

УДК 656.135.073

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.6.1/41>**Лебідь Є.М.**

Національний транспортний університет

Мазуренко О.О.

Український державний університет науки і технологій

Лебідь І.Г.

Національний транспортний університет

Лужанська Н.О.

Національний транспортний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА ПРИ ПЛАНУВАННІ ЛОГІСТИЧНОГО ЛАНЦЮГА

Процес планування логістичного ланцюга передбачає залучення до виконання зовнішньоторговельної операції суб'єктів господарювання, які здатні забезпечити високий рівень якості обслуговування. Суттєвий вплив на ефективність функціонування логістичного ланцюга при доставці товару у міжнародному сполученні мають транспортні підприємства. Тому, важливим етапом у організації експорту товару є вибір перевізника, що здатний задовольнити потреби замовника за певними критеріями. У якості таких критеріїв, як правило, виступають тривалість та вартість доставки вантажу, а також якість обслуговування. Показники роботи транспортного підприємства відрізняються в залежності від наявного кадрового та матеріально-технічного забезпечення, а також виду вантажу, що потребує доставки. Відмінності у вимогах до перевезення генеральних, небезпечних та негабаритних вантажів зумовлюють виконання різного набору робіт, пов'язаних з технічним, технологічним та організаційним забезпеченням транспортного процесу. Відповідно, це впливає і на залучення, тривалість обслуговування та зайнятість окремих фахівців підприємства. Тому доцільним є розгляд питання щодо формування науково обґрунтованих рекомендацій для визначення раціональної чисельності персоналу та тривалості виконання транспортних послуг залежно від типу вантажу, який надано до перевезення. Це дозволить більш точно визначити тривалість виконання зовнішньоторговельної операції. Для досягнення цієї мети запропоновано застосування імітаційної моделі, яка створена за допомогою пакета автоматизації імітаційного моделювання GPSS World і забезпечує можливість оцінювання тривалості транспортного обслуговування та планування кадрового забезпечення відповідно до функціонального розподілу праці.

Під час формування моделі враховано тривалість виконання основних видів робіт, які здійснюються профільними фахівцями транспортного підприємства при перевезенні генеральних, небезпечних та негабаритних вантажів. Розроблена модель враховує ймовірне виникнення помилок та затримок на кожному з етапів обслуговування, а також середню тривалість таких затримок. Це дозволяє встановити необхідний додатковий час залучення відповідних фахівців для їх усунення та оперативної стабілізації процесу.

Практичне застосування запропонованої імітаційної моделі створює можливість для керівників транспортних підприємств більш ефективно організувати бізнес-процеси залежно від типу рухомого складу, що використовується для перевезення різних категорій вантажів. Дана модель сприяє визначенню оптимальної кількості залучених фахівців, які необхідні для забезпечення якісного та своєчасного транспортного обслуговування замовників при виконанні доставки товарів у міжнародному сполученні. Окрім цього, модель дозволяє визначити часову складову роботи транспортного підприємства як ланки логістичного ланцюга при виконанні зовнішньоторговельних операцій.

Ключові слова: транспортне підприємство, логістичний ланцюг, посередницькі послуги, міжнародне перевезення, товар.

© Лебідь Є.М., Мазуренко О.О., Лебідь І.Г., Лужанська Н.О., 2025

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Постановка проблеми. Ефективність реалізації зовнішньоторговельних операцій значною мірою визначається якістю організаційно-управлінських, технічних і технологічних заходів, що супроводжують логістичний процес транспортування товарів. Як одна з ключових ланок логістичного ланцюга, транспортне підприємство забезпечує безперервність переміщення матеріальних потоків, що потребує скоординованої роботи основного й допоміжного персоналу, здатного своєчасно та якісно здійснювати всі операції з транспортного обслуговування. Водночас сучасний ринок праці у сфері логістики та транспортних послуг характеризується дефіцитом кваліфікованих фахівців, що ускладнює формування ефективного кадрового забезпечення. Недостатній досвід або вузька спеціалізація персоналу може призвести до уповільнення логістичних процесів або виникнення помилок у обслуговуванні, що негативно впливає на репутацію підприємства як ланки логістичного ланцюга. У зв'язку з цим виникає потреба у застосуванні сучасних методичних та аналітичних підходів до управління персоналом у транспортно-логістичній діяльності.

