

В статье предложена схема химмотологично-трибологических взаимодействий при прогнозировании ресурса узлов и агрегатов мобильной техники на ранних стадиях проектирования.

Объект исследования – факторы, определяющие долговечность машин.

Цель работы – разработка схемы химмотологично-трибологического взаимодействия в трибосопряжениях узлов и агрегатов мобильной техники при прогнозировании их ресурса на ранних стадиях проектирования.

Метод исследования – изучение физических закономерностей износа и анализ количественных характеристик износа.

Установлено, что для комплексного подхода прогнозирования ресурса узлов и агрегатов мобильной техники на ранней стадии проектирования необходимо разработать функциональные зависимости, описывающие данные процессы, и определить основные показатели, которые влияют на определенные виды взаимодействий в химмотологично-трибологических системах.

Представлены виды химмотологично-трибологических взаимодействий при прогнозировании ресурса узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники в виде функциональных зависимостей.

Показано, что коэффициент износа материалов может быть показателем надежности соединений по износу при взаимодействии твердых тел. В сравнении с линейным износом этот коэффициент наиболее подходящий для глубокого анализа процесса изнашивания деталей соединений, а также позволяет более точно определить период и критерий приработки.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ХИММОТОЛОГИЧНО-ТРИБОЛОГИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, МОБИЛЬНАЯ ТЕХНИКА, РЕСУРС УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ, НАДЕЖНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ, ПЕРИОД И КРИТЕРИЙ ПРИРАБОТКИ.

УДК 656.13

## ОЦІНКА ІМОВІРНОСТІ ВІДХИЛЕННЯ ЗАЯВКИ НА ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Прокудін Г.С., доктор технічних наук

Пелих В.Ю.

Дудник О.С.

Цимбал Н.М.

Постановка проблеми. В умовах насиченої конкуренції на ринку транспортно-експедиторських послуг керівному та управлінському персоналу транспортно-експедиторських підприємств (ТЕП) необхідно забезпечувати високий рівень репутації підприємства, постійно орієнтуючись і досліджуючи зовнішні фактори, аналізуючи нові тенденції в сфері надання транспортно-експедиторських послуг та забезпечуючи клієнту відмінний сервіс. Практично всі експедитори, в тому числі і великі фірми, при координації роботи відправників, одержувачів та перевізників використовують технологічні схеми обробки заявок, які не завжди задовольняють потреби клієнтів. Найчастіше технологія являє собою послідовну перевірку наявності вільного транспорту і зворотних завантажень по існуючій базі даних. Вірогідність відхилення заявки при цьому достатньо висока, що знижує як якість обслуговування клієнтів, так і конкурентоспроможність ТЕП [1,2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Найбільш значущими працями в цій галузі є роботи науковців Колот А. М., Шеметов П.В., Кумбс Ф., Нюттен Ж. та інших. Саме їх дослідження і розробки, а також їх практичне використання допомогли багатьом підприємствам стати лідерами в наданні транспортно-експедиторських послуг.

Основний матеріал. Оцінка значення ймовірності відхилення заявки та факторів, що визначають це значення, є важливим завданням, вирішення якої дозволяє оцінити конкурентоспроможність ТЕП та розробити практичні заходи для її підвищення.

В якості основного напрямку підвищення ефективності транспортно-експедиторського обслуговування (ТЕО) виділяється розробка оперативного плану перевезень на підставі імітаційного моделювання, при цьому за критерій ефективності приймається прибуток від надання послуг з урахуванням ймовірностей безвідмовної роботи експедитора [3].

Розглянемо імовірність безвідмовної роботи експедитора  $p_b$  і ймовірність наявності вільного транспортного засобу для виконання перевезення  $p_a$  як лінійні функції від параметрів, що визначають дані показники:

$$p_b = 0,895 + 0,043 \cdot X_1 + 0,029 \cdot X_2 + 0,016 \cdot X_3 \quad (1)$$

$$p_a = A - 0,0027 \cdot Y_1 - 0,029 \cdot X_2 + 0,016 \cdot X_3 \quad (2)$$

де  $X_1$  – рівень мотивації експедитора;  $X_2$  – рівень інформованості про характер і умови перевезень;  $X_3$  – кількість транспортних засобів на один рейс;  $A$  – постійний коефіцієнт (за моделлю автомобіля);  $Y_1$  – пробіг з початку експлуатації;  $Y_2$  – тривалість експлуатації транспортного засобу, роки.

