

Халіпова Н. В., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0001-5605-6781

Кузьменко А. І., кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри транспортних технологій та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0001-7278-3647

Черчата А. О., кандидат економічних наук, доцент, завідувач кафедри економіки, менеджменту та підприємництва,
Українського державного університету науки і технологій «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
ORCID: 0000-0002-6753-2891

Гаврилюк В. В., магістр з транспортних технологій
(на автомобільному транспорті)
Українського державного університету науки і технологій
ORCID: 0009-0003-9149-1254

ЛОГІСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ФОРМУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ МАРШРУТІВ МІЖНАРОДНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Стаття присвячена актуальній проблемі формування ефективного транспортно-логістичного забезпечення при організації міжнародних пасажирських перевезень. Запропонована економіко-математична модель логістичного управління при формуванні міжнародних туристичних маршрутів за напрямом Україна-Європа. Модель асоціюється із задачею комівояжера, який має по замкненому маршруту з мінімальними сумарними витратами об'їхати всі задані пункти, відвідуючи кожен один раз і повертаючись в вихідний пункт.

Метою дослідження є розробка ефективних процесів міжнародних автобусних перевезень за напрямом Україна-Європа.

Для досягнення мети вирішено такі завдання: проаналізовано основні тенденції розвитку міжнародних пасажирських перевезень в Україні; розроблено багатоступінчастий алгоритм для вирішення завдання формування транспортно-логістичної схеми міжнародного перевезення за напрямом Україна-Європа; запропоновано математичну модель логістичного управління при формуванні міжнародних туристичних маршрутів за напрямом Україна-Європа; проведено економіко-математичне моделювання на прикладі формування оптимального туристичного маршруту по містах Польщі та проаналізувати результати розв'язку.

Основна увага приділена проблемі вибору найбільш ефективних схем туристичних подорожей. Це набуває особливого важливого значення на сучасному етапі через активний розвиток міжнародних зв'язків і світової туристичної індустрії. Проаналізовано фактори, що впливають на вибір пунктів і часу перебування в містах, вплив привабливості об'єкту подорожі на доцільну тривалість відвідування культурно-історичних місць. На прикладі семи найбільш популярних міст Польщі здійснено моделювання та визначено оптимальний маршрут.

Запропонований підхід має сприяти збільшенню кількості поїздок за актуальними маршрутами, більш ефективному використанню парку автобусів автотранспортного підприємства та більш зручному та якісному обслуговуванню пасажирів (за часом, пересадками та ін). В цілому сприятиме зростанню прибутковості діяльності підприємства-перевізника, а також допоможе врахувати потреби споживачів (пасажирів) транспортних послуг.

Ключові слова: міжнародні пасажирські перевезення, автобусні маршрути, логістичне управління, оптимізація туристичного маршруту, транспортно-логістична схема.

Khalipova N. V., Kuzmenko A. I., Cherchata A. O., Havryliuk V. V. Logistics management of international passenger transportation routes parameters forming

The article addresses the urgent issue of forming effective transport and logistics support in organizing international passenger transportation. An economic and mathematical model of logistics management in the development of international tourist routes between Ukraine and Europe is proposed. The model is associated with the traveling salesman problem, where all designated points must be visited exactly once in a closed loop with minimum total cost, returning to the starting point.

The purpose of the study is to develop efficient processes for international bus transportation in the Ukraine–Europe direction.

To achieve this goal, the following tasks were accomplished: the main trends in the development of international passenger transportation in Ukraine were analyzed; an algorithm for forming a transport and logistics scheme for international transportation in the Ukraine–Europe direction was developed; a mathematical model of logistics management was proposed; and economic and mathematical modeling was conducted to determine the optimal tourist route through cities in Poland and analyze the results.

Based on the analysis of current trends in international bus transportation and the factors influencing increased demand, an algorithm for building a transport and logistics scheme in the Ukraine–Europe direction was developed. This scheme takes into account both preliminary and operational forecasts of passenger flows, as well as the results of modeling queueing systems during formal border-crossing procedures for buses (via green and red corridors), and the real conditions with queues and service channels at international checkpoints.

The main focus is on choosing the most efficient tourist travel routes. This issue is particularly relevant today due to the rapid development of international relations and the global tourism industry. Factors influencing the selection of destinations, time spent in cities, and the impact of a location's attractiveness on the optimal duration of cultural and historical site visits were analyzed.

Using the example of seven of the most popular cities in Poland, modeling was carried out and the optimal route was determined. As a result, the route Lviv–Krakow–Oswiecim–Wroclaw–Poznan–Gdansk–Warsaw–Lviv was found to have the shortest total length by road – 1788 km.

The proposed approach should contribute to an increase in the number of trips along popular routes, more efficient use of the bus fleet of transport enterprises, and improved convenience and service quality for passengers (in terms of time, transfers, etc.). Overall, it will help increase the profitability of transport companies and better meet the needs of transport service consumers.

Key words: international passenger transportation, bus routes, logistics management, tourist route optimization, transport and logistics scheme.

Постановка проблеми. Розвиток міжнародного співробітництва України з країнами Європи відображається в таких сферах, як туризм, ділові, культурні, спортивні, науково-технічні та інші види міжнародних зв'язків [1].

Аналіз пасажирських маршрутних систем міжнародного сполучення свідчить про те, що ефективне функціонування транспорту в сучасних умовах визначає не тільки економічний розвиток країни, але й задоволення нагальних потреб мільйонів людей і сприяє розвитку міжнародного співробітництва та зв'язків [2].

Повномасштабна війна змінила ринок автобусних перевезень в Україні та створила більший попит на ньому насамперед через припинення авіасполучення. До прикладу, у 2023 році кількість автобусних пасажирів на BlaBlaCar в Україні зросла на 86% порівняно з 2022 роком. А загалом за останні 2,5 роки український автобусний ринок виріс щонайменше втричі в грошовому еквіваленті – до близько 7 млрд грн.

На збільшення попиту впливають й інші фактори [3]:

- фактор безпеки, адже люди продовжують виїжджати з прифронтових міст і сіл;
- доступність, бо автобуси мають ширший та гнучкіший перелік напрямків і маршрутів, ніж інші способи сполучень.

Проте, попри турбулентний період, незмінним і дуже важливим фактором впливу на ринок автобусних перевезень залишається сезонність. Адже пасажиропотік у високий сезон може перевищувати показники низького чи середнього більш ніж удвічі [3].

Актуальність обраної тематики полягає у формуванні ефективного транспортно-логістичного забезпечення при організації міжнародних автобусних перевезень за напрямом Україна–Європа.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автомобільний пасажирський транспорт є складовою частиною єдиної транспортної системи країни. Її успішне функціонування здебільшого залежить від координації роботи з іншими видами транспорту.

Для сучасної України значення автомобільного пасажирського транспорту неоціненне, оскільки саме він з'єднує різні регіони у єдину країну, а Україну – з іншими країнами Європи та іншими частинами світу. В цьому сенсі транспорт є одним з визначальних державно утворюючих факторів і входження України в Європейський простір [2].

Проблеми організації та управління процесом автомобільних пасажирських перевезень розглянуті в роботах В. К. Долі [4] М.Г. Босняка [5] та інших вчених.

