

УДК 656.135

Є. М. ЛЕБІДЬ<sup>1\*</sup>, І. Г. ЛЕБІДЬ<sup>2\*</sup>, Н. О. ЛУЖАНСЬКА<sup>3\*</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра «Транспортне право та логістика», Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010, Україна, тел. +38 (073) 017 71 67, E-mail: eugene.lebed@gmail.com, ORCID 0000-0003-1794-8060

<sup>2\*</sup> Кафедра «Міжнародні перевезення та митний контроль», Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010, Україна, тел. +38 (068) 123 87 33, E-mail: i.h.lebed@gmail.com, ORCID 0000-0003-0707-4179

<sup>3\*</sup> Кафедра «Міжнародні перевезення та митний контроль», Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010, Україна, тел. +38 (098) 811 43 89, E-mail: Natali.Luzhanska@gmail.com, ORCID 0000-0002-1271-8728

## МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА ПРИ ВИКОНАННІ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

**Анотація.** Метою роботи є удосконалення діяльності транспортно-експедиторського підприємства при організації доставки товарів автомобільним транспортом у міжнародному сполученні. Досліджено процес взаємодії експедиторів з замовниками послуг з урахуванням їх індивідуальних характеристик як суб'єктів господарювання та вимог до обслуговування. Запропонована розробка дозволить керівникам транспортно-експедиторських підприємств планувати кадрове забезпечення підприємства з урахуванням тривалості обслуговування різних категорій замовників. **Методика.** Визначення тривалості та надійності транспортно-експедиторського обслуговування замовників при організації міжнародних перевезень виконувалась на основі імітаційної моделі, розробленої в програмному середовищі GPSS. **Результати.** Показники роботи транспортно-експедиторських підприємств залежить від ефективності організації праці фахівці всередині підприємства, їх взаємодії з замовниками та залученими посередницькими організаціями. Штатна чисельність експедиторів повинна плануватися керівництвом підприємства з урахуванням потоку замовлень на обслуговування. Враховуючи основні етапи транспортно-експедиторського обслуговування замовників та тривалість їх виконання, за допомогою розробленої імітаційної моделі стає можливим визначити наступні показники: середній час обслуговування; середній час простою в черзі; середню довжину черги; частку заявок, що обслужені без простою в черзі; імовірність відмови в обслуговуванні, надійність обслуговування; коефіцієнт завантаження експедиторів; середнє число зайнятих експедиторів; пропускну спроможність підприємства; кількість експедиторів, необхідних для роботи у штаті підприємства. **Наукова новизна.** Розроблена імітаційна модель роботи транспортно-експедиторського підприємства дозволяє здійснити планування роботи суб'єкта господарювання на основі впровадження організаційно-управлінських заходів з підвищення його конкурентоздатності. На відміну від існуючих, запропонована модель дозволяє досліджувати структури потоку замовлень та номенклатури вантажів, які надходять на обслуговування, що забезпечить можливість планування штатної чисельності експедиторів; розподіляти функціональні обов'язки експедиторів та прогнозувати тривалість виконання окремих видів робіт. **Практична значимість.** Практична значимість роботи полягає в тому, що запропонована модель дозволяє здійснити оцінку показників роботи транспортно-експедиторського підприємства при організації експорту та імпорту товарів різних категорій замовників. На основі результатів моделювання власник підприємства матиме можливість формувати кадрове забезпечення виходячи з потреб замовників у тривалості та надійності обслуговування. Окрім цього, системний підхід до організації бізнес-процесів дозволить забезпечити значні конкурентні переваги підприємства на ринку транспортно-експедиторських послуг.

**Ключові слова:** транспортно-експедиторське підприємство, експедитор, замовник, доставка, товар, експорт, імпорт, імітаційна модель, надійність.