Як бачимо, імовірність безвідмовної роботи експедитора є функцією від таких випадкових показників, як рівень мотивації та інформованості. Викликає сумнів можливість практичного використання моделі (1). Модель (2) практично можна реалізувати, однак може бути отримана тільки для старих моделей автомобілів, за якими можливо зібрати статистику для визначення коефіцієнта  $A$ .

При розробці математичної й імітаційної моделей використовується наступна система припущень:

1. Вважається, що замовник погоджується з умовами експедитора, незалежно від того, чи виконується замовлення транспортом експедитора або транспортом залученого перевізника; при цьому експедитор не значно збільшує тариф, а працює за рахунок надбавок, що є спільними для всього сегменту ринку (чинник використання власного або залученого транспорту не впливає на пріоритетність обслуговування заявок).

2. Будь-який з транспортних засобів, що є в наявності у ТЕП та перевізників може виконати заявку, що надійшла (не аналізується структура парку рухомого складу експедиторів та перевізників).

3. Всі експедитори знаходяться в рівних умовах щодо пріоритетності надходження заявки (характеристики потоку заявок можна вважати однаковими для всіх ТЕП).

4. Всі заявки мають однаковий пріоритет (не розглядаються особливі умови обслуговування постійних клієнтів).

5. Обсяг партії вантажу та відстані доставки є випадковими величинами, розподіленими за нормальним законом, а інтервал надходження заявок - по показниковому закону (дане припущення підтверджується експериментальними дослідженнями).

З урахуванням прийнятої системи припущень, можна сказати, що заявка на ТЕО відхиляється, якщо оператори ТЕП зайняті обробкою інших заявок або всі транспортні засоби перевізників та експедитора зайняті виконанням заявок, що надійшли раніше, тобто:

$$P_3 = P_1 + P_2 \quad (3)$$

де  $P_3$  – ймовірність відхилення заявки на ТЕО;

$P_1$  – ймовірність того, що оператори ТЕП не оброблять заявку, внаслідок зайнятості іншими заявками;

$P_2$  – ймовірність того, що заявка не буде виконана, внаслідок зайнятості транспортних засобів експедитора (за наявності таких взагалі) і перевізників.

При цьому вірогідність того, що заявка не буде обслужена, внаслідок зайнятості автомобілів, можна оцінити таким чином:

$$P_1 = \left\{ \begin{array}{l} 0, b_1 \geq t_d, \\ \left( \frac{b_1}{t_d} \right)^{N_d}, b_1 < t_d, \end{array} \right\} \quad (4)$$

де  $b_1$  – середній інтервал надходження заявки, год;

$t_d$  – середній час обробки заявки оператором, год;

$N_d$  – кількість операторів ТЕП.

Заявка не буде обслужена внаслідок відсутності вільних транспортних засобів, якщо будуть зайняті і транспортні засоби експедитора, і перевізника. Тоді ймовірність настання даної події оцінюється як добуток відповідних складових

$$P_2 = P_{21} \cdot P_{22}, \quad (5)$$

$P_{21}$  – ймовірність того, що заявка не буде обслужена транспортними засобами експедитора;

$P_{22}$  – ймовірність того, що заявка не буде обслужена транспортними засобами перевізників.

Ймовірність того, що заявка не буде обслужена транспортними засобами експедитора, являє собою функцію:

$$p_{21} = f(A_{\text{Э}}, \mu_Q, \mu_L, b_1), \quad (6)$$

де  $A_{\text{Э}}$  – кількість транспортних засобів транспортно-експедиторського підприємства;

$\mu_Q$  – математичне очікування величини партії вантажу, т;

$\mu_L$  – математичне очікування величини відстані доставки, км.

З урахуванням 2-го допущення попередній вираз можна представити у вигляді:0,

$$p_{21} = [p(A_{\text{Э}}, \mu_Q, \mu_L, b_1)]^{A_{\text{Э}}}, \quad (7)$$

де  $p(A_{\text{Э}}, \mu_Q, \mu_L, b_1)$  – ймовірність відмови для одного транспортного засобу.