Аналіз практичної діяльності транспортних підприємств показує, що обслуговування різних категорій вантажів характеризується відмінностями у логістичних параметрах як для виконавця, так і для замовника. Основні варіації виникають у сфері документального супроводу, підготовки рухомого складу та специфіки технологічних операцій. Компетентність управлінського персоналу відображається в здатності оперативно обробляти запити замовників, забезпечуючи мінімальні відхилення у тривалості виконання логістичних операцій та дотримання стандартів якості. В свою чергу, ефективність допоміжних процесів визначається достатністю кадрового складу, необхідного для забезпечення своєчасного виконання супутніх робіт.

З позиції замовників, взаємодія з транспортним підприємством як ланкою логістичного ланцюга ґрунтується на дотриманні технологічних вимог перевезення, оперативності надання послуг та оптимального співвідношення їх вартості й якості. Формування довготривалих партнерських відносин безпосередньо залежить від здатності перевізника забезпечити конкурентоспроможний рівень логістичного сервісу. У межах своєї діяльності транспортне підприємство самостійно визначає структуру кадрового складу, парк транспортних засобів та стратегічні напрями перевезень, що

дозволяє адаптувати логістичні процеси до потреб постійних замовників. Зміни у попиті на перевезення окремих категорій вантажів спричиняють необхідність застосування відповідних управлінських рішень щодо оптимізації кадрового та матеріально-технічного забезпечення підприємства.

Актуальність наукових досліджень у сфері організації роботи транспортних підприємств у конкурентному логістичному середовищі зумовлює потребу у застосуванні сучасних програмних ресурсів для моніторингу та аналізу показників ефективності обслуговування. Практичне застосування таких інструментів надасть можливість планувати діяльність транспортного підприємства з урахуванням попиту на перевезення окремих груп вантажів, тривалості логістичного циклу обслуговування та достатності кадрових ресурсів. Крім того, стане можливим обґрунтоване визначення необхідної кількості фахівців та транспортних засобів для забезпечення ефективного функціонування підприємства у складі логістичного ланцюга. Аналіз поточного стану підприємства дозволить ідентифікувати наявні недоліки та розробити заходи щодо підвищення результативності логістичного обслуговування в майбутніх періодах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові дослідження діяльності транспортних підприємств є досить актуальними в умовах зростання конкуренції на ринку та підвищення вимог замовників до якості надання транспортних послуг. Ключовими потребами для ефективної роботи суб'єктів господарювання є координація дій при виконанні внутрішніх процесів підприємства та організація взаємодії з іншими ланками логістичного ланцюга. В публікаціях [1, с.122, 2, с.3] відображено основні етапи і процеси, які відбуваються при доставці товару у міжнародному сполученні, а також вказано передумови для оптимізації показників ефективності роботи транспортних підприємств. Проте, виконання підготовчо-організаційних робіт, які виконуються фахівцями підприємства з урахуванням індивідуальних потреб замовника в працях не висвітлено. Питання оцінки якості обслуговування як основи роботи транспортного підприємства представлено у роботі [3, с.27], проте авторами не враховано яких змін будуть зазнавати окремі підприємства за умови виконання перевезень різних видів вантажів. В роботі [4, с.6] вказується, що управління якістю логістичних послуг є визначальним фактором для українських транспортних підприємств. Автор наголошує, що серед інших факторів, важливим є підвищення ефективності

персоналу та управління ризиками, що дозволяє забезпечити безперервність постачання й підтримувати конкурентоспроможність. Однак автор не наводить досліджень щодо роботи окремих транспортних підприємств при організації перевезень вантажів у міжнародному сполученні. Оскільки процес перевезення небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів характеризується суттєвими відмінностями у виконанні підготовчих робіт, потребує ретельного планування та дотримання вимог міжнародного транспортного і митного законодавства, тому доцільним є розробка і застосування імітаційних моделей, здатних дослідити усі необхідні процеси [5, с.2]. В роботі [6, с.543] авторами представлено комплексну модель ланцюга постачань, яка дозволяє врахувати складність прийняття певних рішень щодо процесу організації перевезень. Однак розроблена модель не дає можливості врахувати специфічні вимоги до перевезення окремого виду вантажу. У роботах [7, с.115, 8, с.23] досліджено основні бізнес-процеси, пов'язані з діяльністю транспортного підприємства та обґрунтовано вплив застосування моделювання транспортних процесів на ефективність прийняття управлінських рішень. В роботі [9, с.16] представлено імітаційну модель діяльності транспортного підприємства при організації міжнародних перевезень небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів. Модель враховує особливості виконання робіт для кожного типу вантажу та дає можливість оцінити кількісні й якісні показники роботи підприємства. Використання такого підходу у вивченні виробничих процесів сприяє оптимізації бізнес-процесів і підвищенню рівня обслуговування замовників у сфері міжнародних перевезень.