Аналіз транспортних процесів в контексті європейської інтеграції України є актуальним і потребує глибокого і всебічного дослідження.

Критичний аналіз організації міжнародних автомобільних пасажирських перевезень представлено в [2]. Авторами праці представлено результати дослідження системи міжнародних пасажирських перевезень та запропоновано шляхи вдосконалення і покращання транспортного обслуговування населення на міжнародних автобусних маршрутах.

Обґрунтуванню заходів з підвищення ефективності виконання пасажирських перевезень у міжнародному сполученні при змінному попиті на перевезення шляхом проектування вдосконалих автобусних маршрутів присвячено працю [6]. Автором запропоновані удосконалення маршрутної системи міжнародних пасажирських перевезень сполученням Україна – Польща.

Розгляду питань дослідження та вдосконалення існуючої організації пасажирських перевезень на міжнародному маршруті Тернопіль – Прага присвячено працю [7]. В роботі запропоновано заходи по підвищенні якості та конкурентоспроможності міжнародного маршруту, розглянуто та встановлено перспективні сучасні транспортні технології, аналітичним шляхом досліджено економічні та екологічні показники. дослідження маршруту Тернопіль – Прага Автором встановлено, що рівень пасажиропотоку можна збільшити шляхом підвищення якості наданих послуг. Шляхом проведення економічного аналізу перевезень визначено конкурентно спроможний тариф та період окупності даного маршруту.

Науковцями Кость І. П., Будник С. І., Нікіпчук С. В., Костюченко Л. М. досліджувалися питання організації внутрішніх та міжнародних перевезень пасажирів автомобільним транспортом [8, 9].

Робота науковців Дмитрієва І. А., Іванілова О.С., Шевченко І.Ю., Кирчата І. М. [10] присвячена питанням економіки підприємств автомобільного транспорту. Вплив техніко-експлуатаційних показників роботи автотранспорту на ефективність логістичної системи розглядаються в [11] Горяїновим О. М.

Під час російсько-української війни надзвичайно актуальним завданням є пошук коштів для фінансування Сил оборони та забезпечення наших захисників заради наближення перемоги та якнайшвидшого звільнення окупованих рф територій [12]. Одним з джерел наповнення українського бюджету є виведення з «тіні» пасажирських автобусних перевезень. Це не тільки наповнить казну, а й запровадить правила роботи, за якими працює транспортна система Євросоюзу. За даними експертів, найменш «тінізований» ринок міжнародних перевезень. Це зрозуміло, бо при перетинанні державного кордону перевізник у будь-якому випадку має дотримуватися законодавства ЄС у сфері перевезень (питання відпочинку водія, кількості місць, технічного стану транспортного засобу).

За час запуску «Черги з серпня 2023 року до лютого 2024 р. кордон за електронним записом перетнуло понад 40 тисяч автобусів та 725 тисяч вантажівок.

Зважаючи на зростання попиту на міжнародні автобусні перевезення та реформи, які мають на меті поліпшити цей напрямок, перевізникам варто задуматися над тим, як залучати ще більше клієнтів та робити їх постійними. Це можна досягнути завдяки таким підходам та інструментам:

1) Онлайн-бронювання квитків. Завдяки зручним системам бронювання на сайті клієнти можуть легко порівнювати ціни на квитки, вибирати потрібні маршрути та робити оплату. Це дозволить збільшити лояльність аудиторії.

2) Співпраця з іншими підприємствами. Укладання партнерських угод з готелями, туристичними агентствами чи іншими суміжними компаніями допоможе перевізникам привернути увагу нових клієнтів спільними спец пропозиціями.

3) Програми лояльності. Надання знижок для постійних клієнтів або акційні пропозиції для нових допоможуть заохочувати аудиторію до повторних покупок.

4) Використання маркетингових інструментів. Наприклад, таргетовані SMS-розсилки на потенційну аудиторію дають змогу майбутнім клієнтам дізнатися про вашу компанію та знижки.

Напрямок міжнародних пасажирських перевезень витримав низку викликів, втім, це дало поштовх й до нових перспектив, адже кожен побачив свої зони росту. Отже, попри складнощі, цей сектор продовжує адаптуватися та розвиватися, використовуючи нові можливості [13].

Актуальність обраної тематики полягає у формуванні ефективного транспортно-логістичного забезпечення при організації міжнародних пасажирських перевезень.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка ефективних процесів міжнародних автобусних перевезень за напрямом Україна-Європа.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати основні тенденції розвитку міжнародних пасажирських перевезень в Україні;
- розробити багатоетапний алгоритм для вирішення завдання формування транспортно-логістичної схеми міжнародного перевезення за напрямом Україна-Європа;
- запропонувати математичну модель логістичного управління при формуванні міжнародних туристичних маршрутів за напрямом Україна-Європа;
- провести економіко-математичне моделювання на прикладі формування оптимального туристичного маршруту по містам Польщі та проаналізувати результати розв’язку.

Виклад основного матеріалу. *Аналіз основних тенденцій розвитку міжнародних пасажирських перевезень в Україні.* Транспортний комплекс є важливою складовою у структурі економіки України.

Ефективне функціонування державної транспортної системи та включення її у європейську й світову транспортні мережі сприяють вирішенню найважливіших завдань сьогодення та дозволяє збільшити обсяги міжнародних перевезень. Оптимальні управлінські рішення та постійний контроль мають забезпечити ефективність функціонування підприємств транспортної галузі, які займаються міжнародними пасажирськими перевезеннями. Міжнародні пасажирські перевезення можна характеризувати такими показниками, як матеріальні, трудові, фінансові. Станом на 2019 рік в Україні нараховувалося приблизно 240 автотранспортних підприємств, що обслуговували ринок міжнародних пасажирських перевезень. Маршрутна мережа з'єднувала нашу державу із 23 іноземними країнами, де на той час функціонувала понад 400 регулярних маршрутів, що обслуговувалися понад 1,5 тисячами транспортних засобів [6].

Як показує аналіз [2], пріоритетними на той час залишилися зв'язки України з російською федерацією та країнами СНД (28,2%). Друге місце за інтенсивністю займали країни Європи і Близького Сходу, відповідно 22,1%. Це пояснювалося скрутним економічним станом населення, становленням ринкових відносин, що призвело до появи шоп-туризму. Прогнозні розрахунки, втім показували, що в найближчі 10 років важливим напрямком у розвитку пасажирських перевезень буде Центральна Європа, адже обсяг перевезень у 2019 році в цьому регіоні вже сягав 14%.

Розподіл перевезень за видами транспорту в Україні свідчив, що на автомобільний транспорт припадає понад 85% обсягів пасажирських перевезень. В Україні кількість маршрутів за попередні 10 років зросла більше ніж у 10 разів, а обсяги перевезень пасажирів збільшилися з 0,5 млн до 6,0 млн пас. на рік. Маршрутна система регулярного автобусного сполучення у 2018 р. складалася з 190 маршрутів і забезпечувала стабільний зв'язок з 15 країнами Європи, не враховуючи країн СНД. Це такі країни, як Польща, Словаччина, Румунія, Угорщина, Чехія, Болгарія, Німеччина, Австрія, Туреччина, Великобританія, Латвія, Естонія, Греція, Франція тощо. Найбільш розвинена маршрутна система створена з Республікою Польща, Словаччиною, Угорщиною, Румунією, Чехією та Німеччиною. У 2018 р. на регулярних автобусних маршрутах виконувалося 384 рейси. Наприклад, між Україною і Польщею щоденно 20 українськими та 26 іноземними перевізниками здійснювалося 138 рейсів на 67 автобусних маршрутах [2].