### Вступ

Діяльність транспортно-експедиторських підприємств пов'язана з високим рівнем конкуренції та суттєвими відмінностями у якості обслуговування між підприємствами, що існують на ринку України. Застосування сучасних підходів до управління бізнес-процесами дає можливість оптимізувати організаційні та технологічні

аспекти роботи суб'єкту господарювання. Формування концепції корпоративної етики взаємодії між фахівцями різних структурних підрозділів транспортно-експедиторського підприємства і їх співпраці з суб'єктами зовнішньоекономічної діяльності, які залучаються до виконання доставки товарів у міжнародному сполученні має вплив на тривалість, вартість, якість та надійність обслуговування. Безпосередня

ефективність роботи експедитора залежить від його професійних компетентностей, досвіду роботи, мотивації та навичок оперативного реагування на обставини, які потребують вирішення термінових або конфліктних питань.

Специфічними ознаками роботи транспортно-експедиторського підприємства є спектр послуг, який може надаватися замовникам та можливість розробки індивідуального підходу до їх обслуговування. Тривалість надання послуг за основними етапами транспортно-експедиторського обслуговування залежить від наявності попереднього досвіду співпраці з споживачем, напрямку перевезення, обсягів перевезень, виду вантажу та його фізико-хімічних властивостей. В свою чергу, надійність доставки визначається ступенем взаємодії з партнерськими організаціями, які залучаються експедитором до міжнародного перевезення. Можливість інтеграції різних бізнес-структур для досягнення спільної мети свідчить про високий рівень ділової комунікації на усіх рівнях співпраці.

#### **Аналіз останніх публікацій та досліджень**

Питання обмеженості ресурсів під час війни в сфері транспортно-експедиторського обслуговування потребує застосування в практичній діяльності суб'єктів господарювання сучасних технологічних рішень, здатних здійснювати аналіз їх діяльності для своєчасного реагування на внутрішні та зовнішні зміни, що можуть мати негативний вплив на показники ефективності. Особливо це питання актуальне за умови посилення інтеграційних процесів та застосування нових логістичних рішень в умовах блокування доступу до морських портів та аеропортів в Україні [1].

В працях [2-4] розглянуто організаційні процеси діяльності транспортно-експедиторських підприємств з урахуванням міжнародного досвіду доставки вантажів, проте, питання ефективності їх функціонування і можливі шляхи їх оцінки недостатньо висвітлені. Можливість оптимізації процесів транспортно-експедиторських підприємств, представлених у вигляді імітаційних моделей [5-7] враховують технологічну складову надання послуг замовникам, але не дають можливості індивідуального підходу до роботи з різними категоріями замовників. В роботі [8] автори досліджують стратегічні та когнітивні здібності людини для управління ланцюгами постачань, проте дослідження не передбачає оцінку впливу окремих його ланок на загальну ефективність. Публікації [9-11] присвячено розробці імітаційних моделей ланцюгів

постачання, що дають можливість отримати лише комплексні результати ефективності доставки. При цьому не враховуються внутрішні процеси, що відбуваються в організації яка входить до структури логістичного ланцюга.

#### **Мета дослідження**

Однією з найважливіших задач керівництва транспортно-експедиторських підприємств є планування роботи експедиторів з метою ефективного обслуговування замовників. Враховуючи структуру потоку споживачів, їх індивідуальні потреби в обслуговуванні стане можливим формування рекомендацій щодо необхідної кількості фахівців, здатних забезпечити роботу підприємства. Зазвичай, співпраця з новими замовниками займає більше часу для опрацювання інформації про організацію етапів роботи та безпосереднього надання послуг у порівнянні з постійними. В практичній діяльності транспортно-експедиторських підприємств тривалість обслуговування кожного замовника відрізняється. Для підвищення рівня конкурентоспроможності підприємства на ринку необхідно здійснювати аналіз існуючих замовників та перспективи розширення клієнтської бази підприємства на досліджуваній період. Це дозволить раціонально організувати роботи існуючих експедиторів та визначити доцільність розширення або скорочення штату фахівців.

На сьогоднішній день, кожне транспортно-експедиторське підприємство самостійно розробляє і впроваджує у діяльність інструменти, які забезпечують організацію та планування роботи персоналу. Тому, доцільним є розробка програмних комплексів, здатних відтворити усі етапи роботи експедитора при взаємодії з різними категоріями замовників та встановити їх вплив на ефективність роботи підприємства.

