пошук оптимального рішення виправданий вигодою від його використання. Загальний недолік методів одержання наближених рішень – це аналітично не визначна точність їхньої роботи.

Рішення специфічного класу задач потребує планування перевезень дрібних партій вантажів. Воно пов'язане з вирішенням задачі комівояжера, яка передбачає знаходження Гамільтонових циклів найменшої довжини. Тому відомі методи розв'язання цієї задачі орієнтовані на скорочення довжини маршруту. Критерій мінімізації пробігу є недостатнім для оцінки функціонування автомобільного транспорту. Прийняття інших критеріїв, що змінюються в залежності від черговості об'їзду пунктів маршруту, ставить під сумнів доцільність використання більшості відомих методів маршрутизації. Спроби в деяких роботах використати критерій собівартість перевезень із-за невизначеності процедури розрахунку завантаження автомобіля на перегоні маршруту дають підстави вважати їх невдалими.

Виконаний аналіз свідчить про необхідність обґрунтування вибору методу рішення задачі маршрутизації для конкретних умов експлуатації. Тому необхідно встановити параметри характеристик транспортного процесу автомобільних перевезень. Знання географії перевезень та законів зміни обсягів перевезень і величини партії відправлення дозволяє прогнозувати обсяги транспортної роботи, сформулювати структуру парку автотранспортних засобів та визначити його чисельність, вибирати математичні моделі для моделювання транспортних процесів тощо.

Об'єктом даного дослідження були міжнародні автомобільні перевезення небезпечних вантажів. Обстеження виконувалось на основі супровідних документів автомобільних перевезень. Загальний обсяг вибірки склав 429 рейсів, у тому числі 234 – експорт та 107 – імпорт помашинних відправлень, а також 88 – збірних експортних відправлень. Встановлено, що 52 % всього обсягу перевезень небезпечних вантажів складають товари хімічної промисловості, 33 % – боєприпаси та вибухові речовини, решта – токсичні вантажі. Перевезення дрібних партій вантажів шляхом об'єднання їх у одне відправлення становить 20,5 % від загальної кількості рейсів. Аналіз місць

розташування відправників та одержувачів вантажів дозволив встановити матрицю інтенсивності торговельних зв'язків, а у сукупності з пунктами прикордонних переходів – маршрути руху автотранспортних засобів та інтенсивності переміщення вантажів по дорожній мережі України. Така інформація дозволяє провести експертну оцінку відповідності мережі перевезень небезпечних вантажів напрямкам їх переміщення. Деякі інші результати статистичної обробки супровідних документів перевезень небезпечних вантажів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристики та параметри перевезень небезпечних вантажів

Характеристики	Помашинні відправлення		Збірні відправлення
	із України	в Україну	із України
Напрямок руху			
Середній обсяг відправлення, т	21,4	20,8	20,8
Дисперсія обсягу відправлення, т <sup>2</sup>	1,7	4,9	0,6
Мінімальний обсяг відправлення, т	15,2	14,0	18,8
Максимальний обсяг відправлення, т	23,8	22,9	22,5
Середня кількість відправників на маршруті, од.	1	1	2,45
Максимальна кількість відправників на маршруті, од.	1	1	4
Середня довжина маршруту, км	1110	1545	1195
Дисперсія довжини маршруту, км <sup>2</sup>	83531	289498	146895
Мінімальна довжина маршруту, км	415	764	451
Максимальна довжина маршруту, км	1705	2827	1770
Середня відстань між відправниками на маршруті, км.	-	-	68,5
Дисперсія відстані між відправниками на маршруті, км.	-	-	1301
Мінімальна відстань між відправниками на маршруті, км.	-	-	11
Максимальна відстань між відправниками на маршруті, км.	-	-	190

Порівняння середнього обсягу відправлень (таблиця 1) свідчить про невелику розбіжність значень параметрів. Однак, розподіл частки відправлень за обсягом та напрямками перевезень (рис. 2) вказує на необхідність врахування в математичній моделі напрямків руху. Одержані розподіли інших характеристик транспортного процесу тільки підтверджують це положення.