Пандемія Covid-19 та далі повномасштабна війна, активна фаза якої розпочалася у лютому 2022 року, змінила ринок автобусних перевезень в Україні та створила більший попит на ньому насамперед через припинення авіасполучення. Для України постали виклики насамперед у області транспортної логістики. Вплив пандемії мав свій прояв у скороченні пасажиропотоку через кордон внаслідок запровадження обмежень у функціонуванні пунктів пропуску з метою дотримання карантинних заходів. Війна ж актуалізувала питання підвищення пропускнуої спроможності пунктів пропуску на західному кордоні, оскільки в перші місяці війни значно збільшився пасажиропотік у напрямі «виїзду» з України [14].

За останні 2,5 роки український автобусний ринок виріс щонайменше втричі в грошовому еквіваленті – до близько 7 млрд грн.

На збільшення попиту впливають й інші фактори як безпека та доступність. Фактор безпеки пов'язаний з тим, що люди продовжують виїжджати з прифронтових міст і сіл. Доступність досягається завдяки ширшому та гнучкішому переліку напрямків і маршрутів автобусів порівняно із іншими способами сполучення. Втім, не зважаючи на турбулентність сучасного періоду, такий фактор як сезонність залишається незмінним і важливим за впливом на ринок автобусних перевезень. Так, пасажиропотік у високий сезон може перевищувати показники низького чи середнього більш ніж удвічі [3].

Можна визначити три рівня сезонності на автобусному ринку: високий, середній та низький [3].

Високим сезоном – період літніх відпусток, шкільних канікул, державні та інші свята, такі як Різдво, Великдень, День Незалежності, тощо. Пік припадає на червень-серпень та грудень-січень. Низьким сезоном є період з другої половини січня до кінця лютого та з другої декади вересня до середини жовтня. Змінюється і динаміка пасажиропотоку. Залежно від року, різниця між пасажиропотоком у серпні та в лютому може бути у 2 чи навіть 2,5 рази.

Фактори впливу на зміни пасажиропотоків є такі:

– Сезонність притаманна всім видам транспорту, і автобуси не є винятком, та варіюється залежно від напрямку.

– З початком повномасштабної війни автобуси стали одним із основних видів транспорту для міжнародних перевезень. Автобуси забезпечують можливість прямого сполучення з містами за кордоном. Автобусні перевезення стали також незамінною частиною мультимодальних перевезень, наприклад, включаються до складних маршрутів, що включають рейси до найближчих авіахабів. Статистика показує, що з початку повномасштабного вторгнення кількість міжнародних автобусних поїздок з України збільшилася втричі.

– Перехід на григоріанський календар, що наразі є актуальним для України, також вплинув на ринок. До цього переходу формувалося два окремі великі пасажиропотоки – з тих, хто святкує Різдво 25 грудня, і тих, хто 7 січня. Наразі ці пасажиропотоки об'єдналися в один великий пасажиропотік.

З початку повномасштабної війни значно скоротилися такі пікові пасажиропотоки: студенти, які навчалися за кордоном; трудові мігранти, які масово вирушали на сезонні роботи. На це вплинули й неможливість виїзду за кордон чоловіків призовного віку, і часткове або повне обмеження міграції українців, які отримали притулок в інших країнах.

Люди почали по-іншому планувати поїздки. Якщо раніше інтервал між придбанням квитка та датою відправлення міг бути від 7 до 9 днів, то зараз більшість купує квитки в день відправлення або ж за 3 дні до нього.

Одним із ключових інструментів підлаштовуватись під сезонні коливання та передбачати їх є аналітика. Вона допомагає виявити сезонні тенденції та передбачити пікові періоди. Спираючись на ці дані, автобусні перевізники можуть працювати над регулярністю маршрутної мережі: менш популярні в певному сезоні напрямки скорочувати, а для топових – готувати максимально місткий або додатковий транспорт.

Пасажиropотік також можна підтримувати різноманітними маркетинговими кампаніями, наприклад у партнерстві з онлайн дистриб'юторами. Впровадити дисконтну політику, яка ґрунтуватиметься, з одного боку, на регулярному наданні знижок користувачам, а з іншого – на підтримці партнерів-перевізників у період низького попиту.

Підлаштовуватись під сезонні коливання часом непросто, враховуючи стан справ, проте стратегічне планування, гнучкість та постійний аналіз ринку допоможуть втриматися на плаву.

За даними Мінінфраструктури у 2023 році в Україні Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури відкрило 400 нових міжнародних маршрутів для автобусних перевізників [15].

За результатами дослідження, проведеного в 2023 р. близько 37% українців подорожують за кордон з метою туризму, 28% – щоб побачитися з рідними, 18% – для зустрічей із друзями, 17% опитаних – робочі поїздки (рис. 1) [16].

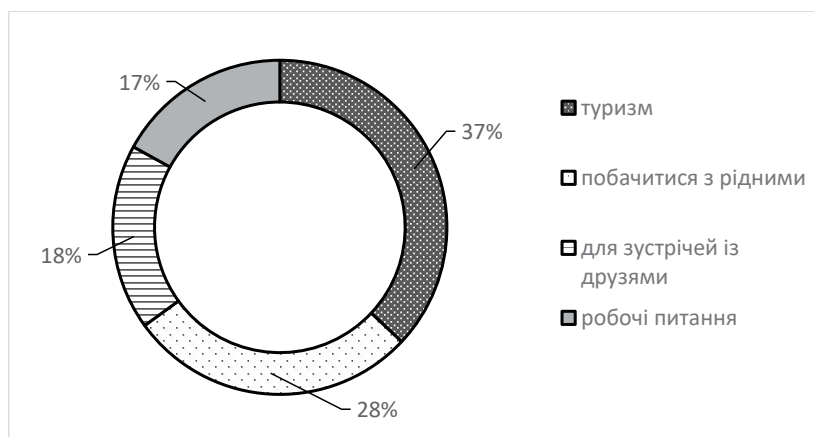


Рис. 1. Структура міжнародного пасажиропотоку в 2023 р. за метою поїздки [16]

Формування транспортно-логістичної схеми міжнародного перевезення за напрямом Україна–Європа. В дослідженні пропонується на основі актуальних прогностичних даних та наявної оперативної інформації щодо напрямків переміщення пасажиропотоків виробляти рішення та формувати ефективну транспортно-логістичну схему перевезення, використовуючи наявний парк та базу автобусного підприємства як своєрідний «хаб».

