

Є. М. ЛЕБІДЬ

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри логістики та проєктного менеджменту
Національний транспортний університет
ORCID: 0000-0003-1794-8060

О. О. МАЗУРЕНКО

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри «Транспортні вузли»
Український державний університет науки і технологій
ORCID: 0000-0001-5591-1790

І. Г. ЛЕБІДЬ

кандидат технічних наук, професор,
професор кафедри «Міжнародні перевезення та митний контроль»
Національний транспортний університет
ORCID: 0000-0003-0707-4179

Н. О. ЛУЖАНСЬКА

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри «Міжнародні перевезення та митний контроль»
Національний транспортний університет
ORCID: 0000-0002-1271-8728

І. В. МИХАЙЛЕНКО

кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри вищої математики, класичних
та прикладних математичних дисциплін
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
ORCID: 0000-0002-5961-3616

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Організація транспортного процесу при здійсненні міжнародних перевезень швидкопсувних вантажів, передбачає залучення суб'єктів господарювання, здатних забезпечити надійність та належний рівень якості транспортного обслуговування з урахуванням температурних, часових та санітарно-гігієнічних вимог. Визначальну роль у забезпеченні ефективності виконання перевезення відіграють транспортні підприємства, діяльність яких безпосередньо впливає на збереження якісних характеристик вантажу протягом усього маршруту доставки. У зв'язку з цим ключовим етапом організації зовнішньоторговельних операцій є вибір перевізника, який здатний задовольнити специфічні вимоги до перевезення швидкопсувної продукції.

Перевезення швидкопсувних вантажів характеризується підвищеними вимогами до синхронізації операцій транспортного процесу, обмеженням часу доставки, необхідністю забезпечення безперервного контролю параметрів середовища та високою чутливістю до затримок. Це обумовлює виконання специфічного комплексу технічних, технологічних та організаційних заходів, пов'язаних із підготовкою рухомого складу, плануванням маршрутів перевезення, координацією дій персоналу та контролем умов транспортування в режимі реального часу. Відповідно, це впливає на структуру зайнятості працівників, тривалість виконання операцій та рівень навантаження на окремі підрозділи транспортного підприємства.

З огляду на зазначене, актуальним є формування науково обґрунтованих підходів до визначення раціональної чисельності персоналу та тривалості виконання транспортних операцій при перевезенні швидкопсувних вантажів у міжнародному сполученні. Це дозволяє підвищити точність планування часу виконання зовнішньоторговельних операцій, знизити ймовірність виникнення втрат якості товарів та оптимізувати використання ресурсів підприємства. Для досягнення поставленої мети доцільним є застосування імітаційного моделювання, що забезпечує формалізацію транспортного процесу, оцінки тривалості обслуговування та планування кадрового забезпечення відповідно до функціонального розподілу праці.



Практичне застосування імітаційної моделі сприяє обґрунтованому визначенню оптимальної чисельності персоналу, вибору раціонального типу рухомого складу та мінімізації часових витрат на виконання транспортних операцій. Крім того, модель дозволяє комплексно оцінити часові параметри функціонування транспортного підприємства, що є критично важливим для забезпечення якості та безпеки доставки швидкокопсувних вантажів.

Ключові слова: транспортне підприємство, імітаційне моделювання, транспортний процес, швидкокопсувний вантаж, міжнародні перевезення.

ІЕ. М. LEBID

PhD, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Logistics and Project Management
National Transport University
ORCID: 0000-0003-1794-8060

О. О. MAZURENKO

PhD, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Transport Units
Ukrainian State University of Science and Technologies
ORCID: 0000-0001-5591-1790

І. Г. LEBID

PhD, Professor,
Professor at the Department of International Transportation and Customs Control
National Transport University
ORCID: 0000-0003-0707-4179

Н. О. LUZHANSKA

PhD, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of International Transportation
and Customs Control
National Transport University
ORCID: 0000-0002-1271-8728

І. В. MYKHAILENKO

PhD, Associate Professor at the Department of Higher Mathematics, Classical
and Applied Mathematical Disciplines
Kharkiv National Automobile and Road University
ORCID: 0000-0002-5961-3616

MODELING THE OPERATION OF ROAD TRANSPORT ENTERPRISES IN INTERNATIONAL PERISHABLE GOODS TRANSPORTATION

The organization of the transport process in the international transportation of perishable goods involves the engagement of business entities capable of ensuring reliability and an appropriate level of service quality, taking into account temperature, time, and sanitary requirements. Transport enterprises play a decisive role in ensuring the efficiency of transport operations, as their activities directly affect the preservation of the cargo's quality characteristics throughout the entire delivery route. In this regard, a key stage in the organization of foreign trade operations is the selection of a carrier capable of meeting the specific requirements for the transportation of perishable goods.

The transportation of perishable goods is characterized by increased requirements for the synchronization of transport process operations, strict delivery time constraints, the need for continuous monitoring of environmental parameters, and high sensitivity to delays. This necessitates the implementation of a specific set of technical, technological, and organizational measures related to the preparation of rolling stock, planning of transport routes, coordination of personnel activities, and real-time monitoring of transportation conditions. Accordingly, this affects the structure of workforce allocation, the duration of operations, and the level of workload on individual divisions of the transport enterprise.

In view of the above, it is relevant to develop scientifically grounded approaches to determining the optimal number of personnel and the duration of transport operations in the international carriage of perishable goods. This makes it possible to improve the accuracy of planning the time required for foreign trade operations, reduce the likelihood of product quality losses, and optimize the use of enterprise resources. To achieve this objective, the application of simulation modeling is appropriate, as it enables the formalization of the transport process, the assessment of service time, and the planning of staffing in accordance with the functional division of labor.

The practical application of the simulation model contributes to the substantiated determination of the optimal number of personnel, the selection of a rational type of rolling stock, and the minimization of time expenditures for transport operations. In addition, the model enables a comprehensive assessment of the temporal parameters of transport enterprise operations, which is critically important for ensuring the quality and safety of perishable goods delivery.

Key words: transport enterprise, simulation modeling, transport process, perishable goods, international transportation.

Постановка проблеми

Ефективність виконання зовнішньоторговельних операцій при перевезенні швидкопсувних вантажів у міжнародному автомобільному сполученні значною мірою визначається рівнем організаційно-технологічного забезпечення транспортного процесу, а також технічним станом рухомого складу, оснащеного системами підтримки регламентованого температурного режиму. Транспортне підприємство (ТП) у даному випадку виступає як ключовий суб'єкт перевізного процесу, що забезпечує безперервність та надійність доставки швидкопсувних вантажів за рахунок узгодженої роботи водіїв, логістів та інженерно-технічного персоналу.

Водночас сучасний ринок транспортних послуг характеризується дефіцитом кваліфікованих кадрів, спроможних забезпечити належний рівень експлуатації рухомого складу та організації міжнародних перевезень [1, с. 14; 2, с. 207].