Тоді ймовірність того, що заявка не буде обслужена транспортними засобами всіх перевізників, можна представити таким чином:

$$P_{22} = \prod_{k=1}^{N_{\text{П}}} \left[ p \left( \mu_Q, \mu_L, \frac{b_1}{[p(\mu_Q, \mu_L, b_1)]^{A_{\text{Пк}}}} \right) \right]^{A_{\text{Пк}}}, \quad (8)$$

де  $N_{\text{П}}$  – кількість перевізників, що працюють у даному сегменті ринку транспортних послуг;

$A_{\text{Пк}}$  – кількість транспортних засобів у k-го перевізника.

Таким чином, для того, щоб оцінити ймовірність відхилення заявки на ТЕО, необхідно визначити функціональну залежність  $p(\mu_Q, \mu_L, b_1)$ . Визначення ймовірності відмови для одного транспортного засобу. При обслуговуванні потоку заявок одним транспортним засобом заявка відхиляється при виконанні умови:

$$t_e > I, \quad (9)$$

де  $I$  – інтервал надходження поточної заявки щодо попередньої, год.;

$t_e$  – час на виконання заявки, год.

$$t_e = \frac{2 \cdot L}{V_T} + 2 \cdot t_1 \cdot Q \quad (10)$$

$L$  – відстань доставки, км;

$V_T$  – технічна швидкість, км/год.;

$t_1$  – час на навантаження (розвантаження) 1 т вантажу, т/год.;

$Q$  – обсяг партії вантажу, т.

Підставляючи в нерівність, отримаємо наступну умову, при виконанні якої заявка відхиляється:

$$L + t_1 \cdot V_T \cdot Q - 0,5 \cdot V_T \cdot I > 0. \quad (11)$$

Вихідними даними для моделювання є кількість дослідів в експерименті  $N_{\text{э}}$ , розрахунковий період  $T_p$  (період моделювання), параметри транспортного процесу – математичне очікування середньої технічної швидкості  $\mu_v$  і математичне очікування часу на навантаження/розвантаження 1 т вантажу  $\mu_t$ , а також параметри попиту.

В алгоритмі імітаційної моделі використовуються лічильники  $i$  (для кількості дослідів в експерименті),  $N_{st}$  (для кількості відхилень заявок),  $N_s$  (для загальної кількості заявок) та  $T_{int}$  (для відліку періоду моделювання).

При генерації випадкових величин параметрів попиту використовуються закони розподілу, прийняті відповідно з 5-м допущенням. Закон розподілу випадкових величин середньої технічної швидкості і часу на навантаження/розвантаження 1 т вантажу приймається нормальним. Для генерації нормально розподілених випадкових величин параметр масштабу (середньоквадратичне відхилення) визначається на підставі правила «трьох сигм» за умови, що нижня межа – нульове значення величини.

З використанням розробленого алгоритму процесу надходження заявок проведено повнофакторний імітаційний експеримент [4].

Варійованими факторами є параметри  $\mu_Q, \mu_L, b_1$ , а функцією відгуку – ймовірність відмови. У кожній серії кількість дослідів прийнято рівним 384 (відповідно до таблиці досить великих чисел Чебишева - для рівня довірчої ймовірності 95%). Результати імітаційного експерименту представлені в табл. 1.

Таблиця 1. – Результати імітаційного експерименту

Характеристика	Значення	
Дисперсія функції відгуку за серіями дослідів	1	0,00019
	2	0,00135
	3	0,00000
	4	0,00520
	5	0,00332
	6	0,00004
	7	0,00246
	8	0,00492
Максимальна дисперсія по серіям	0,00520	
Сума дисперсій по всьому експерименту	0,01748	
Розрахункове значення критерію Кокрена	0,29760	
Табличне значення критерію Кокрена	0,33840	

Проведений експеримент відтворюємо, оскільки за значенням критерію Кокрена підтверджується гіпотеза про однорідність ряду дисперсій за серіями дослідів.