Для збільшення кількості міжнародних рейсів та наповненості транспортних засобів, маршрут поділяється на дві складові:

1. Внутрішній автобусний маршрут автобусом великої місткості, що включає великі міста України, південно-східної, центральної та північної частини України (Запоріжжя, Дніпро, Київ, Житомир, Рівне, Львів);

2. Друга частина маршруту формується залежно від кількості пасажирів за певним міжнародним напрямком та цілей подорожі (трудова міграція, туристична поїздка або ж відвідування близьких та друзів за кордоном). Ця частина планується на основі оперативної інформації та включає вибір рухомого складу (з наявного на автотранспортному підприємстві) та пункту пропуску для перетину кордону з використанням єЧерги.

При формуванні транспортно-логістичної схеми враховуються попередні та оперативні прогностичні дані про пасажиропотоки, а також результати моделювання системи масового обслуговування при проходженні формальних процедур при перетині кордону автобусами (за зеленим та червоним коридором) та реальної ситуації з чергами та каналами обслуговування в Міжнародному пункті пропуску.

Такий підхід має сприяти збільшенню кількості поїздок за актуальними маршрутами, більш ефективному використанню парку автобусів автотранспортного підприємства та більш зручному та якісному обслуговуванню пасажирів (за часом, пересадками та ін). Такий підхід сприятиме зростанню прибутковості в діяльності підприємства-перевізника, а також допоможе врахувати потреби споживачів (пасажирів) транспортних послуг. Послідовність вирішення завдання така (рис. 2):

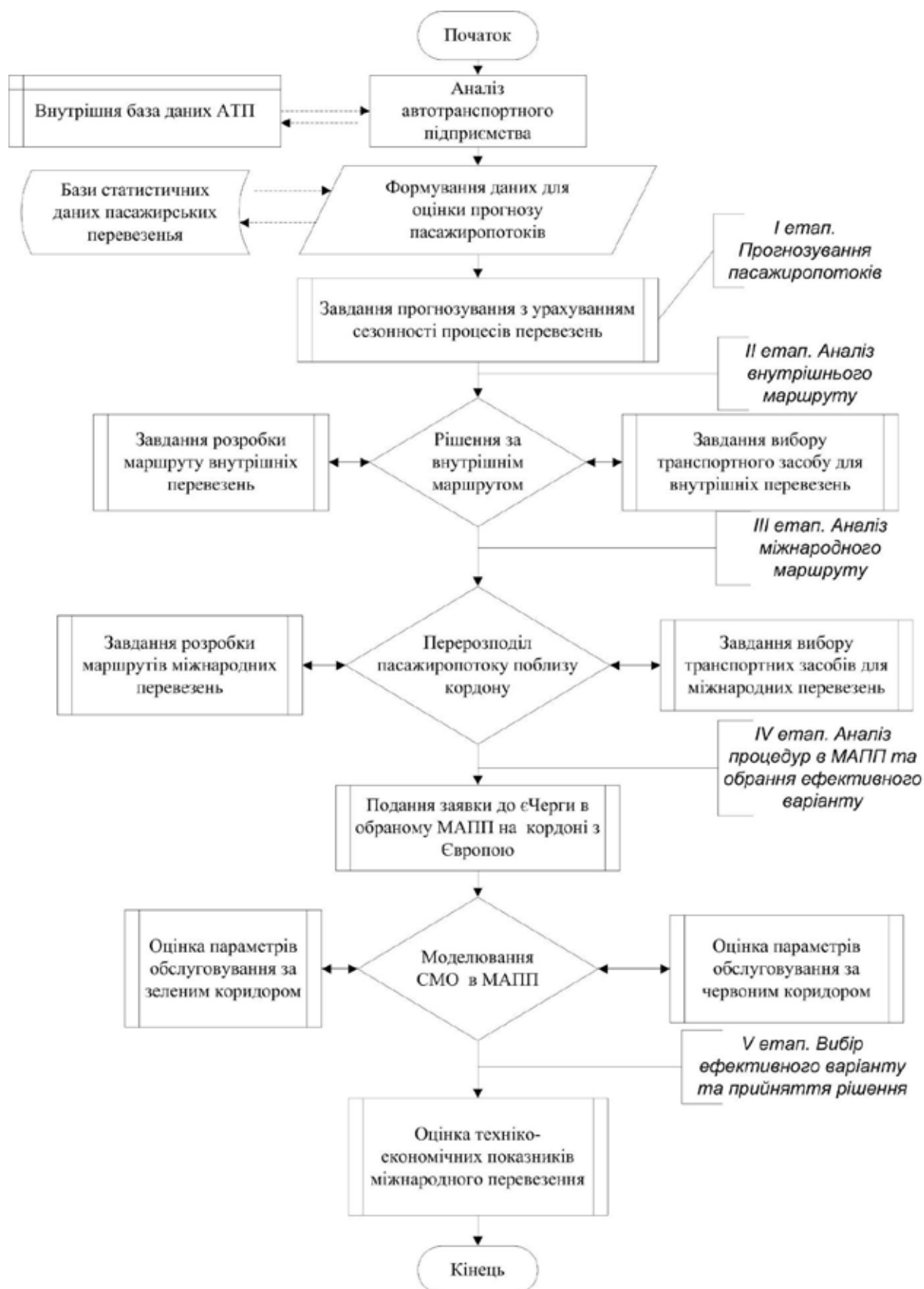


Рис. 2. Багатоетапний алгоритм вирішення завдання формування транспортно-логістичної схеми міжнародного перевезення за напрямом Україна–Європа

1. Аналіз автотранспортного підприємства
2. Отримання інформації про пасажиропотоки та формування прогнозу з урахуванням сезонності процесів перевезень.
3. Формування внутрішнього маршруту та оперативний аналіз напрямків поїздки пасажирів.
4. Перерозподіл пасажиропотоку поблизу кордону в залежності від наявної ситуації.
5. Обрання автомобільного пункту пропуску для перетину кордону та заявка для постановки в єЧергу.
6. Оцінка ефективності проведення митних процедур при перетині кордону на основі моделювання системи масового обслуговування.
7. Оцінка показників маршрутів міжнародного перевезення за напрямом України – Європа.

Побудова математичної моделі логістичного управління при формуванні міжнародних туристичних маршрутів за напрямом Україна–Європа. Проблема вибору найбільш ефективних схем туристичних подорожей здобуває особливо важливе значення на сучасному етапі в зв'язку з активним розвитком міжнародних зв'язків і світової туристичної індустрії. Ефективність роботи туристичної компанії на ринку в значній мірі буде залежати від того, наскільки правильно обрані пункти подорожі, вдало підібраний час зупинки в кожному місті та від загальної тривалості подорожі.

Одним з найбільш важливих питань є відображення факторів, що впливають на вибір пунктів і часу перебування в містах (базових, проміжних, кінцевих), вплив привабливості об'єкту подорожі на доцільну тривалість відвідування культурно-історичних місць. В якості критеріального показника використовується інтенсивність прибутку, що представляє собою відношення прибутку до часу його одержання, що органічно сполучає фінансовий і часовий фактори.

Визначення найкращої схеми подорожі (вибір загальної кількості пунктів заїзду і конкретних міст, послідовності заїзду в ці міста, тривалості знаходження у кожному із них) за складним критерієм і з урахуванням множини впливових факторів можливо тільки за допомогою відповідної економіко-математичної моделі.