Недостатній рівень професійної підготовки персоналу або його вузька спеціалізація можуть призводити до порушення температурного режиму, збільшення тривалості транспортного циклу, виникнення технологічних збоїв у процесі перевезення та, як наслідок, до псування вантажу. Такі відхилення негативно впливають на техніко-експлуатаційні показники діяльності транспортного підприємства, знижують рівень його конкурентоспроможності та формують ризики втрати ділової репутації на міжнародному ринку перевезень. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває застосування сучасних методичних підходів до управління персоналом, орієнтованих на забезпечення високої якості виконання транспортно-технологічних операцій у сфері перевезення швидкопсувних вантажів.

Аналіз практичної діяльності транспортних підприємств свідчить про те, що обслуговування різних категорій швидкопсувної вантажів супроводжується суттєвими відмінностями у технічних та технологічних параметрах перевізного процесу. Зокрема, варіативність проявляється у вимогах до оформлення транспортно-супровідної документації (СМР, ветеринарні та фітосанітарні сертифікати), підготовки рефрижераторного обладнання, а також у специфіці виконання навантажувально-розвантажувальних операцій із дотриманням індивідуальних вимог.

Формування довгострокових партнерських відносин між перевізником і замовником безпосередньо залежить від здатності транспортного підприємства забезпечити високий рівень техніко-експлуатаційної надійності перевезень і відповідність міжнародним стандартам якості. У межах своєї діяльності підприємство самостійно формує структуру кадрового складу, визначає склад і технічні характеристики парку рефрижераторних транспортних засобів, а також обирає напрями міжнародних перевезень. Це створює передумови для адаптації технології перевезення до специфіки швидкопсувних вантажів.

Актуальність наукових досліджень у цій сфері обумовлює необхідність використання сучасних програмних комплексів для моніторингу техніко-експлуатаційних показників транспортного процесу та оцінювання ефективності функціонування транспортних підприємств. Практичне застосування таких інструментів дозволяє здійснювати прогнозування обсягів перевезень швидкопсувних вантажів, визначати тривалість транспортного циклу та рівень завантаження персоналу і рухомого складу. Крім того, це створює можливості для обґрунтованого визначення потреби у кваліфікованих кадрах та спеціалізованих транспортних засобах із температурним контролем.

Комплексний аналіз поточного стану транспортного підприємства дозволяє ідентифікувати наявні організаційно-технічні недоліки та розробити ефективні заходи щодо підвищення результативності перевезень швидкопсувних вантажів у міжнародному сполученні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Міжнародні автомобільні перевезення відіграють важливу роль у забезпеченні функціонування зовнішньоекономічних зв'язків і конкурентоспроможності підприємств, а рівень їх ефективності значною мірою визначає кінцеву вартість продукції. У роботі [3, с. 63] обґрунтовано необхідність удосконалення логістики міжнародних перевезень аграрної продукції, зокрема через забезпечення доставки «точно в строк», що потребує детального планування часу транспортування та врахування стохастичності окремих етапів, передусім митного оформлення. Встановлено, що невизначеність тривалості митних процедур істотно впливає на дотримання термінів доставки, у зв'язку з чим запропоновано оптимальні часові інтервали виконання операцій. Нажаль в даній роботі не враховується певна специфіка виконання перевезення швидкопсувних вантажів.

У роботі [4, с. 5] проаналізовано основні вимоги до організації доставки швидкопсувних вантажів. Автори відзначають, що важливою передумовою ефективного управління системою доставки є прискорення руху транспортних засобів, оптимізація всіх складових часу перебування вантажу в ланцюгу постачань. Це досягається за рахунок посилення рівня інтеграції та координації учасників доставки, стандартизації процедур, мінімізації непродуктивних втрат часу. Проте автори не вказали, яким чином можна мінімізувати непродуктивні втрати часу. Також в роботі не використовувалося імітаційне моделювання, яке дозволило б дослідити вплив окремих факторів (наприклад, кількість фахівців відділу логістики) на наявність та тривалість затримок в процесі оформлення транспортної документації та підготовки транспортного засобу до перевезення.

У роботі [5, с. 96] автори вказали на значний вплив транспортних витрат на кінцеву вартість продукції та запропонували математичну модель оптимального розподілу транспортних засобів між напрямками перевезень для підвищення ефективності використання ресурсів. Але такий підхід неможливо застосувати для дослідження впливу кадрового забезпечення транспортного підприємства на ефективність організації перевізного процесу.

Перевезення швидкопсувних вантажів характеризуються необхідністю суворого дотримання холодового ланцюга, мінімізації тривалості транспортування та зниження ризиків псування продукції. У роботі [6, с. 50] розроблено імітаційну модель перевезення швидкопсувних вантажів малими партіями за змінними маршрутами з урахуванням стохастичності тривалості операцій і використанням дискретно-подієвого та агентного моделювання для мінімізації часу доставки. В роботі [7, с. 206] також показано, що навіть сучасні рефрижераторні транспортні засоби можуть не забезпечувати стабільний температурний режим через відкривання дверей під час доставки, що зумовлює потребу врахування динаміки температурних змін у логістичних моделях. Однак в цих роботах не враховується вплив організаційної складової транспортного процесу.

У роботі [8, с. 30] досліджено підхід до оцінювання ефективності міжнародних перевезень швидкопсувних вантажів за показником сукупних витрат з урахуванням втрат від простоїв на кордоні та витрат на підтримання температурного режиму. Однак такий підхід не дає можливості досліджувати вплив підготовчих робіт, до яких відноситься і митне та документальне оформлення всього процесу, на загальну тривалість перевезення вантажу.

У роботі [9, с. 240] розроблено структурну модель послідовної взаємодії учасників логістики для постачання швидкопсувних продуктів на маршрутах з України до Польщі. Запропонована модель має прикладну цінність, однак її опис носить переважно концептуальний характер. Суттєвим недоліком є відсутність будь-якого згадування про математичний інструментарій моделювання, недостатньо чітко формалізовано критерії вибору між альтернативними варіантами, що ускладнює практичне застосування результатів для прийняття управлінських рішень. Автори лише планують в подальшому побудувати імітаційну модель логістики постачання швидкопсувних продуктів за маршрутами Україна – Польща для проведення досліджень.

Імітаційне моделювання є дієвим інструментом дослідження функціонування транспортних підприємств як виробничо-логістичних систем в умовах невизначеності. У роботі [10, с. 82] розроблено імітаційну модель діяльності транспортно-експедиторського підприємства при міжнародних перевезеннях, що дозволяє оцінювати показники обслуговування, простоїв та пропускної спроможності. Узагальнені підходи до імітаційного моделювання діяльності підприємств розглянуто в роботі [11, с. 122], де показано можливість аналізу впливу випадкових замовлень і організаційних рішень на оперативні показники та планування використання власного й орендованого рухомого складу. У роботі [12, с. 97] імітаційне моделювання застосовано для дослідження роботи перевізника в умовах нерівномірного надходження замовлень і обмеженого парку автомобілів, що дозволило обґрунтувати підходи до структурної оптимізації транспортного процесу. Однак ці моделі не враховують специфіки перевезення швидкопсувних вантажів, яка має суттєвий вплив на тривалість виконання як окремих операцій, так і всього процесу вцілому.