#### **Постановка завдання дослідження**

З метою розробки імітаційної моделі розглядається діяльність транспортно-експедиторського підприємства, що здійснює організацію доставки товарів автомобільним транспортом у міжнародному сполученні.

Замовники транспортно-експедиторських послуг поділяються на категорії: замовники, що вперше звернулися; постійні замовники; замовники, що звертаються періодично (обслуговуються різними транспортно-експедиторськими

підприємства). Модель враховує розміри підприємств-споживачів, оскільки даний чинник має вплив на обсяги перевезень, що надходять на обслуговування. Їх розподіляють на категорії: великі підприємства, середні підприємства; малі підприємства; мікропідприємства. Експедитори

здійснюють надання послуг як при експорті, так і імпорту товарів автомобільним транспортом.

Процедура обслуговування замовників здійснюється за впорядкованою послідовністю дій експедитора і представлена у табл. 1

Таблиця 1

### Етапи роботи експедитора

№	Ідентифікатор роботи	Етапи роботи експедитора
1	$PR_1$	Прийом заявки від замовника
2	$PR_2$	Заключення договору про надання транспортно-експедиторських послуг з замовником
3	$PR_3$	Пошук рухомого складу та транспортного підприємства для перевезення
4	$PR_4$	Планування оптимального маршруту перевезення вантажу
5	$PR_5$	Заклучення договору про транспортне обслуговування з перевізником
6	$PR_6$	Підготовка документів для перевезення
7	$PR_7$	Організація підготовки митних документів
8	$PR_8$	Подача рухомого складу під завантаження
9	$PR_9$	Завантаження рухомого складу
10	$PR_{10}$	Виконання митних формальностей у країні відправлення
11	$PR_{11}$	Виконання митних формальностей у країні призначення
12	$PR_{12}$	Виконання розвантаження товару
13	$PR_{13}$	Виконання документальних формальностей щодо передачі товару вантажоодержувачу
14	$PR_1$	Виконання фінансових розрахунків за надані послуги

Процедура моделювання передбачає тривалість виконання кожного етапу обслуговування з урахуванням митного режиму переміщення товару, категорії замовника та розміру підприємства. Отримані результати дослідження дозволять визначити тривалість та надійність обслуговування замовників з урахуванням їх рівня взаємодії з транспортно-експедиторським підприємством.

### Методи дослідження

З метою реалізації моделі роботи транспортно-експедиторського підприємства застосовано метод статистичних випробувань, що дає можливість розіграшу випадкових явищ. Внаслідок багатократного проведення таких розіграшів здійснюється накопичення статистичного матеріалу, який підлягає опрацюванню статистичними методами.

Імітаційну модель (ІМ) реалізовано в пакеті автоматизації імітаційного моделювання GPSS World, яка представляє собою машинну реалізацію статистичних випробувань та дозволяє автоматично отримувати результати моделювання.

### Основний матеріал дослідження

У загальному вигляді модель функціонування діяльності транспортно-експедиторського підприємства представлена структурою:

$$F = \left\{ X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n \right\}, \quad (1)$$

де  $X_i$  – параметри, що підлягають зміні при виконанні експериментів;  $G_j$  – множина змінних моделі, які можна вимірювати, але не можна ними керувати;  $n$  – загальна кількість параметрів моделі;  $k$  – загальна кількість змінних моделі.

Параметрами ( $X$ ) моделі є:

– інтенсивність  $\lambda_i$  надходження заявок за митними режимами:  $\lambda_1$  – експорт товару,  $\lambda_2$  – імпорт товару;

– інтенсивність  $\gamma_i$  надходження заявок за категоріями замовників:  $\gamma_1$  – постійні замовники;  $\gamma_2$  – замовники, що звертаються періодично;  $\gamma_3$  – замовники, що вперше звернулися;

– інтенсивність  $\alpha_i$  надходження заявок за розмірами підприємства:  $\alpha_1$  – великі,  $\alpha_2$  – середні,  $\alpha_3$  – малі,  $\alpha_4$  – мікропідприємства.

Змінними ( $G$ ) моделі (які можна вимірювати, але не можна ними керувати, та які набувають тільки тих значень, що характерні виключно для

даного об'єкта моделювання або умов його функціонування)  $\epsilon$ : оцінка середнього часу  $m_i \pm \sigma_i$  виконання  $i$ -ї роботи  $PR_i$ . Перелік робіт експедитора наведено в табл. 1.