По своїй геометричній побудові схеми окремих маршрутів руху автобусів на туристичному маршруті можуть бути класифіковані [17] на радіально-замкнені, кругові і ламано-замкнені.

Для складання маршрутів автобусних подорожей сформуємо економіко-математичну модель на основі задачі комівояжера [18]. Для автобусних туристичних маршрутів найбільш прийнятні кругова і ламано-замкнені схеми руху. У цьому випадку автобус відвідує один раз всі пункти маршруту. Це асоціюється з відомою в дослідженні операцій задачею комівояжера, який повинний по замкнутому маршруту з мінімальними сумарними витратами об'їхати всі задані пункти, відвідуючи кожен один раз і повертаючись в вихідний пункт [19].

Економіко-математична модель задачі комівояжера має вид:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min_{\{x_{ij}\}} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, j = \overline{1, m} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, i = \overline{1, m} \quad (3)$$

$$u_i - u_j + m x_{ij} \leq m - 1, i, j = \overline{1, m}, \quad (4)$$

$$de x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо маршрут прокладений з пункту } i \text{ в пункт } j, \\ 0 \text{ в протилежному випадку} \end{cases} i, j = \overline{1, m}, \quad (5)$$

де $u_i, u_j, i, j = \overline{1, m}$ – дійсні числа, значення яких визначаються в процесі рішення задачі;

m – загальна кількість заданих пунктів маршруту;

c_{ij} – витрати на переїзд із пункту i у пункт $j, i, j = \overline{1, m}$.

Цільова функція мінімізації (1) виражає сумарні витрати на проходження маршруту, обмеження (2) забезпечує, що в кожен пункт j маршрут входить рівно один раз, обмеження (3) забезпечує, що з кожного пункту i маршрут виходить рівно один раз, обмеження (4) забезпечує замкненість маршруту, відсутність у ньому окремих незв'язаних підциклів (прості обмеження $x_{ij} \cdot x_{ji} = 0, i, j = \overline{1, m}$, забезпечували б тільки відсутність зустрічних поїздок назад, але вже при шести пунктах можливими стали б, скажімо, два незв'язаних кільця по три пункти в кожному).

Застосування економіко-математичної моделі для формування оптимальних маршрутів автобусних подорожей. Польща є частиною світового туристичного ринку з постійно зростаючою кількістю відвідувачів. Туризм у Польщі сприяє загальній економіці країни. Найпопулярнішими містами є Краків, Варшава, Вроцлав, Гданськ, Познань, Щецин, Люблін, Торунь, Закопане, Соляна шахта в Величці та історична

пам'ятка Аушвіц – Німецький нацистський концтабір в Освенцимі. Кращі місця відпочинку включають Мазурське поозер'я, узбережжя Балтійського моря, Татри (найвищий гірський масив Карпат), Судети і Біловезька пуша. Основні туристичні пропозиції Польщі складаються з огляду визначних пам'яток у межах міста та позаміських історичних пам'яток, ділових поїздок, кваліфікованого туризму, агротуризму, гірського пішохідного туризму та альпінізму [18].

Вибираємо сім наступних міст в Польщі для включення їх в туристичні маршрути – Львів (входить обов'язково в схему подорожі), Варшава, Краків, Гданськ, Вроцлав, Познань, Освенцім.

Відстані між заданими містами наведено в табл. 1 [20]. Мінімізувати будемо відстань автошляхами, отримані із використанням інтернет-ресурсу Flagma. Треба знайти такі варіанти туристичних маршрутів, на яких буде досягнуто мінімальної відстані.

Таблиця 1

Відстань автошляхами між туристичними містами Польщі

Назва пункту	Відстань, км						
	Львів	Варшава	Краків	Гданськ	Вроцлав	Познань	Освенцім
Львів	*	382	323	717	585	652	377
Варшава	382	*	284	339	339	305	317
Краків	323	284	*	546	265	400	69
Гданськ	717	339	546	*	434	291	540
Вроцлав	585	339	265	434	*	170	214
Познань	652	305	400	291	170	*	356
Освенцім	377	317	69	540	214	356	*

Економіко-математична модель приймає вид:

$$\begin{aligned}
 F = & 382x_{12} + 323x_{13} + 717x_{14} + 585x_{15} + 652x_{16} + 377x_{17} + \\
 & + 382x_{21} + 284x_{23} + 339x_{24} + 339x_{25} + 305x_{26} + 317x_{27} + \\
 & + 323x_{31} + 284x_{32} + 546x_{34} + 265x_{35} + 400x_{36} + 69x_{37} + \\
 & + 717x_{41} + 339x_{42} + 546x_{43} + 434x_{45} + 291x_{46} + 540x_{47} + \\
 & + 585x_{51} + 339x_{52} + 265x_{53} + 434x_{54} + 170x_{56} + 214x_{57} + \\
 & + 652x_{61} + 305x_{62} + 400x_{63} + 291x_{64} + 170x_{65} + 356x_{67} + \\
 & + 377x_{71} + 317x_{72} + 69x_{73} + 540x_{74} + 214x_{75} + 356x_{76} \rightarrow \min
 \end{aligned}$$

$$\begin{cases}
 x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} = 1, \\
 x_{21} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} = 1, \\
 x_{31} + x_{32} + x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} = 1, \\
 x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{45} + x_{46} + x_{47} = 1, \\
 x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} + x_{56} + x_{57} = 1, \\
 x_{61} + x_{62} + x_{63} + x_{64} + x_{65} + x_{67} = 1, \\
 x_{71} + x_{72} + x_{73} + x_{74} + x_{75} + x_{76} = 1.
 \end{cases}$$

$$\begin{cases}
 x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} + x_{61} + x_{71} = 1, \\
 x_{12} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} = 1, \\
 x_{31} + x_{32} + x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} = 1, \\
 x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{45} + x_{46} + x_{47} = 1, \\
 x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} + x_{56} + x_{57} = 1, \\
 x_{61} + x_{62} + x_{63} + x_{64} + x_{65} + x_{67} = 1, \\
 x_{71} + x_{72} + x_{73} + x_{74} + x_{75} + x_{76} = 1.
 \end{cases}$$

В результаті виконання ряду кроків, що забороняють незв'язані підмаршрути, було отримане рішення, наведене на рис. 3, а, б.