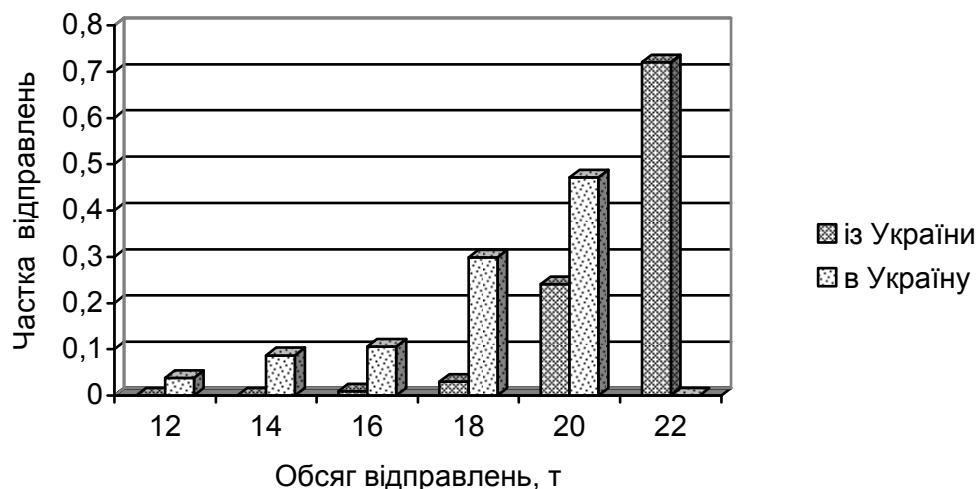


Рисунок 2 – Розподіл частки відправлень за обсягом та напрямком перевезень

Зростання довжини рейсу із закордону в Україну пояснюється збільшенням довжини порожніх пробігів. Зменшення цих пробігів можливо досягти за рахунок підвищення ефективності планування перевезень та експедиторської діяльності.

Висновки. Автомобільні дороги України не мають інформаційного забезпечення про мережу перевезень небезпечних вантажів, яка визначена в нормативних документах. Це утруднює роботу перевізників та є підставою для непорозумінь із органами державного нагляду. Крім цього,

облаштування мережі не відповідає євростандартам, а сама мережа сформована без достатнього обґрунтування.

Обґрунтовано, що задача синтезу автомобільної мережі для транспортування небезпечних вантажів є багатокритеріальною. Для її рішення запропоновано використання комплексного критерію – максимізація різниці оцінки можливих ефектів та витрат на необхідний розвиток дорожньої інфраструктури. Оцінка можливих ефектів передбачає врахування транспортних витрат, дорожніх умов, безпеки руху, оцінку можливих еколого-економічних збитків у разі настання аварійних ситуацій.

Алгоритм синтезу автомобільної мережі для транспортування небезпечних вантажів забезпечує отримання прийняттого рішення з урахуванням встановлених обмежень на рух автотранспортних засобів та величину інвестицій у розвиток інфраструктури.

Встановлено, що ефективних та одночасно універсальних способів рішення задачі маршрутизації перевезень не існує. Не завжди пошук оптимального рішення виправданий вигодою від його використання. Загальний недолік методів одержання наближених рішень – це аналітично не визначна точність їхньої роботи. Відмічено, що відомі методи маршрутизації перевезень дрібних партій вантажів орієнтовані на скорочення довжини маршруту. Критерій мінімізації пробігу є недостатнім для оцінки функціонування автомобільного транспорту. Прийняття інших критеріїв, що змінюються в залежності від черговості об'їзду пунктів маршруту, ставить під сумнів доцільність використання більшості відомих методів маршрутизації. Спроби в деяких роботах використати критерій собівартість перевезень із-за невизначеності процедури розрахунку завантаження автомобіля на перегоні маршруту дають підстави вважати їх невдалими.