Постановка завдання. Метою статті застосування імітаційної моделі роботи транспортного підприємства для дослідження показників ефективності роботи суб'єкта господарювання при організації міжнародних перевезень небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів. Це дозволить:

- визначати ефективність роботи окремого транспортного підприємства як ланки логістичного ланцюга на основі дослідження часових характеристик роботи фахівців за профілем діяльності;

- формувати рекомендації для керівництва транспортних підприємств щодо підвищення ефективності обслуговування замовників під час організації перевезень небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів;

- здійснювати планування тривалості виконання організаційних процедур фахівцями транспортного підприємства залежно від типу вантажу, що підлягає транспортуванню;

- визначати необхідну штатну чисельність працівників транспортного підприємства, які забезпечуватимуть організацію перевезень небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів.

Для забезпечення ефективного функціонування транспортного підприємства керівництву, насамперед, необхідно планувати чисельність і завантаженість управлінського персоналу з урахуванням параметрів автопарку, кількості заявок на перевезення кожного виду вантажу, тривалості виконання окремих етапів обслуговування, імовірності виникнення помилок і затримок на відповідних етапах, а також середньої тривалості затримок у разі появи таких відхилень. Ці аспекти мають суттєвий вплив на прийняття рішення стейкхолдерами щодо залучення окремого підприємства як ланки логістичного ланцюга. На основі імітаційної моделі визначення основних характеристик діяльності підприємства дозволить мінімізувати ризики, які можуть виникнути при співпраці з транспортним підприємством на різних етапах зовнішньоторговельної операції.

Виклад основного матеріалу. Дослідження функціонування транспортного підприємства здійснюється за умови організації міжнародних перевезень небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів. З метою проведення більш детального аналізу впливу показників роботи. Для глибшого вивчення впливу показників роботи підприємства на результативність логістичного ланцюга розглянуто два варіанти обслуговування: за наявності помилок у процесі роботи та при їх відсутності.

Процес надання послуг здійснюється за такими основними етапами: прийняття заявки від замовника; підготовка до перевезення; оформлення документів; перший етап перевезення; завершення перевезення у пункті призначення; повернення автотранспортного засобу (АТЗ) на транспортне підприємство та фінальний документообіг. Кожен з досліджуваних етапів характеризується: тривалістю виконання окремого етапу обслуговування; імовірністю виникнення помилок на етапі; імовірністю виникнення затримок на етапі; середнім часом затримки при виникненні помилок.

Перед керівництвом підприємства постає питання планування кадрового забезпечення підприємства, здатного організувати транспортне

обслуговування у найкоротші терміни за відсутності помилок та затримок на усіх етапах, а також з мінімальними відмовами у наданні послуг через зайнятість фахівців або відсутності вільних транспортних засобів. Ці характеристики дозволять стейкхолдерам визначати доцільність співпраці з тим чи іншим транспортним підприємством при формуванні логістичного ланцюга.

В якості прикладу розглянуто виконання міжнародного рейсу на маршруті Київ-Лодзь для всіх варіантів досліджень, оскільки необхідно відобразити саме зайнятість менеджерів у організаційних заходах.

Вхідними параметрами моделі роботи транспортного підприємства є:

- інтенсивність надходження замовлень перевізником при виконанні доставки небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів λ_i зам/міс;
- оцінка середнього часу виконання i -ї роботи W_i на кожному етапі обслуговування при виконанні доставки небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів $m_{ij} \pm \sigma_{ij}$, хв.;
- кількість фахівців транспортного підприємства, необхідних для організації перевезень небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів M_{ij} ;
- кількість транспортних засобів, що є на балансі підприємства для виконання доставки небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів V_j .