З використанням вбудованих функцій MS Excel за отриманими результатами імітаційного експерименту проведено регресійний аналіз, в результаті отримана наступна регресійна модель ймовірності відмови для одного автомобіля  $p_{1a}$ .

$$p_{1a} = 0,613 + 0,014 \cdot \mu_q - 0,007 \cdot \mu_L - 0,169 \cdot b_1 \quad (12)$$

Рівняння регресії (12) адекватно описує експериментальні дані, оскільки характеризується високим значенням коефіцієнта детермінації.

Отримана залежність імовірності відмови від параметрів попиту на транспортно-експедиторські послуги дозволяє оцінювати ринок на підставі усереднених показників без імітаційного моделювання досліджуваного процесу. Розроблена регресійна модель підтверджує, що при збільшенні обсягу партії вантажу та відстані доставки підвищується ймовірність відмови, а при збільшенні інтервалу надходження заявки – знижується. Найбільший вплив на імовірність відмови має інтервал надходження заявок на ТЕО [5].

Висновки. Залежність імовірності відмови від параметрів попиту на транспортно-експедиторські послуги дозволяє оцінювати ринок на підставі усереднених показників без імітаційного моделювання досліджуваного процесу. Встановлено, що при збільшенні обсягу партії вантажу та відстані доставки підвищується ймовірність відмови, а при збільшенні інтервалу надходження заявки – знижується.

Найбільший вплив на імовірність відмови має інтервал надходження заявок на ТЕО.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Нагорний Є.В., Рибанов Г.Л., Черниш Н.Ю. Основи транспортно-експедиційного обслуговування підприємств, організацій та населення: Навч. Посібник. – ХНАДУ, 2002.
2. Сич Є., Кірюхіна О. Формування транспортно-експедиційних послуг логістичного центру. – К.: КУЕТТ, 2005. – Вип. 7. – С. 19-27.
3. Сханова С.Є., Попова О.В., Горев А.Є, Транспортно-экспедиционное обслуживание. – М.: Академия, 2005.
4. Гойхман И.М. Методика совершенствования планирования и прогнозирования транспортно-экспедиционного обслуживания населения: Автореф. Дис.. на соискание уч. Степ. Канд.. экон. Наук. – Ленинград: Ленингр. Инж.-эк. Ин-т им. П. Тольятти, 1975.
5. Транспортно-экспедиционное обслуживание в логистических системах: монография – Харьков: ХНАДУ, 2012. – 220 с.

#### РЕФЕРАТ

Прокудін Г.С., Пелих В.Ю., Дудник О.С., Цимбал Н.М. Оцінка імовірності відхилення заявки на транспортно-експедиторське обслуговування./ Георгій Семенович Прокудін, Віталій Юрійович Пелих, Олексій Сергійович Дудник, Наталія Миколаївна Цимбал // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ – 2012. – Вип. 10.

У статті розглядається оцінка імовірності відхилення заявки на транспортно-експедиторське обслуговування. Практично всі експедитори, в тому числі і великі фірми, при координації роботи відправників, одержувачів та перевізників використовують технологічні схеми обробки заявок, які не завжди задовольняють потреби клієнтів. Найчастіше технологія являє собою послідовну перевірку наявності вільного транспорту і зворотних завантажень по існуючій базі даних. Вірогідність відхилення заявки при цьому достатньо висока, що знижує як якість обслуговування клієнтів, так і конкурентоспроможність ТЕП. Таким чином, оцінка значення імовірності відхилення заявки та факторів, що визначають це значення, являється важливим завданням, рішення якого дозволяє оцінити конкурентоспроможність транспортно-експедиційного підприємства та розробити практичні заходи для її підвищення.

Об'єкт дослідження – процес обслуговування заявок на транспортно-експедиторське обслуговування підприємств і організацій.

Мета роботи – оцінка імовірності відхилення на транспортно-експедиторське обслуговування.

Метод дослідження – проведення імітаційного експерименту.

Був проведений імітаційний експеримент відповідно до якого отримана залежність імовірності відмови від параметрів попиту на транспортно-експедиторські послуги дозволяє оцінювати ринок на підставі усереднених показників без імітаційного моделювання досліджуваного процесу. Розроблена регресійна модель підтверджує, що при збільшенні обсягу партії вантажу та відстані доставки підвищується ймовірність відмови, а при збільшенні інтервалу надходження заявки - знижується. Найбільший вплив на імовірність відмови має інтервал надходження заявок на ТЕО.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИЦІЙНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ЗАЯВКИ НА ОБСЛУГОВУВАННЯ, ІМОВІРНІСТЬ ВІДМОВИ, АЛГОРИТМ, РЕГРЕСІЯ.