2	Назва пункту	Львів	Варшава	Краків	Гданськ	Вроцлав	Познань	Освенцім		
3	Львів	5000	382	323	717	585	652	377	323	
4	Варшава	382	5000	284	339	339	305	317	382	
5	Краків	5000	284	5000	546	265	400	69	69	
6	Гданськ	717	339	546	5000	434	291	540	339	
7	Вроцлав	585	339	265	434	5000	170	214	170	
8	Познань	652	305	400	291	170	5000	356	291	
9	Освенцім	5000	317	69	540	214	356	5000	214	
10									1788	Функція мети
11										
12										
13	Назва пункту	Львів	Варшава	Краків	Гданськ	Вроцлав	Познань	Освенцім	Отримані обмеження	Задані обмеження
14	Львів	0	0	1	0	0	0	0	1	1
15	Варшава	1	0	0	0	0	0	0	1	1
16	Краків	0	0	0	0	0	0	1	1	1
17	Гданськ	0	1	0	0	0	0	0	1	1
18	Вроцлав	0	0	0	0	0	1	0	1	1
19	Познань	0	0	0	1	0	0	0	1	1
20	Освенцім	0	0	0	0	1	0	0	1	1
21	Отримані обмеження	1	1	1	1	1	1	1		
22	Задані обмеження	1	1	1	1	1	1	1		
23	Львів	Краків	Освенцім	Вроцлав	Познань	Гданськ	Варшава	Львів	L ^m	1788 км

Параметри розв'язувача

Оптимізувати цільову функцію:

До: ☐ Максимум ☒ Мінімум ☐ Збаланшувати:

Змієносна кількість змінних:

Підлягає обмеженням:

SS21:S$H21 = S$S22:S$H22$
 SS14:S$H20 = \text{цїле}$
 SS14:S$S20 = S$S14:S$S20$

Додати
Вилучити
Виділити
Сканувати
Завантажити/Зберегти

☒ Зробити необхідні зміни як від'ємні

Вибір метод розв'язання:

Метод розв'язання

Для розв'язання гладких нелінійних задач виберіть розв'язувач нелінійних задач за методом зведеного градієнта. Для розв'язання лінійних задач виберіть розв'язувач за симплекс-методом, для негладких задач виберіть розв'язувач розв'язувач.

Рис. 3. Розробка туристичного маршруту Польщею в середовищі MSEXCEL, скрин розв'язку з екрана

В результаті розв'язку даної задачі, отримані такі результати: прямуючи за маршрутом Львів–Краків–Освенцім–Вроцлав–Познань–Гданськ–Варшава–Львів отримаємо мінімальну довжину автобусного маршруту автошляхами, що становить 1788 км.

Відображення маршруту на карті Польщі, побудовано за допомогою ресурсу Flagma, маємо на рис. 4.

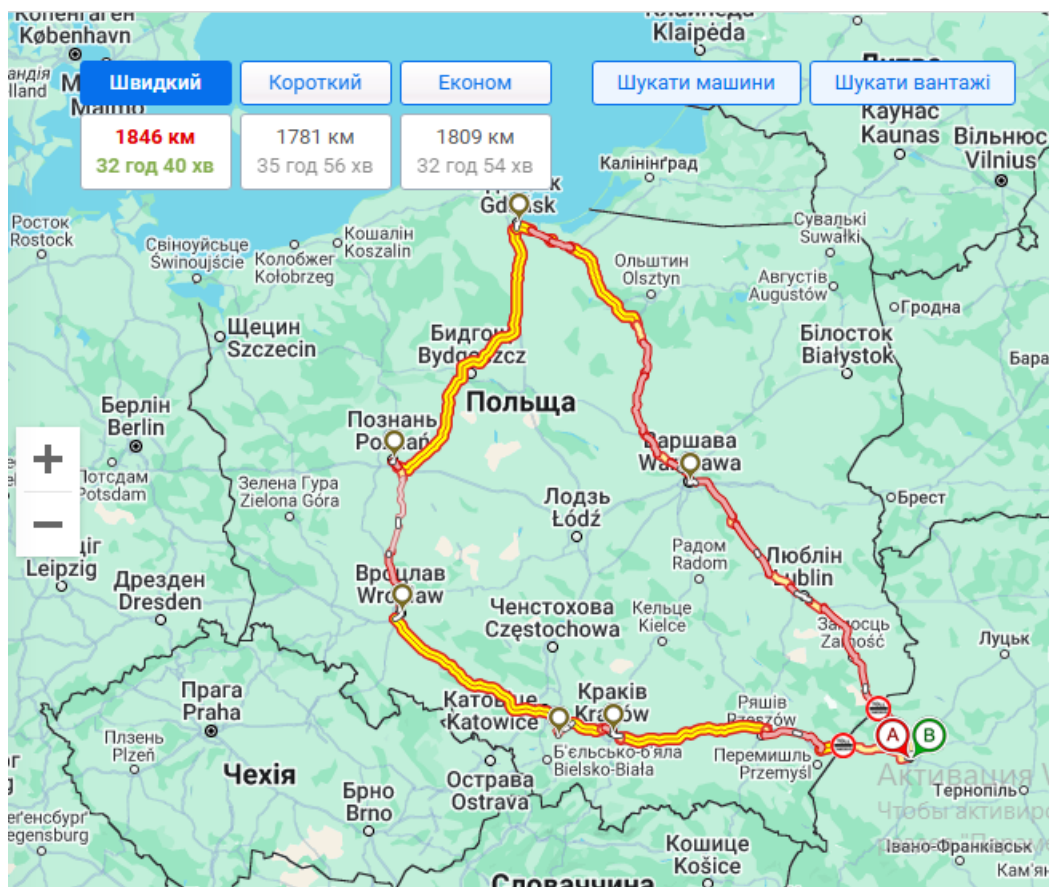


Рис. 4. Розроблений маршрут подорожі на підставі задачі комівояжера [20]

Якщо ж за критерій обирати відстань, при цьому враховуючи додаткові фактори, пов'язані із організацією туристичної подорожі, то можливий і зворотній напрямок об'їзду пунктів маршруту : Львів— Варшава—Гданськ— Познань—Вроцлав —Освенцім —Краків — Львів.

Можлива зміна критерію таким чином, щоб компанія не мінімізувала ресурс (відстань) на відвідування заданих пунктів маршруту, як у задачі комівояжера, а максимізувала прибуток від автоперевезення за одиницю часу. У такому критерії інтенсивності прибутку поряд з фактором витрат буде враховуватися і інший фінансовий фактор – доходів, а також фактор часу.

З переходом від критерію на мінімум до критерію на максимум стає припустимим зняття вимоги обов'язковості заходу в усі пункти маршруту – відповідно, з'являється можливість вибору із загальної множини найбільш привабливих пунктів, між якими оптимізується маршрут. Якщо для задачі комівояжера будувався оптимальний маршрут між обов'язковими пунктами, то в даній постановці задачі – оптимальний маршрут між оптимальними пунктами.

При побудові оптимальної схеми маршруту можуть підлягати оптимізації також і тривалості перебування протягом подорожі в кожному з пунктів. При проектуванні оптимальної схеми може враховуватися доходи від переходів між пунктами (містами) та їх тривалість поряд з витратами на переходи, як у задачі комівояжера.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У даній статті було проаналізовано сучасний стан та основні тенденції розвитку міжнародних пасажирських перевезень в Україні. Проведений аналіз продемонстрував, що станом на 2019 рік пріоритетними залишалися зв'язки України з російською федерацією та країнами СНД (28,2%). Друге місце за інтенсивністю займали країни Європи і Близького Сходу, відповідно 22,1%.

Пандемія Covid-19 та далі повномасштабна війна, активна фаза якої розпочалася у лютому 2022 року, змінила ринок автобусних перевезень в Україні та створила більший попит на ньому насамперед через

припинення авіасполучення. Основним напрямком у розвитку пасажирських перевезень стала Центральна Європа. Війна актуалізувала питання підвищення пропускної спроможності пунктів пропуску на західному кордоні, оскільки в перші місяці війни значно збільшився пасажиропотік у напрямі «виїзду» з України.