Параметри, необхідні для моделювання випадкової величини, встановлюються в результаті статистичної обробки даних натурних досліджень. В якості основного порядку обслуговування заявок прийнято порядок FIFO (першим

надійшов – першим обслуговується).

Запропонована модель діяльності транспортно-експедиторського підприємства реалізована в пакеті автоматизації імітаційного моделювання GPSS World [12]. Приклад тексту ІМ діяльності транспортно-експедиторського підприємства в GPSS World наведено на рис. 1.

```

GPSS World - [Sim_mod.gps]
File Edit Search View Command Window Help

**** Таблиці для побудови гістограм ****
Wait_Ex_R  Qtable  Ex_R,0,30,10
Wait_Ex_P  Qtable  Ex_P,0,100,10
Wait_Ex_F  Qtable  Ex_F,0,400,10
Wait_Im_R  Qtable  Im_R,0,30,10
Wait_Im_P  Qtable  Im_P,0,100,10
Wait_Im_F  Qtable  Im_F,0,400,10
** Таблица для визначення часу обслуговування **
T_Ex_R  Table  MP3,1100,150,9
T_Ex_P  Table  MP3,1100,200,9
T_Ex_F  Table  MP3,1400,350,9
T_Im_R  Table  MP3,1100,200,12
T_Im_P  Table  MP3,1100,200,12
T_Im_F  Table  MP3,1100,200,12
***** Вихідні дані для моделі *****
Forwarder Storage 7
**** Експорт. Постійний замовник ****
Generate 195,,,30
Mark 3
Queue Ex_R
Transfer 0.15,,Met1
Enter Forwarder
Depart Ex_R
Advance 457,65
Leave Forwarder
Advance 686,95
Transfer ,Met2
Met1 Enter Forwarder
Depart Ex_R
Advance 704,90
Leave Forwarder
Advance 1056,125
For Help, press F1 Report is Complete.

```

Рис. 1. Частковий програмний лістинг імітаційної моделі, реалізованої авторами в GPSS World

GPSS World має високий ступінь візуального контролю проходження заявок через блоки GPSS-моделі з аналізом їх значень та параметрів.

Перевірка адекватності ІМ реальному об'єкту проводилась для випадку, коли можна визначити значення відгуків системи під час натурних випробувань. Для перевірки адекватності моделі перевірена гіпотеза про близькість середніх значень кожного відгуку моделі  $\bar{Y}$

відомим середнім значенням відгуку реального об'єкту  $\bar{Y}$ . Проведено  $N_1=5$  дослідів на реальному об'єкті і сформовано вибірку значень  $\{Y_i\}$ ,  $i=1,5$ . За допомогою імітаційної моделі проведено  $N_2=5$  дослідів, за відгуками моделі отримані вибірки значень  $\{Y_i\}$ ;  $i=1,5$ .

Результати натурних і модельних експериментів представлені в табл. 2.