#### ABSTRACT

Prokudin G.S., Peluh V.Y., Dudnik O.S. Tsymbal N.M. Evaluation of probability of rejection forwarding services. /George Prokudin, Vitaly Peluh, Alexey Dudnik, Natalia Tsymbal // Managment of projects, system analysis and logistics. – K.: NTU. – 2012. – Vol. 10.

The article considers the probability assessment rejection forwarding services. Almost all freight forwarders, including large firms, under the coordination of the senders, recipients and carriers using technological schemes of processing applications, which do not always meet the needs of customers. Most technology is a consistent check for free downloads of transport and return to an existing database. Chance of rejection at this relatively high, which reduces the quality of customer service and competitiveness ТЕР. Thus, estimating the probability of rejection and the factors determining this value is an important task, whose decision to evaluate the competitiveness of freight forwarding companies and develop practical measures for its improvement. Object of research is process of handling applications for transport-forwarding service of enterprises and organizations.

The aim of the work is the estimated probability of deviations for transport-forwarding services.

The method of investigation is conducting a simulation experiment.

Simulation experiment was conducted according to which the dependence of the probability of failure obtained from the parameters of the demand for freight forwarding services allows to estimate the market based on the average performance without simulation study process. The developed regression model confirms that an increase in the volume of shipments and delivery distance increases the probability of failure, while increasing range of filing - is reduced. The greatest influence on the probability of failure is spaced receipt of applications for the feasibility study.

**KEY WORDS:** FORWARDING SERVICES, APPLICATION FOR SERVICE, PROBABILITY OF FAILURES, ALGORITHMS, REGRESSION.

#### РЕФЕРАТ

Прокудин Г.С., Пелих В.Ю., Дудник А.С., Цымбал Н.Н. Оценка вероятности отклонения заявки на транспортно-экспедиторское обслуживание. / Георгий Семенович Прокудин, Виталий Юрьевич Пелих, Алексей Сергеевич Дудник, Наталья Николаевна Цымбал // Управление проектами, системный анализ и логистика. - К.: НТУ - 2012. - Вып. 10.

В статье рассматривается оценка вероятности отклонения заявки на транспортно-экспедиторское обслуживание. Практически все экспедиторы, в том числе и крупные фирмы, при координации работы отправителей, получателей и перевозчиков используют технологические схемы обработки заявок, которые не всегда удовлетворяют потребности клиентов. Чаше технология представляет собой последовательную проверку наличия свободного транспорта и обратных загрузок по существующей базе данных. Вероятность отклонения заявки при этом достаточно высока, что снижает как качество обслуживания клиентов, так и конкурентоспособность ТЭП. Таким образом, оценка значения вероятности отклонения заявки и факторов, определяющих это значение, является важной задачей, решение которой позволяет оценить конкурентоспособность транспортно-экспедиционного предприятия и разработать практические меры для ее повышения.

Объект исследования - процесс обслуживания заявок на транспортно-экспедиторское обслуживание предприятий и организаций.

Цель работы - оценка вероятности отклонения на транспортно-экспедиторское обслуживание.

Метод исследования - проведение имитационного эксперимента.

Был проведен имитационный эксперимент согласно которому получена зависимость вероятности отказа от параметров спроса на транспортно-экспедиторские услуги позволяет оценивать рынок на основании усредненных показателей без имитационного моделирования исследуемого процесса. Разработана регрессионная модель подтверждает, что при увеличении объема партии груза и расстояния доставки повышается вероятность отказа, а при увеличении интервала поступления заявки - снижается. Наибольшее влияние на вероятность отказа имеет интервал поступления заявок на ТЕО.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИЦИОННОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ, ЗАЯВКИ НА ОБСЛУЖИВАНИЕ, ВЕРОЯТНОСТЬ ОТКАЗА, АЛГОРИТМ, РЕГРЕССИЯ.