За останні 2,5 роки український автобусний ринок виріс щонайменше втричі в грошовому еквіваленті – до близько 7 млрд грн. Як показали дослідження ринку пасажирських перевезень, проведені в 2023 р., близько 37% українців подорожують за кордон з метою туризму, 28% – щоб побачитися з рідними, 18% – для зустрічей із друзями, 17% опитаних – робочі поїздки.

Незмінним і важливим за впливом на ринок автобусних перевезень залишається фактор сезонності. Різниця між пасажиропотоками у високий та низький сезон може складати 2–2,5 рази. Допомагає виявити сезонні тенденції та передбачити пікові періоди аналітика.

На основі результатів аналізу основних сучасних тенденцій розвитку міжнародних автобусних перевезень та факторів, що впливають на збільшення попиту, розроблено багатоетапний алгоритм формування транспортно-логістичної схеми перевезень за напрямом Україна–Європа. При формуванні транспортно-логістичної схеми враховуються попередні та оперативні прогностичні дані про пасажиропотоки, а також результати моделювання системи масового обслуговування при проходженні формальних процедур при перетині кордону автобусами (за зеленим та червоним коридором) та реальної ситуації з чергами та каналами обслуговування в Міжнародному пункті пропуску.

Такий підхід має сприяти збільшенню кількості поїздок за актуальними маршрутами, більш ефективному використанню парку автобусів автотранспортного підприємства та більш зручному та якісному обслуговуванню пасажирів (за часом, пересадками та ін). В цілому сприятиме зростанню прибутковості діяльності підприємства-перевізника, а також допоможе врахувати потреби споживачів (пасажирів) транспортних послуг.

Основна увага приділена проблемі вибору найбільш ефективних схем туристичних подорожей. Це набуває особливо важливого значення на сучасному етапі через активний розвиток міжнародних зв'язків і світової туристичної індустрії. Проаналізовано фактори, що впливають на вибір пунктів і часу перебування в містах, вплив привабливості об'єкту подорожі на доцільну тривалість відвідування культурно-історичних місць.

На основі проведеного аналізу запропонована економіко-математична модель логістичного управління при формуванні міжнародних туристичних маршрутів за напрямом Україна–Європа. Модель асоціюється із задачею комівояжера, який має по замкненому маршруту з мінімальними сумарними витратами об'їхати всі задані пункти, відвідуючи кожен один раз і повертаючись в вихідний пункт.

Польща є частиною світового туристичного ринку з постійно зростаючою кількістю відвідувачів. На прикладі семи найбільш популярних міст здійснено моделювання та визначено оптимальний маршрут. В результаті розв'язку даної задачі, отримані такі результати: прямуючи за маршрутом Львів–Краків–Освенцім–Вроцлав–Познань–Гданськ–Варшава–Львів отримаємо мінімальну довжину автобусного маршруту автошляхами, що становить 1788 км.

Подальші дослідження в напрямку удосконалення логістичного управління міжнародними автобусними перевезеннями мають зосередитися на кількох важливих напрямках:

Розвиток мультимодальних систем міжнародних пасажирських перевезень. З початком повномасштабної війни автобуси стали одним із основних видів транспорту для міжнародних перевезень. Автобуси забезпечують можливість прямого сполучення з містами за кордоном. Також є незамінною частиною мультимодальних перевезень, включаються до складних маршрутів.

Для покращення якості надання послуг при здійсненні міжнародних пасажирських перевезень потрібно ретельно аналізувати та планувати процеси на основі прогностичних даних пасажирообігу. Дослідження пасажиропотоку є важливим інструментом, оскільки дозволяє на основі зібраних даних про пасажирські потоки визначати оптимальні стратегії розвитку транспортних систем.

Оптимізація маршрутів подорожі на основі багатокритеріальних оцінок. Важливо продовжити роботу над оптимізаційними моделями. При побудові оптимальної схеми маршруту можуть підлягати оптимізації також і тривалості перебування протягом подорожі в кожному з пунктів. При проектуванні оптимальної схеми може враховуватися доходи від переходів між пунктами (містами) та їх тривалість поряд з витратами на переходи, як у задачі комівояжера. За умови використання критерію на максимум стає припустимим зняття вимоги обов'язковості заходу в усі пункти маршруту. Відповідно, з'являється можливість вибору із загальної множини найбільш привабливих пунктів, між якими оптимізується маршрут. Якщо для задачі комівояжера був оптимізований маршрут між обов'язковими пунктами, то в даній постановці задачі – оптимізований маршрут між оптимальними пунктами.

Ці напрями досліджень дозволять створювати більш адаптивні, надійні та безпечні транспортні системи міжнародних пасажирських перевезень, які дозволять не тільки максимізувати прибуток від автоперевезення за одиницю часу, а й враховувати і фактор часу та удосконалювати критерії якості обслуговування пасажирів.

Список використаних джерел:

1. Кірічок О. Г. Транспортна система України: напрями її інтеграції в транспортні структури Європи. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. Рівне. 2013. № 3 (63). с. 181–188.
2. Кірічок О., Антонюк В., Шевченко О. Роль і значення міжнародних автомобільних пасажирських перевезень у розвитку економіки країни. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. Том 2. № 13. 2019. С. 68-75. URL : <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/article/view/89>
3. Іцковська О. Сезонні зміни на автобусному ринку: як підлаштуватись та менеджерити. *Сайт : Центр транспортних стратегій*. 2024. URL : <https://surl.lu/gstwsv>
4. Доля В. К. Пасажирські перевезення : підручник. Харків : Видавництво «Форт», 2011. 504 с.
5. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення. К.: Видавничий Дім «Слово», 2009. 272 с.
6. Болубаш Б. О. Удосконалення маршрутної системи міжнародних пасажирських перевезень сполученням Україна – Польща. Автореферат дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня « магістр » за спеціальністю 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)». Тернопіль. 2019. 5 с. URL: <https://surl.li/idxvgz>
7. Волошина С. В. Дослідження та удосконалення міжнародних пасажирських перевезень на маршруті Тернопіль – Прага. Автореферат дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)». Тернопіль. 2019. 6 с. URL : <https://elartu.lntu.edu.ua/handle/lib/29624>
8. Кость І. П., Будник С. І., Нікіпчук С. В. Організація внутрішніх та міжнародних перевезень пасажирів автомобільним транспортом. Львів : Сполом, 2012. 148 с.
9. Костюченко, Л. М., Наапетян М. Р. Автомобільні перевезення у міжнародному сполученні. К. : Видавничий Дім «Слово», 2007. 656 с.
10. Дмитрієв І. А., Іванілов О.С., Шевченко І.Ю., Кирчата І. М. Економіка підприємств автомобільного транспорту: навчальний посібник. Х.: ФОП Бровін О.В., 2018. 308 с.
11. Горяїнов О. М. Вплив техніко-експлуатаційних показників роботи автотранспорту на ефективність логістичної системи: автореф. дис канд. техн. наук : 05.22.01 – Транспортні системи. Національний транспортний ун-т. Київ, 2004. 17 с.
12. Скільки втрачає Україна через нелегальні перевезення та як з цим боротися. *Сайт : Економічна правда*. 2023. URL : <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/10/19/705598/>
13. Косташук В. І. Сучасний стан міжнародного туризму між Україною та Італією. *Географія та туризм: наук. зб.* К.: Альтерпрес, 2010. Вип.16. С. 63-74.
14. Калат Я. Я., Максименко А. О., Томашик Л. С. Пасажирські та вантажні потоки через кордон Україна-ЄС в умовах covid-19 та війни. *Економіка : науковий вісник Ужгородського університету. Розділ 3. Регіональні соціально-економічні дослідження*. № 1(61). 2023. DOI: [https://doi.org/10.24144/2409-6857.2023.1\(61\).63-71](https://doi.org/10.24144/2409-6857.2023.1(61).63-71)
15. Транспорт. *Сайт : delo.ua*. 2024. URL: <https://surl.li/fzklpc>
16. Понад половина українців у 2023 р. їздили за кордон рейсовими автобусами – дослідження. *Interfax-Україна : інформаційне агентство. Економіка*. URL : <https://interfax.com.ua/news/economic/958248.html>
17. Задача комівояжера. Математична постановка задачі. *Сайт для студентів спеціальності інформатика*. URL: <https://surl.li/sgsdrd>
18. Терещук, Наталія. Туризм в Польщі та його вплив на економіку країни. Уманський національний університет садівництва. URL : <https://lib.udau.edu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/d2945a15-eedb-4558-802c-ad4b25155600/content>
19. Гаврилюк В. В. Удосконалення міжнародних пасажирських перевезень за напрямом Україна-Європа : Кваліфікаційна робота магістра. Дніпро : УМСФ. 2025. 130 с.
20. Розрахунок відстаней між містами. *Сайт :Flagma*. URL: <https://flagma.ua/uk/rozrahunok-vidstaney.html>