Результатом моделювання є отримання наступних основних показників:

- середній час обслуговування t_j , хв.;
- середній час простою в черзі до менеджера b_m , хв.;
- середня довжина черги до менеджера, l_m , замовлень;
- частка заявок, що обслужені без простою в черзі к менеджеру, v_m %;
- кількість менеджерів для обслуговування окремого потоку заявок, n_m ;
- коефіцієнт завантаження менеджерів, ψ_m ;
- середня кількість зайнятих менеджерів, ρ_m ;
- імовірність відмови в обслуговуванні, u_m ;
- пропускна спроможність, P_m , замовлень / міс.

Обмеження імітаційної моделі пов'язані з умовами, що накладаються на вхідний потік заявок при виконанні доставки небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів (припускається, що він є найпростішим, тобто відсутні термінові заявки), а також відсутні явища, що змінюють закономірності часу обслуговування (відмови і збої устаткування і т. п.). Імітаційна модель транспортного підприємства (ІМТП), яка реалізована в пакеті автоматизації імітаційного моделювання

GPSS World [10], побудована з використанням теорії масового обслуговування.

Перевірка адекватності ІМТП, тобто відповідності реальному транспортному підприємству, проводилась для випадку, коли можна визначити значення відгуків системи під час натурних випробувань. Для цього було виконано перевірку гіпотези про близькість середніх значень кожного відгуку моделі \bar{Y} відомим середнім значенням відгуку реального об'єкту Y_i^* . На реальному об'єкті було виконано $N_1=5$ дослідів та сформовано вибірку значень $\{Y_i^*\}$, $i=\overline{1,5}$. За допомогою ІМТП проведено $N_2=5$ дослідів, а на основі відгуків моделі отримано вибірку значень $\{Y_i\}$; $i=\overline{1,5}$. Результати натурних і модельних експериментів представлені в табл. 1.

Основою перевірки гіпотези є різниця $E_n = (\bar{Y}_n - \bar{Y}_{Q_n}^*)$, оцінкою дисперсії якої буде:

$$D_{an} = \frac{(N_1 - 1)D_n + (N_2 - 1)D_n^*}{N_1 + N_2 - 2}. \quad (1)$$

Розраховані оцінки дисперсії D_{an} наведено в табл. 1.

Величини E_n і D_{an} є незалежними статистиками, тому можна використовувати t -статистику:

$$t_n = \left(\bar{Y}_n - \bar{Y}_{Q_n}^* \right) \sqrt{\frac{N_1 N_2}{D_{an} (N_1 + N_2)}}. \quad (2)$$

При кількості ступенів свободи $v=N_1+N_2-2=8$ і рівні значущості $\alpha=0,05$ згідно таблиць розподілу Стюдента визначено критичне значення ($t_{кр}=1,85$). На основі порівняння кожного з розрахованих значень t -статистики в табл. 1 з $t_{кр}$ ($t_n \leq t_{кр}$), гіпотеза про близькість середніх значень відгуків моделі і реального об'єкту приймається. Таким чином, можна говорити про адекватність ІМТП реальному об'єкту.

У дослідженні було виконано моделювання процесу надання транспортних послуг з організації міжнародних перевезень небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів за маршрутом Київ-Лодзь. Результати моделювання роботи транспортного підприємства за наявності помилок в обслуговуванні та без допущення помилок з урахуванням руху АТЗ з вантажем та без вантажу наведено у таблиці 2.

За звітами, отриманими в результаті моделювання роботи підприємства при обслуговуванні замовників, визначені основні показники та розраховано тривалість простою в чергах на обслуговування, які наведено в табл. 3–6.

Результати імітаційного моделювання дають змогу формувати обґрунтовані рекомендації для конкретного транспортного підприємства з ура-