## Перевірка адекватності імітаційної моделі

Від- гуки	Значення складових вибірки					Середнє значення відгуку $\bar{Y}_n, \bar{Y}_n^*$	Оцінка диспе- рсії відгуку $\bar{D}_n, \bar{D}_n^*$	Дисперсія рі- зниці $D_{an}$	$t$ -стати- стика $t_n$
	$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$				
$t_{1j}$	1289	1279	1133	1256	1164	1281,24	7587,4	8132	0,4634
$t_{1j}^*$	1380	1312	1141	1174	1186	1267,6	8788,5		
$t_{2j}$	1448	1433	1141	1338	1174	1307,2	35036,7	29184,9	1,2327
$t_{2j}^*$	1542	1521	1622	1307	1258	1439,3	23348,9		
$t_{3j}$	2036	2139	1872	1364	1276	1326	146522	79045,8	0,8297
$t_{3j}^*$	2405	1878	1689	1823	1755	1885,5	11593,2		
$t_{4j}$	1457	1313	1139	1145	1134	1234,2	11133,3	8986,2	0,4365
$t_{4j}^*$	1440	1343	1233	1183	1242	1228,3	7759,3		
$t_{5j}$	1434	1431	1262	1284	1163	1284,2	14653,2	15545,4	0,4541
$t_{5j}^*$	1452	1413	1259	1221	1183	1329	16831		
$t_{6j}$	1624	1524	1446	1423	1375	1510,3	16429,3	13088,5	0,6137
$t_{6j}^*$	1625	1636	1486	1479	1463	1545,5	9743,9		
$w_{1j}$	76	58	47	13	14	42,24	656,4	645,49	0,4132
$w_{1j}^*$	75	64	57	19	26	46,28	696,3		
$w_{2j}$	178	125	75	13	14	85	5683,3	5642,1	0,1219
$w_{2j}^*$	195	134	68	18	25	84,6	5592,8		
$w_{3j}$	589	663	105	22	68	289,9	98974,5	91883,3	0,1478
$w_{3j}^*$	535	631	87	15	45	282,6	89632,5		
$w_{4j}$	76	68	34	16	23	42,45	758,3	645,2	0,2318
$w_{4j}^*$	73	63	47	18	24	48,24	532,8		
$w_{5j}$	76	65	54	15	37	46,2	625,7	638	0,2430
$w_{5j}^*$	72	74	64	14	45	52,62	646,8		
$w_{6j}$	73	67	88	12	58	59,22	846,2	1064,4	0,3987
$w_{6j}^*$	100	76	93	19	42	68	1234,2		
$\psi_j$	0,96	0,93	0,78	0,83	0,73	0,8598	0,0085	0,0058	1,1483
$\psi_j^*$	0,94	0,84	0,88	0,84	0,81	0,83	0,0029		

За вибітками визначено оцінки математичного очікування і дисперсії відгуків моделі та системи (табл. 2) за допомогою наступних співвідношень:

$$\begin{aligned}
 \bar{Y}_{Q_n}^* &= \frac{1}{N_1} \sum_{k=1}^{N_1} Y_{Q_{nk}}^*; \\
 D_n^* &= \frac{1}{N_1 - 1} \sum_{k=1}^{N_1} (Y_{Q_{nk}}^* - \bar{Y}_{Q_n}^*)^2; \\
 \bar{Y}_n &= \frac{1}{N_2} \sum_{k=1}^{N_2} Y_{nk}; \\
 D_n &= \frac{1}{N_2 - 1} \sum_{k=1}^{N_2} (Y_{nk} - \bar{Y}_n)^2.
 \end{aligned} \quad (2)$$

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

$$D_{an} = \frac{(N_1 - 1)D_n + (N_2 - 1)D_n^*}{N_1 + N_2 - 2}. \quad (3)$$

Розраховані оцінки дисперсії  $D_{an}$  наведено в табл. 2.

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

$$t_n = \left( \bar{Y}_n - \bar{Y}_{Q_n}^* \right) \sqrt{\frac{N_1 N_2}{D_{an} (N_1 + N_2)}}. \quad (4)$$

При кількості ступенів свободи  $v = N_1 + N_2 - 2 = 8$  і рівні значущості  $\alpha = 0,05$  за таблицями розподілу Стьюдента визначено критичне значення ( $t_{кр} = 1,85$ ). Порівнюючи кожне зі значень  $t$ -статистики в табл. 2 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 ІМ і реального об'єкту.

Після завершення перевірки адекватності ІМ, необхідно провести оцінку похибки імітації, зумовлену наявністю в ІМ генераторів псевдо-випадкових чисел.