References:

1. Kirichok, O. H. (2013). Transportna systema Ukrainy: napriamy yii intehtatsii v transportni struktury Yevropy. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia*. № 3 (63), 181–188.
2. Kirichok, O., Antoniuk, V. & Shevchenko, O. (2019). Rol i znachennia mizhnarodnykh avtomobilnykh pasazhyrskykh perevezen u rozvytku ekonomiky krainy. *Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti*, Tom 2, № 13, 68-75. URL : <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/article/view/89>
3. Itskovska, O. (2024). Sezonni zminy na avtobusnomu rynku: yak pidlashtuvatys ta menedzheryty. *Tsentr transportnykh stratehii*. [ukr.] URL : <https://surl.li/gclnwa>
4. Dolia, V. K. (2011). Pasazhyrski perevezennia. Kharkiv : Vydavnytstvo «Fort».
5. Bosniak, M.H. (2009). Pasazhyrski avtomobilni perevezennia. K.: Vydavnychiy Dim «Slovo».

-
6. Boliubash, B. O. (2019). *Udoskonalennia marshrutnoi systemy mizhnarodnykh pasazhyrskykh perevezen spoluchenniam Ukraina – Polshcha*. (Avtoreferat dyplomnoi roboty na zdobuttia osvithnoho stupenia «mahistr»). Ternopil. Ukraina. URL: <https://surli.cc/zafwss>
 7. Voloshyna, S. V. (2019). *Doslidzhennia ta udoskonalennia mizhnarodnykh pasazhyrskykh perevezen na marshruti Ternopil – Praha*. (Avtoreferat dyplomnoi roboty na zdobuttia osvithnoho stupenia «mahistr»). Ternopil. Ukraina. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/29624>
 8. Kost, I. P., Budnyk, S. I., & Nikipchuk, S. V. (2012). Orhanizatsiia vnutrishnikh ta mizhnarodnykh perevezen pasazhyriv avtomobilnym transportom. Lviv : Spolom.
 9. Kostiuchenko, L. M. & Naapetian, M. R. (2007). Avtomobilni perevezennia u mizhnarodnomu spoluchenni. K. : Vydavnychy Dim «Slovo».
 10. Dmytriiev, I. A., Ivanilov, O.S., Shevchenko, I.Iu. & Kyrchata I.M. (2018). *Ekonomika pidpriemstv avtomobilnoho transportu*. Kh.: FOP Brovin O.V.
 11. Horiainov, O. M. (2004). *Vplyv tekhniko-ekspluatatsiinykh pokaznykiv roboty avtotransportu na efektyvnist lohistychnoi systemy* (avtoref. dys kand. tekhn. nauk). Kyiv. Ukraina.
 12. *Skilky vtrachaie Ukraina cherez nelehalni perevezennia ta yak z tsym borotysia*. (2023). Sait: Ekonomichna pravda. URL : <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/10/19/705598/>
 13. Kostashchuk, V.I. (2010). Suchasnyi stan mizhnarodnoho turyzmu mizh Ukrainoiu ta Italiieiu. *Heohrafiia ta turyzm: nauk. zb. K.: Alterpres*. (Vyp.16), 63-74.
 14. Kalat, Ya.Ia., Maksymenko A.O. & Tomashyk L.S. (2023). Pasazhyrski ta vantazhni potoky cherez kordon Ukpaina-Yes v umovakh covid-19 ta viiny. *Ekonomika : naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Rozdil 3. rehionalni sotsialno-ekonomichni doslidzhennia*, (1(61)). 63-71. DOI: [https://doi.org/10.24144/2409-6857.2023.1\(61\).63-71](https://doi.org/10.24144/2409-6857.2023.1(61).63-71)
 15. *Transport* (2024). Sait : delo.ua. URL: <https://surl.li/euctwz>
 16. *Ponad polovyna ukraintsiv u 2023 r. yizdyly za kordon reisovymy avtobusamy – doslidzhennia*. Interfax-Ukraina : informatsiine ahenstvo. Ekonomika. URL : <https://interfax.com.ua/news/economic/958248.html>
 17. *Ponad polovyna ukraintsiv u 2023 rotsi yizdyly za kordon reisovymy avtobusamy – doslidzhennia*. Interfax-Ukraina : informatsiine ahenstvo. Ekonomika. URL : <https://interfax.com.ua/news/economic/958248.html>
 17. *Zadacha komivoiazhera. Matematychna postanovka zadachi*. Sait dlia studentiv spetsialnosti informatyka. URL: <https://www.mathros.net.ua/zadacha-komivojazhera-matematychna-postanovka-zadachi.html>
 18. Tereshchuk, Nataliia. Turyzm v Polshchi ta yoho vplyv na ekonomiku krainy. Umanskyi natsionalnyi universytet sadivnytstva. URL : <https://lib.udau.edu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/d2945a15-eedb-4558-802c-ad4b25155600/content>
 19. Havryliuk V. V. (2025). *Udoskonalennia mizhnarodnykh pasazhyrskykh perevezen za napriamom Ukraina-Yevropa*. (Kvalifikatsiina robota mahistra). Dnipro Ukraina. [укр.]
 20. *Rozrakhunok vidstanei mizh mistamy*. Sait :Flagma. URL: <https://flagma.ua/uk/rozrahunok-vidstaney.html>