Перевірка адекватності імітаційної моделі транспортного підприємства

Відгуки	Значення складових вибірки					\bar{Y}_n, \bar{V}_n	\bar{D}_n, \bar{D}_n^*	D_{an}	t_n
	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5				
t_{1j}	598	566	493	573	588	563	1540	2501,6	0,779
t_{1j}^*	650	543	504	599	638	587	3464		
t_{2j}	880	756	842	900	885	853	3022	3517,0	1,156
t_{2j}^*	918	795	857	958	941	894	4012		
t_{3j}	619	778	655	685	747	697	3803	6104,1	0,642
t_{3j}^*	538	767	728	594	709	667	8405		
t_{4j}	4950	5869	4609	5107	6162	5339	378647	710392,9	0,963
t_{4j}^*	3920	6160	4043	5891	4256	4854	1042138		
t_{5j}	562	532	544	676	756	614	8555	7594,2	0,898
t_{5j}^*	599	637	581	692	795	661	6633		
t_{6j}	12897	12867	17315	13944	12992	14003	3239162	23123709,3	0,872
t_{6j}^*	12174	11536	20608	12096	1064	11496	43008258		
b_{1j}	291	298	276	263	237	273	518	755,9	1,431
b_{1j}^*	302	325	319	296	241	297	994		
b_{2j}	47	59	55	74	60	59	86	153,7	0,967
b_{2j}^*	62	63	45	86	76	66	221		
b_{3j}	62	76	87	63	92	76	170	109,2	0,753
b_{3j}^*	77	59	72	71	77	71	48		

Таблиця 2

Визначення середнього часу доставки різних типів вантажів за маршрутом Київ-Лодзь

№ етапу	Назва етапу обслуговування	Середня тривалість обслуговування, хв.					
		небезпечні вантажі		негабаритні вантажі		генеральні вантажі	
		помилки наявні	помилки відсутні	помилки наявні	помилки відсутні	помилки наявні	помилки відсутні
1	Прийняття заявки від замовника, t_{11}	598	585	305	290	280	270
2	Підготовка до перевезення, t_{12}	880	796	1036	928	408	392
3	Оформлення документів, t_{13}	619	582	482	428	398	367
4	Перший етап перевезення, t_{14}	4950	4962	5625	5578	4011	3992
5	Завершення перевезення у пункті призначення, t_{15}	338	345	585	558	269	255
6	Повернення АТЗ на транспортне підприємство та фінальний документообіг, t_{16}	12897	12892	17480	17454	8962	8779
1-6	Тривалість доставки вантажів, t_1	20283	20162	25511	25236	14327	14055

Таблиця 3

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

Виконавець	Наявність помилок						Без помилок					
	b_m	η_m	v_m	n_m	ψ_m	ρ_m	b_m	η_m	v_m	n_m	ψ_m	ρ_m
Менеджер з логістики	291	3,37	35,1	2	0,84	1,68	290	3,37	35,6	2	0,83	1,66
Логіст	47	0,18	84,2	2	0,49	0,99	41	0,17	83,8	2	0,47	0,93
Юрист	62	0,36	82,9	3	0,62	1,83	50	0,29	77,1	3	0,57	1,72
Водій	231	1,33	62,8	48	0,83	35,62	244	1,42	76,4	48	0,83	35,84
АТЗ	231	1,33	62,8	34	1,01	30,35	244	1,42	76,4	34	1,02	30,46
Вантажник	26	0,06	106,6	1	0,28	0,28	26	0,06	83,3	1	0,28	0,28
Механік	0	0,00	112	1	0,13	0,13	0	0,00	112	1	0,13	0,13
Бухгалтер	116	0,45	55,1	1	0,54	0,54	114	0,45	55,4	1	0,53	0,53

Таблиця 4

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

Виконавець	Наявність помилок						Без помилок					
	b_m	η_m	v_m	n_m	ψ_m	ρ_m	b_m	η_m	v_m	n_m	ψ_m	ρ_m
Менеджер з логістики	53	0,24	79,7	2	0,48	0,95	53	0,24	80,4	2	0,47	0,95
Логіст	25	0,04	94,2	2	0,35	0,69	19	0,04	96,4	2	0,32	0,69
Юрист	92	0,31	72,2	2	0,57	1,13	63	0,31	72,7	2	0,52	1,13
Водій	476	1,60	58,7	39	0,81	28,22	452	1,52	60,3	39	0,81	28,22
АТЗ	476	1,60	58,7	26	1,06	24,30	452	1,52	60,3	26	1,05	24,30
Вантажник	7	0,01	100,6	1	0,16	0,16	6	0,01	101,5	1	0,16	0,16
Механік	2	0,01	105	1	0,16	0,16	2	0,01	104	1	0,16	0,16
Бухгалтер	0	0,00	112,0	1	0,06	0,06	0	0,00	112,0	1	0,03	0,06