Для визначення похибки відгуків ІМ діяльності транспортно-експедиторського підприємства було проведено 10 імітаційних експериментів в серединній точці значень параметрів ІМ. При цьому в  $l$ -му імітаційному експерименті ( $l=1, 10$ ) параметри ІМ не змінювалися, а модифікувалися лише початкові значення алгоритмів базових генераторів. У результаті імітаційного експерименту були сформовані вибірки з обсягом  $N=10$  кожного  $k$ -го відгуку ІМ  $\{Y_{nk}\}$ . За цими вибірками обчислювалися оцінки математичного очікування і вибіркової дисперсії відгуків моделі  $(\bar{Y}_n, \bar{D}_n)$  за формулою (2). Результуючі значення похибок  $dY_n$  у відсотках для ІМ, розраховані за формулою (5), приведені в табл. 3.

$$dY_n = \frac{t_{0,05}}{\bar{Y}_n} \sqrt{\frac{\bar{D}_n}{N-1}} \cdot 100\% \quad (5)$$

Точність імітації визначається за формулою:

$$d_{SM} = \max_n \{dY_n\}. \quad (6)$$

Таблиця 3

**Оцінка похибки імітації відгуків імітаційної моделі**

Відгуки	Похибка імітації $dY_n$ %	Відгуки	Похибка імітації $dY_n$ %
$t_1$	2,2	$\eta_5$	1,6
$t_2$	2,3	$\eta_6$	2,4
$t_3$	1,8	$w_1$	2,3
$t_4$	1,7	$w_2$	1,9
$t_5$	2,3	$w_3$	2,8
$t_6$	3,4	$w_4$	2,3
$\eta_1$	2,3	$w_5$	2,7
$\eta_2$	2,6	$w_6$	3,4
$\eta_3$	2,3	$\Psi$	2,5
$\eta_4$	3,9	-	-

Верхня межа похибки імітації дорівнює  $d_{SM}=3,5$  % при допустимих 5 %. Отже, похибка імітації є незначною для даного дослідження. Результати моделювання наведені у табл. 4.

Таблиця 4

**Результати моделювання роботи транспортно-експедиторського підприємства**

Основні показники моделювання	Експорт			Імпорт		
	постійні замовники $Ex_R$	замовники, що звертаються періодично $Ex_P$	замовники, що вперше звернулися $Ex_F$	постійні замовники $Im_R$	замовники, що звертаються періодично $Im_P$	замовники, що вперше звернулися $Im_F$
1	2	3	4	5	6	7
Середній час обслуговування, $t_k$ , хв.	1124	1249	1336	1185	1217	1455
Середній час простою в черзі $w_k$ , хв.	15	13	22	17	13	12
Середня довжина черги, $\eta_k$	0,076	0,024	0,023	0,048	0,023	0,017
Частка заявок, що обслужені без простою в черзі, $v_k$ %	65	73	69	74	62	66
Імовірність відмови в обслуговуванні, $q_k$	-	-	-	-	-	-
Надійність обслуговування, $p_k$	0,93	0,84	0,83	0,92	0,86	0,81
Кількість експедиторів, $n$	7					
Коефіцієнт завантаження експедиторів, $\psi$	0,885					
Середнє число зайнятих експедиторів, $\rho$	6,321					
Пропускна спроможність, $A$ , заявок / день	139					

Результати дослідження свідчать, що за точних умов роботи підприємства кадрове

забезпечення є достатнім для ефективного обслуговування замовників і не потребує

залучення фахівців. Додатковим підтвердженням є відсутність відмов в обслуговуванні і допустима завантаженість експедиторів.

Основними характеристиками роботи транспортно-експедиторського підприємства є визначення середнього часу обслуговування та надійності даного процесу (табл. 5).

Кожна категорія підприємств потребує доставки різних партій вантажу, що має вплив на тривалість вибору рухомого складу. Проте, налагодження комунікації на різних етапах співпраці з великими та середніми організаціями є ефективнішим у порівнянні з малими та мікропідприємствами.