Проведений аналіз наукових джерел свідчить про те, що розробка імітаційної моделі функціонування транспортного підприємства у сфері міжнародних перевезень швидкопсувних вантажів потребує комплексного врахування особливостей таких перевезень. Модель має відображати технологічні вимоги до перевезення швидкопсувної продукції та обмежень щодо часу доставки. Важливим є також відображення організаційно-управлінських заходів підприємства, зокрема кадрової політики та матеріально-технічного забезпечення, що забезпечують ефективність надання транспортних послуг. Такий комплексний підхід дозволить моделі адекватно відтворювати реальні процеси та забезпечує практичну цінність для планування і управління перевезеннями.

Формулювання мети дослідження

Метою статті є застосування імітаційного моделювання діяльності транспортного підприємства для оцінки техніко-експлуатаційних показників при виконанні міжнародних перевезень швидкопсувних вантажів.

Застосування імітаційної моделі дозволить:

1. Здійснити оцінку ефективності функціонування транспортного підприємства на основі аналізу часових параметрів виконання транспортно-технологічних операцій персоналом відповідної спеціалізації;
2. Розробити обґрунтовані управлінські рекомендації щодо підвищення якості транспортного обслуговування при організації перевезень швидкопсувних вантажів у міжнародному сполученні;
3. Здійснити планування тривалості виконання організаційно-технологічних процедур залежно від фізико-хімічних властивостей вантажу та вимог до температурного режиму транспортування;
4. Визначити оптимальну чисельність персоналу транспортного підприємства, необхідного для забезпечення безперервності перевізного процесу.

Для забезпечення ефективного функціонування транспортного підприємства керівництву необхідно здійснювати планування чисельності та рівня завантаження управлінського персоналу з урахуванням структури парку рефрижераторних транспортних засобів, інтенсивності надходження заявок на перевезення, тривалості виконання окремих етапів транспортного процесу, а також ймовірності виникнення відхилень у вигляді затримок або технологічних помилок. Особливу увагу слід приділити врахуванню середньої тривалості простоїв, пов'язаних із порушенням температурного режиму, затримками у пунктах пропуску або технічними несправностями холодної обладнання. Зазначені параметри мають визначальний вплив на формування техніко-експлуатаційних показників діяльності підприємства та прийняття рішень замовниками щодо вибору перевізника для виконання міжнародних перевезень швидкопсувних вантажів.

Використання імітаційної моделі дозволить комплексно оцінити основні характеристики функціонування транспортного підприємства, зокрема тривалість транспортного циклу, рівень завантаження персоналу та ефективність використання рухомого складу. Це, у свою чергу, забезпечить можливість мінімізації ризиків, пов'язаних із порушенням умов перевезення швидкокопсувних вантажів та підвищити надійність виконання зовнішньоторговельних операцій на всіх етапах транспортного процесу.

Методологія

При моделюванні роботи ТП враховано ряд випадкових факторів, які неможливо описати аналітично. Для побудови моделі було використано метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло). Його суть полягає в тому, що замість опису випадкових явищ аналітичними залежностями проводиться багаторазове повторення реалізацій деякої випадкової події. Виконуючи багатократно такий розіграш, накопичується статистичний матеріал, який потім обробляється відомими статистичними методами.

Імітаційна модель діяльності ТП реалізована в пакеті автоматизації імітаційного моделювання GPSS World, яке представляє собою машинну реалізацію методу статистичних випробувань та дозволяє автоматично отримувати інформацію про результати моделювання – статистику моделювання.

Викладення основного матеріалу дослідження

Дослідження діяльності ТП виконується в умовах організації міжнародних перевезень швидкокопсувних вантажів з метою більш ґрунтовного аналізу експлуатаційних показників. Розглядається співпраця замовників з підприємствами, які надають послуги виключно з перевезення вантажів. Для детального оцінювання впливу параметрів функціонування на ефективність роботи ТП розглянуто два сценарії обслуговування: у разі виникнення помилок у процесі роботи та за їх повної відсутності.

Технологія процесу надання послуг розподілена на певні етапи, які наведено на рисунку 1. Також на даному рисунку вказано основні операції, які виконуються на кожному з етапів, та задіяні виконавці ТП.

Кожен із етапів характеризується наступними параметрами: тривалістю виконання відповідної операції обслуговування; ймовірністю виникнення помилок; ймовірністю появи затримок; середньою тривалістю затримки у випадку допущення помилок.

Основним завданням є аналіз результатів роботи ТП з організації перевезення відповідної категорії вантажів та оптимізація кадрового складу з метою організації транспортного обслуговування в максимально стислі строки за умови відсутності помилок і затримок на всіх етапах процесу, що можуть бути зумовлені недостатністю персоналу або браком вільних транспортних засобів. Для дослідження було використано розроблену авторами імітаційну модель функціонування транспортного підприємства, що враховує перевезення різних видів вантажів у міжнародному сполученні, формалізація та опис якої наведена в роботі [10].

На процес функціонування ТП при організації міжнародних автомобільних перевезень впливає певна множина факторів. Розділимо вхідні параметри моделі роботи ТП на відомі $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$, на які впливати не можна, та керовані $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$.

Вихідні параметри, які деяким чином залежать від векторів A та X , позначимо як $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, тобто $Y = \Phi(A; X)$.

У загальному вигляді модель функціонування діяльності ТП при організації міжнародних автомобільних перевезень швидкокопсувних вантажів може бути представлена структурою:

$$Y = \begin{Bmatrix} a_1, a_2, \dots, a_m \\ x_1, x_2, \dots, x_k \end{Bmatrix}. \quad (1)$$

При формалізації моделі ТП було відзначено наявність керованих факторів X , до яких відносяться:

– інтенсивність надходження замовлень перевізником при виконанні доставки швидкокопсувних вантажів λ_j зам/міс.

Некерованими факторами A моделі є:

– оцінка середнього часу виконання i -ї роботи W_i на кожному етапі обслуговування при виконанні доставки швидкокопсувних вантажів $m_{ij} \pm \sigma_{ij}$, хв.;

– затримка виконання i -ї роботи W_i на кожному етапі обслуговування при виконанні доставки швидкокопсувних вантажів β_{ij} ;

– ймовірність допущення помилок в обслуговуванні при виконання i -ї роботи W_i на кожному етапі обслуговування при виконанні доставки швидкокопсувних вантажів γ_{ij} ;

– кількість фахівців ТП, необхідних для організації перевезень швидкокопсувних вантажів M_{ij} ;

– кількість транспортних засобів, що є на балансі підприємства, для виконання доставки швидкокопсувних вантажів V_j .