Одержані результати дослідження вантажопотоків, характеристик та параметрів перевезень небезпечних вантажів дозволяють вирішити задачу синтезу автомобільної мережі, перевірити адекватність математичних моделей перевезень та обґрунтувати вибір методів маршрутизації перевезень для конкретних умов експлуатації.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки / А.И. Воркут. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк., 1986. – 447 с.
2. Крестовидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Крестовидес. – М.: Мир, 1978. – 396 с.
3. Житков В.А. Методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок / В.А. Житков, К.В. Ким. – М.: Транспорт, 1984. – 218 с.
4. Романовский И.В. Дискретный анализ. – СПб.: Невский Диалект; БХВ-Петербург, 2008. – 336 с.
5. Шурупов В.О. Методология формування маршрутної системи перевезень небезпечних вантажів / В.О. Шурупов // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2006. – Вип.6. – С. 46-47.
6. Шурупов В.О. Аналіз методів маршрутизації вантажних перевезень / В.О. Шурупов // Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики (жовтень 2013) : зб. доповідей 15 міжнарод. наук.-практ. конф. / Мін-во інфраструктури України. – К.: «Квітка», 2013. – С. 218 -221.

#### REFERENCES

1. Vorkut A.I. Gruzovye avtomobilnye perevozki [Freight road transportation]. Kyiv, Vyschcha Shkola Publ., 1987. 447 p. (Rus)
2. Krestofides N. Teoriya grafov. Algoritmicheskiy podkhod [Graph theory. An algorithmic approach]. Moscow, Mir Publ., 1978. 396 p. (Rus)
3. Zhytkov V.A., Kim K.V. Metody operativnogo planirovaniya gruzovykh avtomobilnykh perevozk [Methods of operative planning of freight road transportation]. Moscow, Transport Publ., 1984. 218 p. (Rus)
4. Romanovskiy I.V. Diskretnyy analiz [Discrete analysis]. Saint-Petersburg, Nevski Dialekt; BHV-Piterburg Publ., 2008. 336 p. (Rus)
5. Shurupov V.O. Metodologia formuvannia marshrutnoyi systemy perevezen nebezpechnykh vantazhiv [Methodology of forming the transport route system for dangerous goods]. Visnyk Kremenchutskogo derzhavnogo politekhnichnogo universytetu [Bulletin of Kremenchuk State Polytechnic University], 2013, issue 6, pp. 46-47. (Ukr)

6. Shurupov V.O. Analiz metodiv marshrutyzatsiyi vantazhnykh perevezen [Analysis of the freight transport routing methods]. Zbirnyk dopovidey 15 mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi "Rynok poslug kompleksnykh transportnykh system ta prykladni problemy logistyky (10.2013)" [Proc. Of the 15<sup>th</sup> Int. Scientific and Practical Conf. "Service market of the complex transport systems and applied problems of logistics"]. Kyiv, 2013, pp. 218-221. (Ukr)

#### РЕФЕРАТ

Шурупов В.О. Маршрутизація міжнародних автомобільних перевезень небезпечних вантажів / В.О. Шурупов // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. – Вип. 29.

В статті запропоновано підхід до вирішення задачі синтезу автомобільної мережі перевезень небезпечних вантажів, наведено результати аналізу методів маршрутизації перевезень та встановлені значення характеристик та параметрів транспортного процесу перевезень небезпечних вантажів.

Об'єкт дослідження – процес перевезень небезпечних вантажів.

Мета роботи – визначення процедури модернізації дорожньої мережі перевезень небезпечних вантажів, обґрунтування методів маршрутизації та встановлення параметрів міжнародних автомобільних перевезень небезпечних вантажів

Методи дослідження – системний аналіз методів синтезу мережі доріг та маршрутизації перевезень, а також статистичний аналіз процесу перевезень.

Мережа автомобільних перевезень небезпечних вантажів України сформована без достатнього обґрунтування, не має розпізнавальних знаків, не забезпечена відповідною інфраструктурою. Тому потребує вирішення задача синтезу відповідної мережі із урахуванням обмежень на рух автотранспортних засобів та величину інвестицій у розвиток інфраструктури. Для рішення задачі запропоновано використати процедуру направленої перебору варіантів за комплексним критерієм – максимізація різниці оцінки можливих ефектів та витрат на необхідний розвиток дорожньої інфраструктури. Оцінка можливих ефектів передбачає врахування транспортних витрат, дорожніх умов, безпеки руху, оцінку можливих еколого-економічних збитків у разі настання аварійних ситуацій.