Таблиця 5

**Показники транспортно-експедиторського обслуговування за категоріями замовників**

№	Тип замовлення	Категорія підприємства			
		Великі	Середні	Малі	Мікро
Середній час транспортно-експедиторського обслуговування $t_k$ , хв.					
1	Експорт; постійні замовники ( $Ex_R$ )	963	1265	1184	1113
2	Експорт; замовники, що звертаються періодично ( $Ex_P$ )	1065	1539	1214	1148
3	Експорт; замовники, що вперше звернулися ( $Ex_F$ )	1132	1475	1365	1257
4	Імпорт; постійні замовники ( $Im_R$ )	1043	1273	1175	1118
5	Імпорт; замовники, що звертаються періодично ( $Im_P$ )	1072	1295	1219	1163
6	Імпорт; замовники, що вперше звернулися ( $Im_F$ )	1178	1568	1438	1367
Надійність транспортно-експедиторського обслуговування $p_k$					
7	Експорт; постійні замовники ( $Ex_R$ )	0,98	0,84	0,91	0,96
8	Експорт; замовники, що звертаються періодично ( $Ex_P$ )	0,96	0,65	0,88	0,93
9	Експорт; замовники, що вперше звернулися ( $Ex_F$ )	0,93	0,74	0,81	0,86
10	Імпорт; постійні замовники ( $Im_R$ )	0,97	0,83	0,92	0,96
11	Імпорт; замовники, що звертаються періодично ( $Im_P$ )	0,95	0,82	0,87	0,91
12	Імпорт; замовники, що вперше звернулися ( $Im_F$ )	0,91	0,7	0,77	0,81

Тривалість і надійність транспортно-експедиторського обслуговування різних категорій підприємств залежить від рівня їх технічного, технологічного та організаційного забезпечення при інтеграції з суб'єктами ринку транспортних послуг. Тому, досить перспективним напрямком є розробка програмних рішень, здатних здійснювати внутрішній аналіз показників роботи підприємства та застосовувати сучасні системи електронного документообігу та засобів передачі інформації для оперативної взаємодії з учасниками зовнішньоторговельної операції.

**Висновки**

Розроблена імітаційна модель роботи транспортно-експедиторського підприємства дозволяє визначити наступні параметри: кількість експедиторів, необхідних для роботи на підприємстві при наявному потоці замовлень; тривалість транспортно-експедиторського обслуговування, тривалість очікування у черзі на обслуговування, довжину черги на обслуговування окремої категорії замовників при експорті та імпорті товарів; пропускну спроможність

підприємства при наданні транспортно-експедиторських послуг; імовірність відмови в обслуговуванні за видами вантажів; оптимальна кількість експедиторів, що можуть бути в резерві для розширення можливостей підприємства; надійність транспортно-експедиторського обслуговування, яка визначається як оцінка імовірності своєчасного виконання транспортно-експедиторського обслуговування за видами вантажів.

Результати моделювання свідчать, що стійкі партнерські відносини з замовниками транспортно-експедиторських послуг забезпечують оптимізацію часових характеристик усіх етапів обслуговування. В свою чергу, показники надійності є вищими для постійних замовників у порівнянні з новими, оскільки, виникають ризики неврахування особливостей організації доставки та дій залучених посередницьких організацій.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Разумова, К. М., Новальська, Н. І., Клименко, В. В. (2023). Особливості сучасного транспортно-експедиторського бізнесу. Системи та технології,

65(1), 124-130. URL: <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.15>

2. Сторчак, К. В. Специфіка організації міжнародної транспортно-експедиторської діяльності / Сторчак К. В., Кузнєцова К. О. // Актуальні проблеми економіки та управління : збірник наукових праць молодих вчених. – 2021. – Вип. 15. – URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52792>

3. Iwona Wasielewska-Marszałkowska. Directions of development of new forms of performance of logistics functions by forwarding (freight forwarders) in modern supply chains [Text] / I. Wasielewska-Marszałkowska // Torun Business Review. – 2015 – Vol. 14, No 1 – p.137-150. URL: <https://doi.org/10.19197/tbr.v14i1.19>

4. Озерська, Г. В. Транспортно-логістичне обслуговування міжнародних вантажних перевезень [Електронний ресурс] / Г. В. Озерська // Вісник економіки транспорту і промисловості. - 2014. - Вип. 47. - С. 34-38. - URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vetp\\_2014\\_47\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vetp_2014_47_9)

5. Michal Sedláček. Optimization of Processes in a Freight Forwarding Company Using a Simulation Model / Michal Sedláček // MATEC Web Conf., 134 (2017) 00050 URL: <https://doi.org/10.1051/matec-conf/201713400050>