Основними показниками моделювання, які є основою для оптимізації роботи ТП, є:

– середня тривалість обслуговування t_j , хв.;

– середня тривалість простою в черзі до відповідного фахівця для обслуговування w_{kj} , хв.;

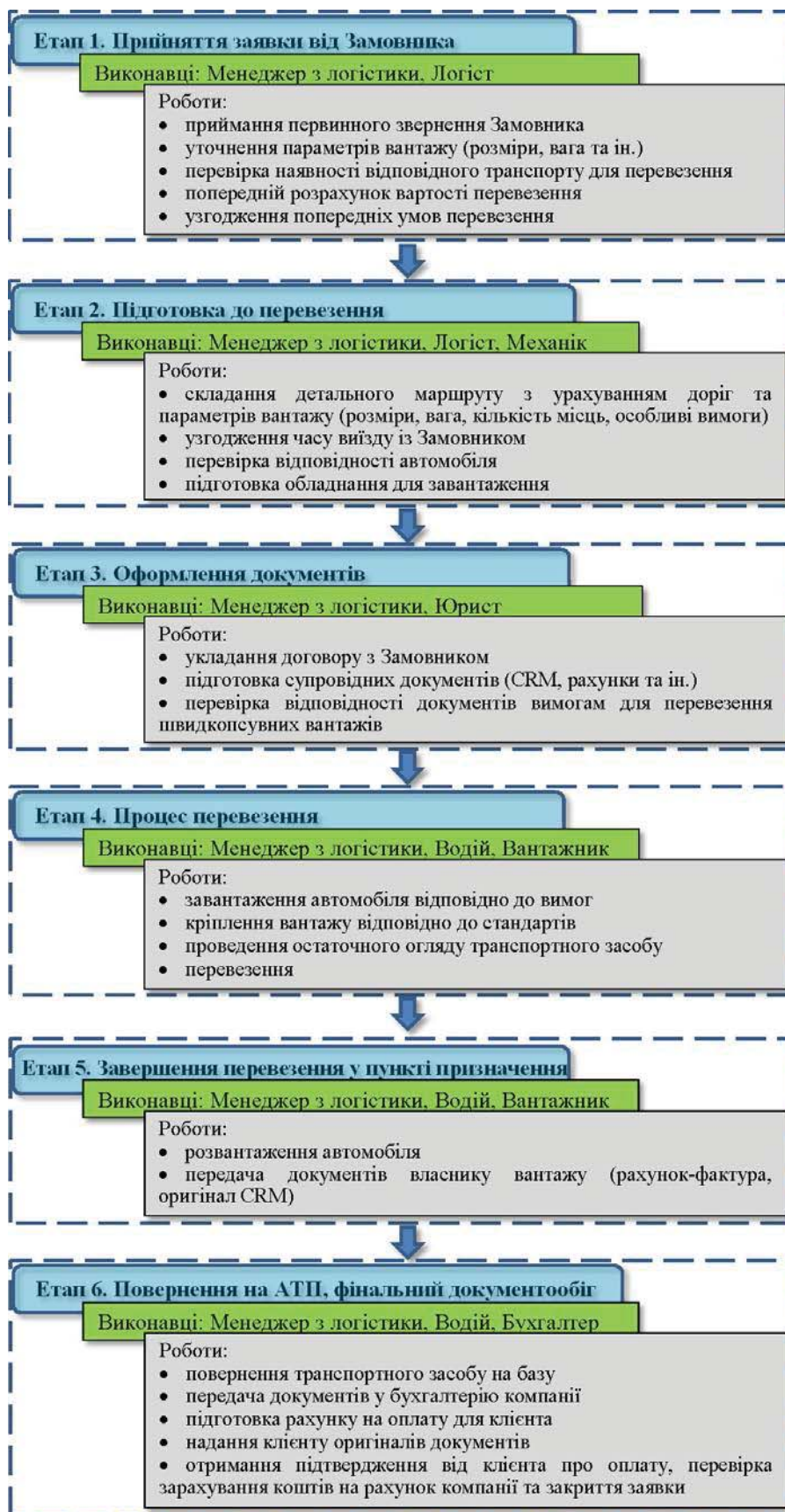


Рис. 1. Технологія процесу надання послуг з організації перевезень швидкопсувних вантажів у міжнародному сполученні

- середня довжина черги до відповідного фахівця, η_k , замовлень;
- частка заявок, які обслуговували без простою в черзі до відповідного фахівця, v_k %;
- кількість відповідних фахівців для обслуговування окремого потоку заявок, n_k ;
- коефіцієнт завантаження відповідних фахівців, ψ_k ;
- середня кількість зайнятих відповідних фахівців, ρ_k .

Відповідно, перед керівництвом підприємства постає задача планування кадрового забезпечення, здатного організувати транспортне обслуговування у найкоротші терміни за відсутності помилок та затримок на усіх етапах та мінімальними відмовами у наданні послуг.

У дослідженні було змодельовано процес надання транспортних послуг по організації міжнародних перевезень швидкопсувних вантажів за маршрутом Київ-Варшава. Скринінг результатів моделювання з використанням імітаційної моделі наведено на рисунку 2.