Таблиця 5

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

Виконавець	Наявність помилок						Без помилок					
	b_m	η_m	v_m	n_m	ψ_m	ρ_m	b_m	η_m	v_m	n_m	ψ_m	ρ_m
Менеджер з логістики	34	0,92	62,0	4	0,77	3,09	32	0,91	63,1	4	0,76	3,06
Логіст	26	0,25	75,5	2	0,56	1,13	25	0,22	77,6	2	0,55	1,10
Юрист	82	0,37	43,8	1	0,66	0,66	66	0,30	48,6	1	0,63	0,63
Водій	85	1,56	70,4	68	1,05	64,29	81	1,48	71,5	68	1,05	64,06
АТЗ	85	1,56	70,4	60	1,04	56,34	81	1,48	71,5	60	1,04	56,11
Вантажник	38	0,17	55,3	1	0,65	0,65	35	0,16	58,8	1	0,63	0,63
Механік	26	0,24	57	1	0,64	0,64	25	0,22	59	1	0,63	0,63
Бухгалтер	120	1,09	52,0	2	0,71	1,40	120	1,10	52,4	2	0,69	1,40

Таблиця 6

Показники моделювання доставки небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів за наявності та відсутності помилок в обслуговуванні

Показники	Небезпечні		Негабаритні		Генеральні	
	Наявність помилок	Відсутність помилок	Наявність помилок	Відсутність помилок	Наявність помилок	Відсутність помилок
імовірність відмови в обслуговуванні, y_m	0,20	0,16	0,18	0,17	0,18	0,17
пропускна спроможність, P_m	24,9	26,0	15,2	15,5	61,2	61,9

хуванням спеціалізації наявного рухомого складу та структури кадрового забезпечення за функціональними напрямками. Це створює передумови для оптимізації поточного функціонування підприємства як логістичної ланки та забезпечує можливість стратегічного планування кадрового й матеріально-технічного забезпечення на майбутні періоди. Крім того, дана ІМТП дозволяє досліджувати процес перевезення різних типів вантажів, враховуючи технологічну послідовність виконання усіх етапів транспортно-логістичного обслуговування.

Висновки. Отримані результати моделювання роботи транспортного підприємства забезпечують можливість визначення необхідної чисель-

ності персоналу за професійними категоріями. На основі кількісного та якісного складу рухомого парку за видами спеціалізації стає можливим визначення тривалості виконання підготовчо-організаційних та основних логістичних операцій з доставки вантажів у міжнародному сполученні. Відповідне коригування зайнятості працівників здійснюється з урахуванням імовірності виникнення помилок або їх відсутності на різних етапах логістичного процесу.

Розроблена імітаційна модель забезпечує можливість оцінки показників ефективності персоналу транспортного підприємства як за умов коректного виконання функціональних обов'язків, так

і в ситуаціях, коли виникають помилки у їх роботі. Модель враховує структуру логістичного ланцюга, дозволяючи визначати оптимальну кількість працівників за функціональними напрямками, необхідними для обслуговування потоку замовлень на перевезення різних видів вантажів відповідно до можливостей парку АТЗ. Суттєвою перевагою проведеного дослідження є можливість оцінки ефективності діяльності персоналу при організації перевезень небезпечних, негабаритних та генеральних вантажів, а також визначення категорій працівників, чисельність яких залишається сталою за різних умов функціонування логістичного

ланцюга. Водночас підвищення якості логістичного обслуговування може сприяти оптимізації окремих груп персоналу. Отримані характеристики функціонування транспортного підприємства в межах логістичного ланцюга свідчать про значну варіативність показників роботи персоналу залежно від спеціалізації рухомого складу та рівня кваліфікації фахівців. При цьому тривалість логістичного обслуговування є меншою за умови відсутності помилок у роботі персоналу, що пояснюється як своєчасним виконанням посадових обов'язків, так і зниженням потреби в усуненні помилок, допущених іншими фахівцями.