Встановлено, що ефективних та одночасно універсальних способів рішення задачі маршрутизації перевезень не існує. Загальний недолік методів одержання наближених рішень – це аналітично не визначна точність їхньої роботи. Відмічено, що відомі методи маршрутизації перевезень дрібних партій вантажів орієнтовані на скорочення довжини маршруту. Критерій мінімізації пробігу є недостатнім для оцінки функціонування автомобільного транспорту. Прийняття інших критеріїв, що змінюються в залежності від черговості об'їзду пунктів маршруту, ставить під сумнів доцільність використання більшості відомих методів маршрутизації. Спроби в деяких роботах використати критерій собівартість перевезень із-за невизначеності процедури розрахунку завантаження автомобіля на перегоні маршруту дають підстави вважати їх невдалими.

Одержані результати дослідження вантажопотоків, характеристик та параметрів перевезень небезпечних вантажів дозволяють вирішити задачу синтезу автомобільної мережі, перевірити адекватність математичних моделей перевезень та обґрунтувати вибір методів маршрутизації перевезень для конкретних умов експлуатації.

Результати статті можуть бути впроваджені при плануванні перевезень небезпечних вантажів.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – обґрунтування етапності модернізації мережі перевезень небезпечних вантажів в Україні.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** НЕБЕЗПЕЧНИЙ ВАНТАЖ, ПЕРЕВЕЗЕННЯ, АВТОМОБІЛЬ, МЕРЕЖА ДОРІГ, МАРШРУТИЗАЦІЯ.

#### ABSTRACT

Shurupov V.O. Routing of international road transportation of dangerous goods. Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2014. – Vol. 29.

In this article an approach to the problem of dangerous goods road transportation network synthesis is proposed, the results of routing methods analysis are given, and the values of characteristics and parameters of dangerous goods transportation process are defined.

Object of the study – dangerous goods transportation process.

Purpose of the study – to define a procedure of road network routing for dangerous goods transportation, to justify the routing methods, and to define the parameters of international road transportations of dangerous goods.

Methods of the study – system analysis of road network synthesis methods and transportation routing and statistics analysis of transportation process.

The dangerous goods road transportation network of Ukraine is formed without a sufficient substantiation, it has no identification signs, it is not provided with appropriate infrastructure. Therefore, the problem of the appropriate network synthesis that accounts for the limits of road vehicles traffic and the value of investments in infrastructure development requires a solution. In order to solve the problem, the procedure of directed option examination for a complex criterion of maximization of the difference between the value of possible effects and the costs those are required for the development of road infrastructure for organization of transportations. The evaluation of possible effects includes accounting for transportation costs, road conditions, traffic safety, and possible ecological and economical losses in case of emergency.

It is established that there are no efficient and at the same time universal ways to solve the routing problem. The universal disadvantage of all the approximation methods is analytically undefined accuracy of their performance. The known methods of transportation routing for small batches are oriented towards route distance minimization. The trip minimization criterion is not sufficient for the evaluation of road transport performance. Adoption of other criteria that change depending on the sequence of points in a route disputes the suitability of using the most known routing methods. Some attempts, undertaken in several works, to use the cost price criterion seem to be unsuccessful due to uncertainty of the procedure of vehicle load calculation on route.

The achieved research results of freight flows, characteristics and parameters of dangerous goods transportations allow solving the road network synthesis problem, verifying the adequacy of mathematical models, and substantiating the choice of transportation routing methods for specific operating conditions.

The results of the article can be introduced in the planning of dangerous goods transportations.

Forecast assumptions about the object of study – substantiation of the staging of modernization of the dangerous goods transportation network in Ukraine.

KEYWORDS: DANGEROUS GOOD, TRANSPORTATION, ROAD VEHICLE, ROAD NETWORK, ROUTING.