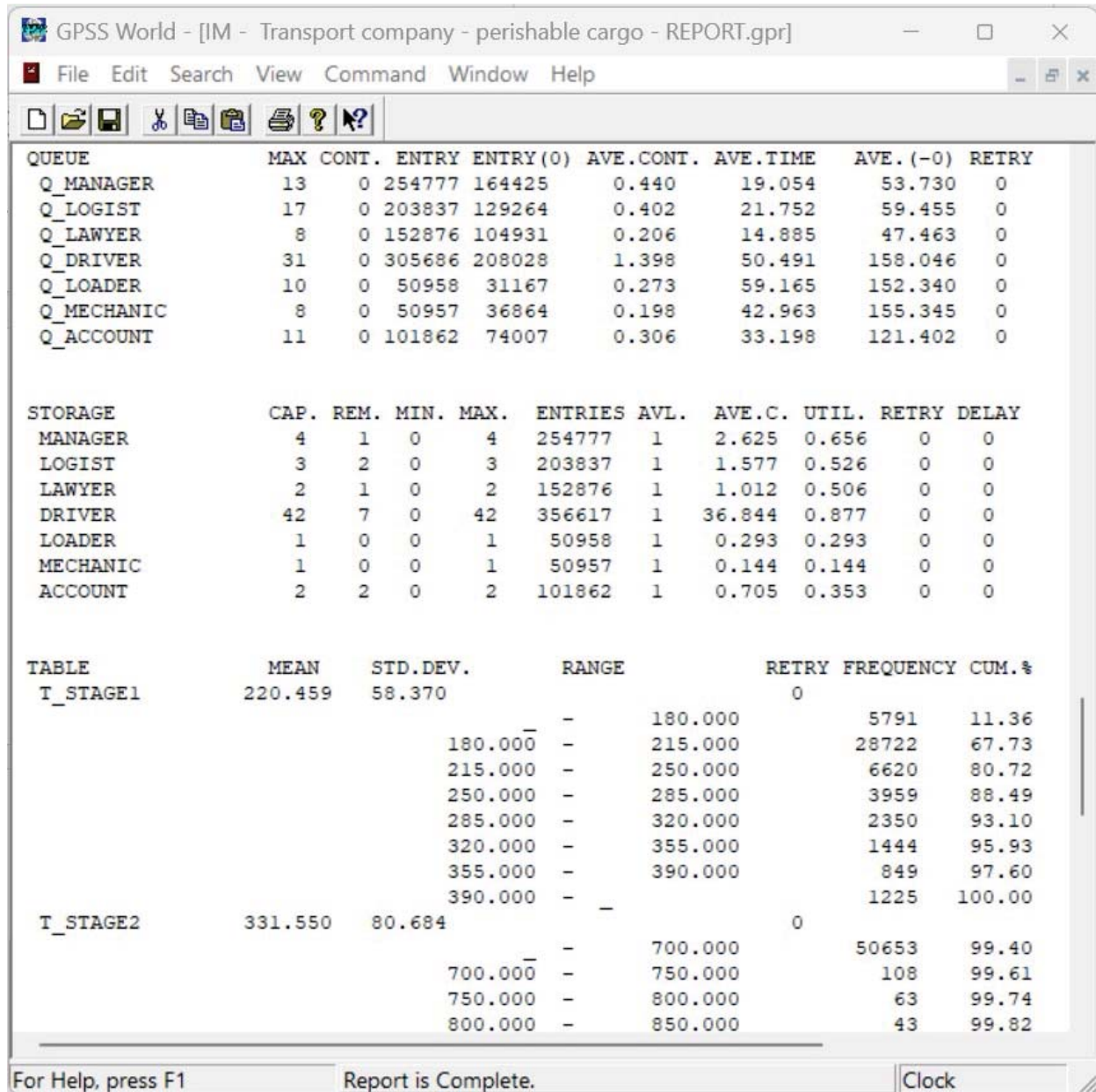


Рис. 2. Приклад результатів імітаційного моделювання роботи транспортного підприємства при перевезенні швидкопсувних вантажів

Результати моделювання роботи транспортного підприємства, при виконанні доставки швидкопсувних вантажів за наявності помилок та без допущення помилок в обслуговуванні, за маршрутом Київ-Варшава наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати оцінки часу доставки швидкопсувних вантажів за маршрутом Київ-Варшава

№ етапу	Назва етапу обслуговування	Середнє значення часу обслуговування (MEAN), хв. ± середнє квадратичне відхилення (STD.DEV.), хв.	
		помилки наявні	помилки відсутні
1	Прийняття заявки від замовника	220 ± 58	210 ± 52
2	Підготовка до перевезення	332 ± 81	317 ± 73.5
3	Оформлення документів	298 ± 68	280 ± 61
4	Перший етап перевезення	3638 ± 364	3644 ± 397
5	Завершення перевезення у пункті призначення	147 ± 123	148 ± 134.5
6	Повернення до транспортної компанії та фінальний документообіг	3504 ± 297	3504 ± 313.5
1-6	Доставка швидкопсувних вантажів вантажів	8138 ± 706	8103 ± 759

Ключовим завданням функціонування транспортних підприємств є забезпечення ефективної організації внутрішніх виробничих і управлінських процесів, а також налагодження результативної взаємодії із замовниками послуг, партнерами та іншими учасниками зовнішньоекономічних операцій. Кожен суб'єкт, залучений до виконання міжнародного перевезення, виконує визначені функціональні обов'язки та надає узгоджений заздалегідь комплекс послуг з урахуванням індивідуальних вимог клієнта, а у випадку транспортування швидкопсувних вантажів – із дотриманням встановлених температурних режимів, санітарно-гігієнічних норм та часових обмежень доставки.

Водночас прогнозування тривалості виконання окремого замовлення ускладнюється варіативністю умов реалізації транспортного процесу, що може призводити до виникнення черг на обслуговування, а також до ймовірних відмов у наданні послуг унаслідок перевантаження персоналу та збільшення часу очікування. Для швидкопсувних вантажів такі затримки є критичними, оскільки навіть незначне порушення термінів або умов транспортування може призвести до втрати якості продукції чи її повного псування. У зв'язку з цим виникає необхідність визначення тривалості виконання операцій на кожному етапі організації транспортного процесу з урахуванням специфічних вимог до перевезення швидкопсувних вантажів, зокрема безперервності холодового ланцюга, контролю температури та мінімізації часу простоїв.

Ефективність використання внутрішніх ресурсів транспортного підприємства безпосередньо впливає на можливість скорочення тривалості виконання підготовчих, організаційних і основних операцій, що забезпечують доставку товару у міжнародному сполученні, особливо в умовах перевезення швидкопсувних вантажів, де швидкість і надійність транспортування мають визначальне значення.

Приклади гістограм розподілу тривалості обслуговування при виконанні доставки швидкопсувних вантажів за наявності помилок наведені на рис. 3-6.

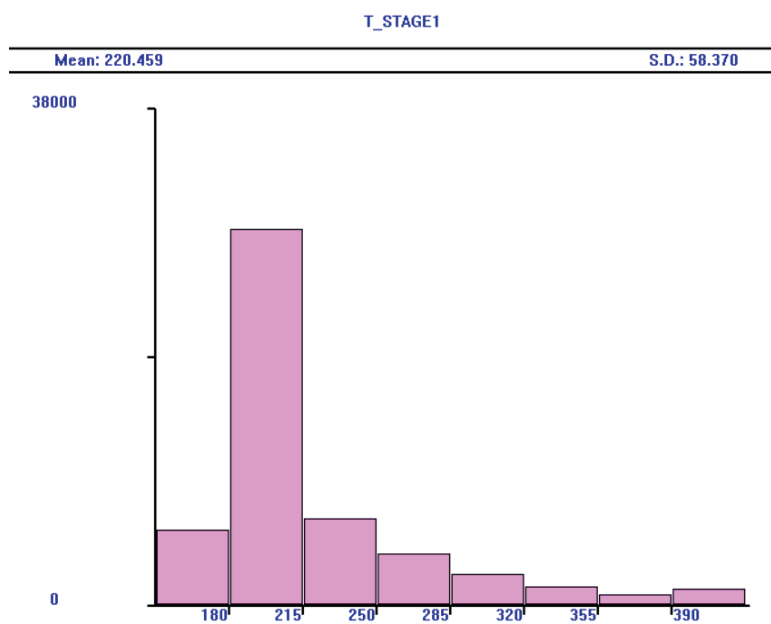


Рис. 3. Розподіл тривалості виконання процесу прийняття заявки від Замовника (етап 1) обслуговування доставки швидкопсувних вантажів за наявності помилок