6. Сергієнко О. А. Розроблення оптимізованої моделі логістичних ланцюгів постачання-розподілу підприємств / О. А. Сергієнко, І. П. Голофаєва, А. Д. Швець // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Сер. : Міжнародні економічні відносини та світове господарство. – 2019. – Вип. 28, ч. 2. – С. 98-105. URL: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2019-28-49>

7. Behnam Abdzadeh, Siamak Noori, Seyed Farid Ghannadpour. A comprehensive mathematical model for quality integration in a project supply chain with

concentrating on material flow and transportation [Text] / B. Abdzadeh, S. Noori, S. F. Ghannadpour. // Advanced Engineering Informatics. – 2023. – Volume 57, 102034. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102034>

8. Manuj, I. and Sahin, F. (2011), "A model of supply chain and supply chain decision-making complexity", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 41 No. 5, pp. 511-549. URL: <https://doi.org/10.1108/09600031111138844>

9. Abdulla, M. F. M. H. , & Musa, H. (2022). Mediation Model of Logistics Service Supply Chain (LSSC) Factors Affecting Organisational Performance. International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology, 12(5), 294–310. Retrieved from <https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/IJSCET/article/view/10558>

10. Yang, N., Ding, Y., Leng, J., & Zhang, L. (2022). Supply Chain Information Collaborative Simulation Model Integrating Multi-Agent and System Dynamics. Promet – Traffic&Transportation, 34(5), 711–724. <https://doi.org/10.7307/ptt.v34i5.4092>

11. Lebid, I., Luzhanska, N., Lebid, I., Mazurenko, A., Halona, I., Horban, A., Mykhailenko, I., Medvediev, I., & Sotnikova, T. (2023). Construction of a simulation model of goods delivery in international road transportation taking into account the functioning efficiency of logistics supply chain. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(3 (123), 57–67. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.280886>

12. GPSS World Reference Manual / Minuteman Software. – Holly Springs NC, 2001. – p. 305.

Надійшла до редколегії 16.11.2023.

Прийнята до друку 28.11.2023.

ІЕ. LEBID, I. LEBID, N. LUZHANSKA

## MODELING THE ACTIVITY OF A TRANSPORT AND FORWARDING ENTERPRISE WHEN PERFORMING INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION

**The purpose** of the paper is to improve the activities of a transport and forwarding enterprise in the delivery of goods by road transport in international traffic. The process of interaction between freight forwarders and service customers, taking into account their individual characteristics as business entities and service requirements was researched. The proposed development will allow managers of transport and forwarding enterprises to plan workforce provision, considering the duration of service for different customer categories. **Methods.** The determination of the duration and reliability of transport and forwarding services to customers in organizing international transportation was carried out based on a simulation model developed in the GPSS software environment. **Results.** The performance indicators of transport and forwarding enterprises depend on the efficiency of work organization by specialists within the enterprise, their interaction with customers, and involved intermediary organizations. The staff size of freight forwarders should be planned by the enterprise management, taking into account the flow of orders for service. Considering the main stages of transport and forwarding service to customers and the duration of their execution, the developed simulation model allows determining the following indicators: average service time, average queue waiting time, average queue length, the share of orders serviced without waiting in line, probability of service refusal, service reliability, load coefficient of freight forwarders, average number of occupied freight forwarders, enterprise throughput, and the number of freight forwarders needed for staffing the enterprise. **Scientific novelty.** The developed



simulation model of a transport and forwarding enterprise's operation allows planning the work of a business entity based on the implementation of organizational and managerial measures to increase its competitiveness. Unlike the existing ones, the proposed model allows to study the structure of the flow of orders and the range of cargoes that arrive for service, which will ensure the possibility of planning the staffing of forwarders; to distribute the functional responsibilities of forwarders and forecast the duration of certain types of work. **Practical significance.** The practical significance of the paper lies in the fact that the proposed model allows evaluating the performance indicators of a transport and forwarding enterprise in organizing the export and import of goods for various customer categories. Based on the simulation results, the enterprise owner will be able to form workforce provision based on customer needs for service duration and reliability. In addition, a systematic approach to the organization of business processes will ensure significant competitive advantages of the enterprise in the market of transport and forwarding services.

*Keywords:* transport and forwarding enterprise, freight forwarder, customer, delivery, simulation model, reliability.