Список літератури:

1. Łukasik Z., Kuśmińska-Fijałkowska A., Olszańska S. The impact of the organisation of transport processes on the efficient use of a fleet of vehicles. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2021. Vol. 110. P. 87–95. URL: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2021.110.7> (date of access: 22.11.2025).
2. Ковальова М. Транспортне забезпечення зовнішньоторговельних операцій: принципи та критерії вибору. *Економіка та суспільство*. 2022. № 38. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-38-42> (дата звернення: 22.11.2025).
3. Formation of the conditions for the effective functioning of the transportation system of the road transport enterprise / Т. Volobuyeva et al. *Journal of Mechanical Engineering and Transport*. 2024. Vol. 19, no. 1. P. 21–28. URL: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2024-19-1-21-28> (дата звернення: 22.11.2025).
4. Льченко Т. Управління якістю логістичних послуг підприємства. *Економіка та суспільство*. 2025. № 72. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-72-55> (дата звернення: 22.11.2025).
5. Agent-Based Risk Analysis Model for Road Transportation of Dangerous Goods / Н. Kanj et al. *Results in Engineering*. 2025. P. 103944. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.103944> (date of access: 22.11.2025).
6. Manuj I., Sahin F. A model of supply chain and supply chain decision-making complexity. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2011. Vol. 41, no. 5. P. 511–549. URL: <https://doi.org/10.1108/09600031111138844> (date of access: 22.11.2025).
7. Popa C. The analysis of freight forwarding services using the business process modelling tools. *Scientific Bulletin of Naval Academy*. 2022. Vol. XXV, no. 2. P. 110–116. URL: <https://doi.org/10.21279/1454-864x-22-i2-011> (date of access: 22.11.2025).
8. Vorkut T., Volynets L. Devising a method for assessing the efficiency in managing logistics operations of motor transport enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 6, no. 3 (132). P. 17–24. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.317567> (date of access: 22.11.2025).
9. Development of a simulation model of the activities of a transport and forwarding enterprise in the organization of international road cargo transportation / I. Lebid et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 6, no. 3 (126). P. 6–17. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.291039> (date of access: 22.11.2025).
10. GPSS World Reference Manual. URL: https://athena.ecs.csus.edu/~mitchell/csc148/gpssW/Reference%20Manual/reference_manual.htm (date of access: 23.11.2025).

Lebid Ie.M., Mazurenko O.O., Lebid I.H., Luzhanska N.O. APPLICATION OF A SIMULATION MODEL OF A TRANSPORT ENTERPRISE IN LOGISTICS CHAIN PLANNING

The process of planning a logistics chain involves engaging business entities capable of providing a high level of service quality in the execution of foreign trade operations. Transport enterprises have a significant impact on the efficiency of the logistics chain during international cargo delivery. Therefore, an important stage in the organization of export operations is the selection of a carrier capable of meeting customer requirements according to specific criteria. Such criteria typically include the duration and cost of cargo delivery, as well as the quality of service. The performance indicators of a transport enterprise vary depending on the available human and technical resources, as well as the type of cargo requiring transportation. Differences in the requirements for the transportation of general, hazardous, and oversized cargo necessitate performing various tasks related to the technical, technological, and organizational support of the transport process. Accordingly, this affects the involvement, service duration, and workload of individual specialists at the

enterprise. Therefore, it is reasonable to consider the development of scientifically grounded recommendations for determining the optimal number of personnel and the duration of transportation services depending on the type of cargo being transported. This will make it possible to determine more accurately the duration of the foreign trade operation. To achieve this goal, it is proposed to use a simulation model created with the GPSS World simulation modeling automation package, which provides the ability to estimate the duration of transport services and plan staffing in accordance with the functional distribution of labor.

When developing the model, the duration of the main operations performed by specialized personnel of the transport enterprise during the transportation of general, hazardous, and oversized cargo was taken into account. The model also considers the probability of errors and delays at each stage of service, as well as the average duration of such delays. This makes it possible to determine the additional time required for engaging the relevant specialists to eliminate these issues and promptly stabilize the process.

The practical application of the proposed simulation model enables managers of transport enterprises to organize business processes more efficiently, depending on the type of rolling stock used for transporting different categories of cargo. This model helps determine the optimal number of specialists needed to provide high-quality and timely transport services to customers during international cargo delivery. In addition, the model makes it possible to determine the time component of the transport enterprise's operations as a link in the logistics chain when performing foreign trade operations.

Key words: *transport enterprise, logistics chain, intermediary services, international transportation, cargo.*

Дата надходження статті: 23.11.2025

Дата прийняття статті: 10.12.2025

Опубліковано: 30.12.2025