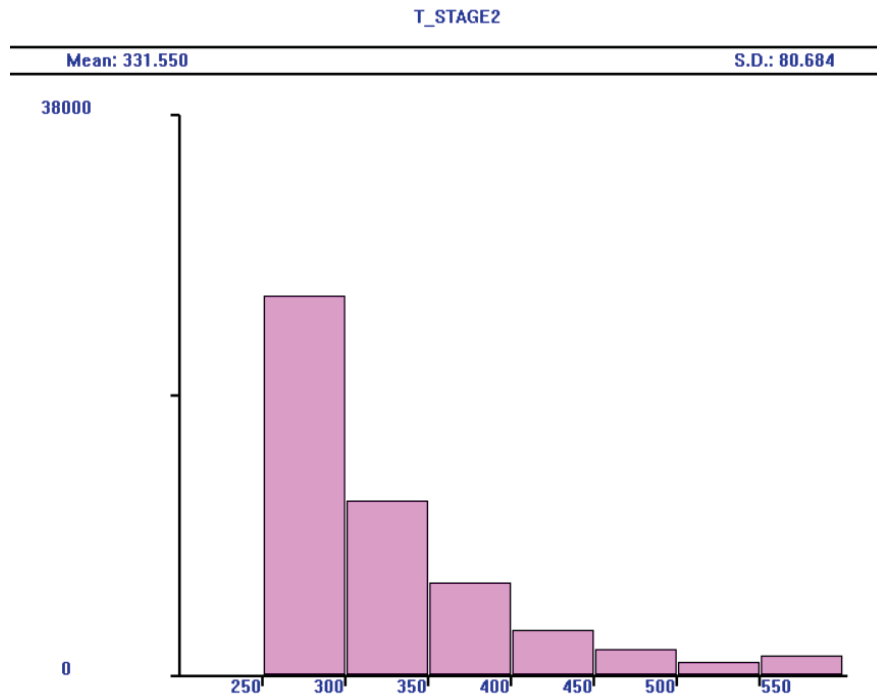


Рис. 4. Розподіл тривалості виконання підготовки до перевезення (етап 2) обслуговування доставки швидкокопсувних вантажів за наявності помилок

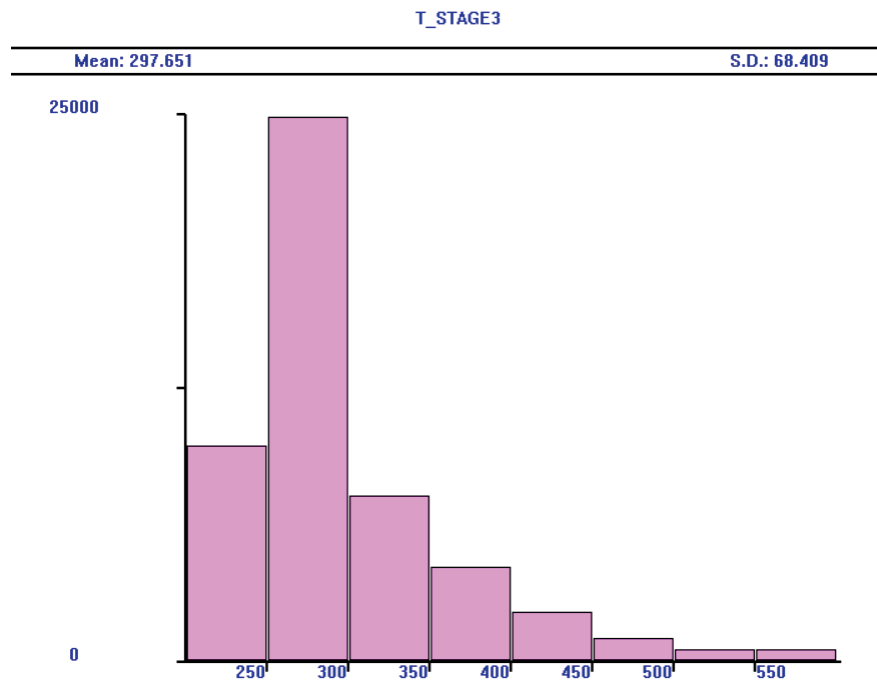


Рис. 5. Розподіл тривалості виконання процесу підготовки документів (етап 3) обслуговування доставки швидкокопсувних вантажів за наявності помилок

За звітами, отриманими в результаті моделювання роботи підприємства при обслуговуванні замовників, визначено основні показники та розраховано тривалість простою в чергах на обслуговування до кожного з фахівців, які наведено в табл. 2.

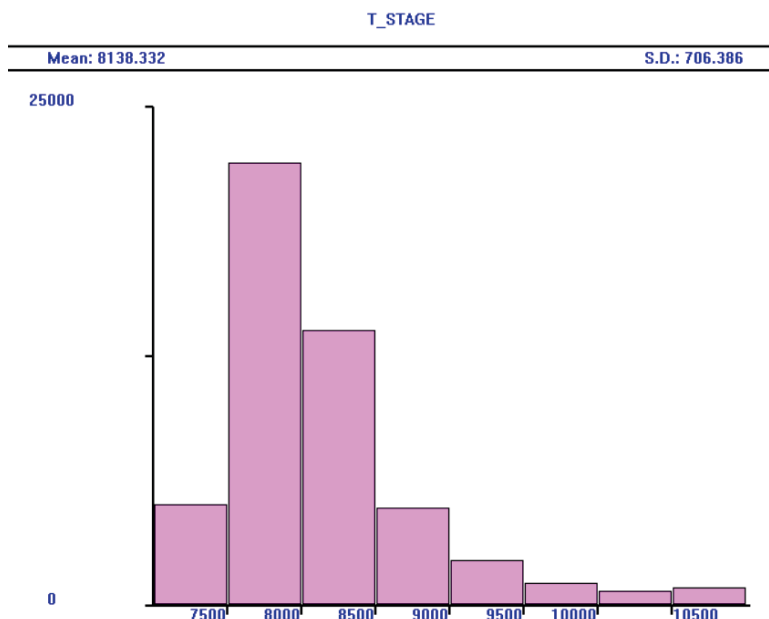


Рис. 6. Розподіл тривалості виконання обслуговування доставки швидкокопсувних вантажів (етап 1 – етап 6) за наявності помилок

Таблиця 2

Результати моделювання доставки швидкокопсувних вантажів за наявності помилок та без помилок у роботі фахівців транспортного підприємства

Виконавець	Наявність помилок						Без помилок					
	w_k , хв	η_k зам	v_k	n_k , фах	ψ_k	ρ_k , фах	w_k , хв	η_k зам	v_k	n_k , фах	ψ_k	ρ_k , фах
Менеджер з логістики	19	0,4	64,5	4	0,66	2,63	16	0,4	67,0	4	0,64	2,54
Логіст	22	0,4	63,4	3	0,53	1,58	19	0,4	65,1	3	0,51	1,53
Юрист	15	0,2	68,6	2	0,51	1,01	13	0,2	69,9	2	0,50	0,99
Водій	50	1,4	68,1	42	0,88	36,8	57	1,6	66,6	42	0,88	37,1
Вантажник	59	0,3	61,2	1	0,29	0,29	64	0,3	60,3	1	0,28	0,28
Механік	43	0,2	72,3	1	1,14	0,14	49	0,2	70,8	1	1,14	0,14
Бухгалтер	33	0,3	72,7	2	0,35	0,71	36	0,3	72,1	2	0,35	0,70

Отримані в табл. 2 результати відображають часові характеристики виконання усіх видів робіт, необхідних для доставки швидкокопсувних вантажів. Це дозволить як замовнику, так і фахівцям транспортного підприємства, здійснювати планування виробничих процесів. Результати досліджень, які наведені в табл. 2, дають можливість оцінити ефективність роботи різних фахівців транспортного підприємства. Результати моделювання дозволять власникам транспортних підприємств та їх фахівцям здійснювати організаційно-управлінські заходи щодо кадрової політики та матеріально-технічного забезпечення з урахуванням специфіки надання послуг.