#### РЕФЕРАТ

Шурупов В.А. Маршрутизация международных автомобильных перевозок опасных грузов / В.А. Шурупов // Вестник Национального транспортного университета. — К. : НТУ, 2014. — Вып. 29.

В статье предложены подход к решению задачи синтеза сети автомобильной перевозок опасных грузов, приведены результаты анализа методов маршрутизации перевозок и установлены значения характеристик и параметров транспортного процесса перевозок опасных грузов.

Объект исследования – процесс перевозок опасных грузов.

Цель работы – определение процедуры модернизации дорожной сети перевозки опасных грузов, обоснование методов маршрутизации и установление параметров международных автомобильных перевозок опасных грузов

Методы исследований – системный анализ методов синтеза сети дорог и маршрутизации перевозок, а также статистический анализ процесса перевозок.

Сеть автомобильных перевозок опасных грузов Украины сформирована без достаточного обоснования, не имеет распознавательных знаков, не обеспечена соответствующей инфраструктурой. Поэтому нуждается в решении задачи синтеза соответствующей сети с учетом ограничений на движение автотранспортных средств и величину инвестиций в развитие инфраструктуры. Для решения задачи предложено использовать процедуру направленного перебора вариантов по комплексному критерию – максимизация разности оценки возможных эффектов и расходов на необходимое развитие дорожной инфраструктуры. Оценка возможных эффектов предусматривает учет транспортных расходов, дорожных условий, безопасности движения, оценку возможных эколого-экономических ущерба в случае возникновения аварийных ситуаций.

Установлено, что эффективных и одновременно универсальных способов решения задачи маршрутизации перевозок не существует. Общий недостаток методов получения приближенных решений – это аналитически неопределенная точность их работы. Отмечено, что известные методы маршрутизации перевозок мелких партий грузов ориентированы на сокращение длины маршрута. Критерий минимизации пробега является недостаточным для оценки функционирования автомобильного транспорта. Принятие других критериев, которые изменяются в зависимости от очередности объезда пунктов маршрута, ставит под сомнение целесообразность использования большинства известных методов маршрутизации. Попытки в некоторых работах использовать

критерий себестоимость перевозок из-за неопределенности процедуры расчета загрузки автомобиля на перегоне маршрута дают основания считать их неудачными.

Полученные результаты исследования грузопотоков, характеристик и параметров перевозок опасных грузов разрешают решить задачу синтеза автомобильной сети, проверить адекватность математических моделей перевозок и обосновать выбор методов маршрутизации перевозок для конкретных условий эксплуатации.

Результаты статьи могут быть введены при планировании перевозок опасных грузов.

Прогнозные предположения относительно развития объекта исследования – обоснования этапности модернизации сети перевозок опасных грузов в Украине.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ОПАСНЫЙ ГРУЗ, ПЕРЕВОЗКА, АВТОМОБИЛЬ, СЕТЬ ДОРОГ, МАРШРУТИЗАЦИЯ.

**АВТОР:**

Шурупов Василь Олександрович, Національний транспортний університет, асистент кафедри транспортні системи та безпека дорожнього руху, e-mail: vs@avs-trans.com.ua, тел. +380674430888, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 435.

**AUTHOR:**

Shurupov Vasyl O. National Transport University, assistant lecturer department transport systems and road safety, e-mail: vs@avs-trans.com.ua, tel. +380674430888, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 435.

**АВТОР:**

Шурупов Василий Александрович, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры транспортные системы и безопасность дорожного движения, e-mail: vs@avs-trans.com.ua, тел. +380674430888, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 435.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Хабутдінов Р.А. доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортні технології, Київ, Україна.

Заславський В.А. доктор технічних наук, професор, Київський національний університет ім. Т. Шевченко, начальник управління з міжнародного науково-технічного співробітництва та інноваційних технологій.

**REVIEWER:**

Хабутдінов Р.А., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head of department transport technologies, Kyiv, Ukraine.

Zaslavskiy V.A., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Taras Shevchenko National University of Kyiv, head of department for international scientific and technical cooperation and innovation technology, Kyiv, Ukraine.