Проте, слід зазначити, що на показники роботи окремих фахівців суттєвий вплив має ефективність їх співпраці з іншими приватними чи державними організаціями, які залучаються до процесу доставки товару у міжнародному сполученні.

Розроблена ІМ дозволяє визначати вплив безпомилкової роботи фахівців на ефективність роботи транспортного підприємства при перевезенні швидкокопсувних вантажів. Графічне представлення результатів моделювання тривалості виконання обслуговування доставки швидкокопсувних вантажів представлено на рис. 7.

Оцінка середнього часу простою в черзі до менеджера при доставці на маршруті Київ-Варшава швидкокопсувних вантажів показала, що безпомилкова робота менеджера з логістики дає можливість скоротити цей час на 15%, безпомилкова робота логіста або юриста – на 13,4%. Наявність помилок інших фахівців суттєво не впливає на цей показник.

Позитивний вплив безпомилкова робота менеджерів з логістики, логістів та юристів має на частку заявок, які обслуговували без простою в черзі до менеджера. У менеджерів з логістики вона збільшилася на 3,88%, логістів – на 2,68%, а юристів – на 1,9%.

Відсутність помилок у роботі дозволяє оптимізувати кількість співробітників підприємства. Так, при безпомилкова робота фахівців на маршруті Київ-Варшава дозволяє скоротити кількість менеджерів з логістики на

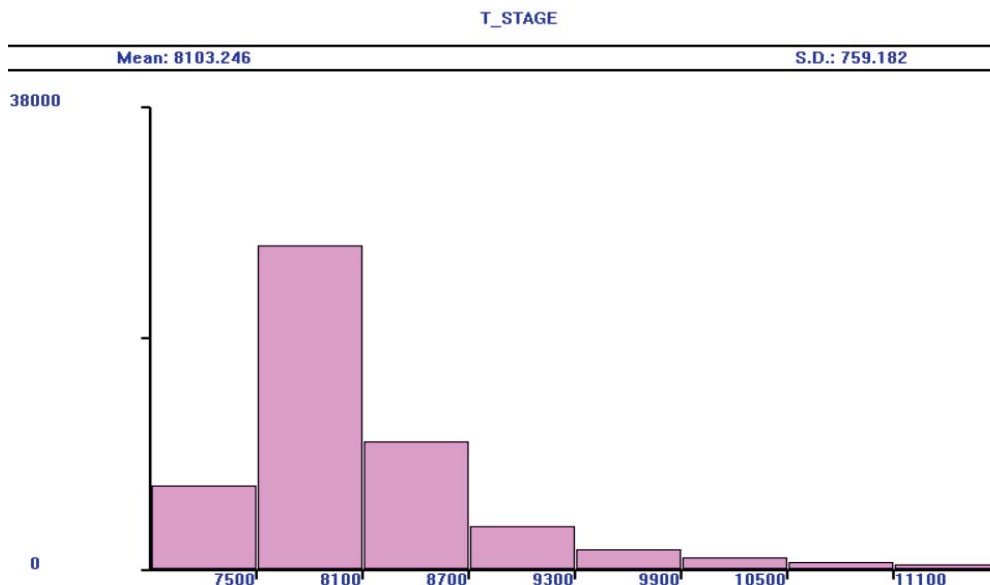


Рис. 7. Розподіл тривалості виконання обслуговування доставки швидкокопсувних вантажів (етап 1 – етап 6) за відсутності помилок

3,4%, логістів – на 3,16%, юристів – на 1,98%, бухгалтерів – на 1,41%, а вантажників – на 3,45%. При цьому коефіцієнт завантаження менеджерів з логістики зменшиться на 3,03%, логістів – на 3,77%, юристів – на 1,96%. Завантаженість інших фахівців не змінюється. За умови скорочення потреби у фахівцях за окремими напрямками діяльності керівництво підприємства може розглядати декілька стратегій управління персоналом, серед яких: перепрофілювання кадрів, що передбачає розширення переліку послуг організації і переведення працівників на нові посади; пошуки нових замовників; тимчасове скорочення робочих годин або перехід на змінний графік; часткова зайнятість замість повного звільнення.

Висновки

Отримані результати імітаційного моделювання функціонування транспортного підприємства забезпечують можливість визначення раціональної чисельності персоналу за професійно-кваліфікаційними групами з урахуванням специфіки перевезень швидкокопсувних вантажів.

Коригування рівня зайнятості персоналу здійснюється з урахуванням ймовірності виникнення технологічних відхилень, зокрема затримок у виконанні операцій та помилок у процесі організації перевезень. Запропонована імітаційна модель дозволяє оцінювати ефективність діяльності персоналу транспортного підприємства як за умов стабільного дотримання технології перевезення, так і за наявності збоїв у виконанні функціональних обов'язків. Модель враховує структуру транспортного процесу міжнародного автомобільного сполучення, що дає змогу визначати оптимальну чисельність працівників за функціональними напрямками відповідно до інтенсивності надходження заявок та технічних можливостей рефрижераторного рухомого складу.

Суттєвою перевагою проведеного дослідження є можливість комплексної оцінки ефективності персоналу при організації перевезень швидкокопсувних вантажів із різними вимогами до температурного режиму, а також визначення категорій працівників зі стабільною потребою незалежно від умов функціонування транспортного процесу. При цьому тривалість транспортного циклу є мінімальною за умов відсутності технологічних помилок, що пояснюється своєчасним виконанням операцій та відсутністю додаткових витрат часу на усунення відхилень у процесі перевезення.

Напрямки подальших досліджень

Подальший розвиток даного дослідження має значний науково-практичний потенціал і може бути спрямований на розширення його змісту за такими напрямками:

- удосконалення методичних підходів до визначення показників ефективності функціонування ТП, що спеціалізується на перевезенні різних видів вантажів;
- розробка імітаційної моделі вибору оптимального маршруту перевезення різних видів вантажів у змішаному сполученні;
- розробка імітаційної моделі організації діяльності ТП, у структурі якого експлуатуються різні типи рухомого складу.

Список використаної літератури

1. Куршиташвілі, Нато; Лунгу, Олена; Хофтіхзер, Марго; Важненко, Анна; Беспалов, Дмитро; Мирошниченко, Оксана; Ганушевич, Інна. 2025 р. На шляху до відновлення: подолання дефіциту кадрів у транспортній сфері України © Світовий банк. *Documents & Reports - All Documents | The World Bank*. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099121325144524074/pdf/P170406-f9b99400-6c05-4825-bb22-51858a5a3b72.pdf> (дата звернення: 27.04.2026).
2. Блинов В., Череп О. Логістика під час війни та проблеми з якими зтикаються перевізники. *Сталий розвиток економіки*. 2025. № 1 (52). С. 204–209. URL: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-52-28> (дата звернення: 27.04.2026).
3. Optimization of international road transportation of cargoes in the management of enterprises of agricultural sector and road transport enterprises / L. Volynets et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 6, no. 3 (114). P. 57–63. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.248191> (date of access: 30.01.2026).
4. Богомолова Н. І. Організаційно-економічні умови управління системою доставки швидкопсувної продукції. *Ефективна економіка*. 2020. № 2. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.2.10> (дата звернення: 27.04.2026).
5. Харченко О. І., Сакаль О. М., Карапиш А. С. Оптимізація розподілу рухомого складу при перевезеннях вантажів автомобільним транспортом. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2023. №26. С. 92–98. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2023/293359> (дата звернення: 30.01.2026).
6. Anufriyeva T., Matsiuk V., Shramenko N., Ilchenko N., Pryimuk O., Lebid V. Construction of a simulation model for the transportation of perishable goods along variable routes // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 2, № 4 (122). С. 42–51. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277948>. (date of access: 30.01.2026).
7. Myroniuk O., Paslavskiy R., Sukach O., Shevchuk V. Assessment of refrigerator vehicles suitability for the transportation of perishable goods // *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agroengineering Research*. 2024. Vol. 28. URL: <https://doi.org/10.31734/agroengineering2024.28.202>. (date of access: 30.01.2026).
8. Ковцур К.Г., Птиця Н.В., Пономарьов Д.А. Підвищення ефективності системи постачання швидкопсувних вантажів в напрямку республіка Польща-Україна в сучасних умовах. *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць*. 2024. Т. 4, № 78. С. 27–30. URL: <https://doi.org/10.26906/sunz.2024.4.027> (дата звернення: 30.01.2026).
9. Павленко О.В., Музильов Д.В. Стабільна модель функціонування логістики для постачання швидкопсувних продуктів маршрутами УКРАЇНА – ПОЛЬЩА. *Комунальне господарство міст.*, 2023. Т. 1, № 175. С. 237–242. URL: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-1-175-237-242> (дата звернення: 27.04.2026).
10. Лебідь Є. М., Лебідь І. Г., Лужанська Н. О. Моделювання діяльності транспортно-експедиторського підприємства при виконанні міжнародних автомобільних перевезень // *Транспортні системи та технології перевезень*. 2023. № 26. С. 76–84. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2023/293357>. (дата звернення: 25.02.2026).
11. Прокудін Г. С., Петренко О. В., Іванов С. П. Імітаційне моделювання доставки вантажів автомобільним перевізником: приклад транспортної компанії // *Науковий вісник НГУ*. 2022. № 2. С. 118–123. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-2/118>. (дата звернення: 25.02.2026).
12. Modeling of motor vehicles in inter-local transportation of cargoes interaction / G. Prokudin et al. *Journal of Mechanical Engineering and Transport*. 2019. Vol. 10, no. 2. P. 95–101. URL: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-95-101> (date of access: 30.01.2026).

References

1. Kurshytashvili, N., Lunhu, O., Khofftikhzer, M., Vazhnenko, A., Bepalov, D., Myroshnychenko, O., & Hanushevych, I. (2025). *Na shliakhu do vidnovlennia: podolannia defitsytu kadriv u transportnii sferi Ukrainy* [On the Road to Recovery: Overcoming the Personnel Shortage in Ukraine's Transport Sector]. World Bank. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099121325144524074/pdf/P170406-f9b99400-6c05-4825-bb22-51858a5a3b72.pdf> (date of access: 27.04.2026).
2. Blynov, V., Cherep, O. Logistics during the war and the problems faced by carriers. *Sustainable Development of Economy*, (1 (52), 204-209. URL: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-52-28> (date of access: 27.04.2026).
3. Optimization of international road transportation of cargoes in the management of enterprises of agricultural sector and road transport enterprises / L. Volynets et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 6, no. 3 (114). P. 57–63. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.248191> (date of access: 30.01.2026).
4. Bohomolova N. Organizational and economic conditions for managing the perishable goods delivery system. *Efektivna ekonomika*. 2020. No. 2. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.2.10> (date of access: 27.04.2026).
5. O. Kharchenko, O. Sakal, A. Karapysh. Optimization of the distribution of rolling stock during the transportation of goods by road transport. *Transport systems and transportation technologies*. 2023 №26. P. 92–98. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2023/293359> (date of access: 30.01.2026)

6. Anufriyeva T., Matsiuk V., Shramenko N., Ilchenko N., Pryimuk O., Lebid V. Construction of a simulation model for the transportation of perishable goods along variable routes // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 2, № 4 (122). P. 42–51. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277948>. (date of access: 30.01.2026).
7. Myroniuk O., Paslavskiy R., Sukach O., Shevchuk V. Assessment of refrigerator vehicles suitability for the transportation of perishable goods // *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agroengineering Research*. 2024. Vol. 28. URL: <https://doi.org/10.31734/agroengineering2024.28.202>. (date of access: 30.01.2026).
8. Kateryna Kovtsur, Natalia Ptytsia, Daniil Ponomarev. Improving the efficiency of the perishable goods supply system in the direction of the republic of Poland - Ukraine in the current conditions. *Control, Navigation and Communication Systems. Collection of Scientific Papers*. 2024. T. 4, № 78. P. 27–30. URL: <https://doi.org/10.26906/sunz.2024.4.027> (date of access: 30.01.2026).
9. Pavlenko O., Muzylyov D. Sustainable model of functioning logistics for perishable goods supply through Ukrainian–Poland routes. (2023). *Municipal Economy of Cities*, 1(175), 237-242. URL: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-1-175-237-242> (date of access: 27.04.2026).
10. Lebid, I., Lebid I., & Luzhanska, N. (2023). Modeling the activity of a transport and forwarding enterprise when performing international road transportation. *Transport Systems and Transportation Technologies*. 2023. № 26. P. 76–84. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2023/293357>. (date of access: 25.02.2026).
11. Prokudin, H., Petrenko, O., & Ivanov, S. Simulation modeling of cargo delivery by a road carrier: a case study of a transport company. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2022. № 2. P. 118–123. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-2/118>. (date of access: 25.02.2026).
12. Modeling of motor vehicles in inter-local transportation of cargoes interaction / G. Prokudin et al. *Journal of Mechanical Engineering and Transport*. 2019. Vol. 10, no. 2. P. 95–101. URL: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-95-101> (date of access: 30.01.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 09.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026