

УДК 656.2

Галина Висоцька

ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ

Проаналізовано імовірності прострочення доставки та найбільш імовірні питомі втрати перевізної плати залежно від нормативного терміну доставки та системи нарахування штрафів.

Проанализированы вероятности просрочки доставки и наиболее вероятные удельные потери перевозочной платы в зависимости от нормативного срока доставки и системы начисления штрафов.

The article analyzes the probability of delivery delay and the most probable loss per unit of payment depending on the required delivery time and assessment of penalties.

Ключові слова: термін доставки, імовірність прострочення доставки.

Попри те, що вся експлуатаційна робота залізничного транспорту ґрунтується на системі планування перевезень, підпорядковується графікам руху, розкладам, нормативним технологічним процесам, що регламентують доставку вантажів, цей процес відзначається певною нерівномірністю, яка об'єктивно йому притаманна [1, 2 та ін.]. Ця нерівномірність стосується як кількісної сторони процесу (наприклад, розмір вагонопотоку, поїздопотоку), так і якісної його сторони (зокрема, час відправлення, прослідкування, прибуття). Нерівномірність часових характеристик узагальнюється і має свій кінцевий вираз у терміні доставки вантажу, який завжди був важливим якісним показником роботи транспорту.

Зараз, коли концепція доставки «точно в строк» (*just in time* – [2]) стала панівною в транспортній логістиці, значення показника «термін доставки вантажу» важко переоцінити. Крім того, враховуючи нові тенденції в організації доставки вантажів залізничним транспортом на основі складання графіків доставки вантажів [3], що враховують потреби клієнтів та наявні можливості залізниці, важливою задачею є визначення можливих меж точності доставки. Тобто встановлення нормативних відхилень фактичного терміну доставки від графікового. Адже чим більша точність, тим більший тариф.

Однак, як це не парадоксально, відхилення фактичних термінів доставки від юридичних не обліковуються в галузевій статистичній звітності залізниць. Про важливість цього показника час від часу нагадують залізничникам претензійні справи, які виграють в судах вантажоодержувачі з приводу прострочення доставки

© *Висоцька Г. С., 2012*

ОРГАНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

вантажів. У таких випадках доводиться повертати вантажоодержувачу у вигляді штрафу за прострочення доставки вантажу від 6 до 30 % перевізної плати, що регламентується нормативними документами залізничного транспорту [5, 6]. Зважаючи на обсяги перевезення вантажів, це величезні грошові втрати залізниць, інформація про які, на жаль, не є відкритою. Наявність такої інформації та її статистична обробка дозволила б мати відповідні математичні, економіко-математичні моделі виникнення негативного явища прострочення доставки, залежно від різних технологічних параметрів, якими перевізник може керувати, а також тих параметрів, на які він вплинути не може, але повинен їх враховувати.

Не маючи поки що таких апріорних моделей та інформації, слід генерувати їх на певних адекватних теоретичних засадах. Тут в нагоді стають теорія ймовірностей та математична статистика.

Сформулюємо задачу. На часовій осі позначимо момент нормативного (юридичного) строку доставки – t_N (рис. 1). Відповідальність за прострочення доставки у вигляді штрафу починається не зразу після настання нормативного строку, а через певний час Δt_{\min} . Так, наприклад, Статутом залізниць України статтею 116 встановлено, що мінімальна відповідальність залізниці наступає при простроченні доставки на 2 доби (в цьому випадку штраф складає 10 % перевізної плати), а згідно з положеннями статті 27 СМГС мінімальна відповідальність наступає при простроченні доставки $\Delta t_{\min} = 0,1t_N$. Максимальний розмір штрафу відповідає простроченню терміну доставки на Δt_{\max} і більше. Наприклад, Статутом залізниць статтею 116 встановлений максимальний штраф 30 % перевізної плати, що відповідає простроченню доставки від 4 діб і більше. А згідно СМГС 30 % перевізної плати стягується із залізниці у випадку прострочення доставки $\Delta t_{\max} = 0,4t_N$.

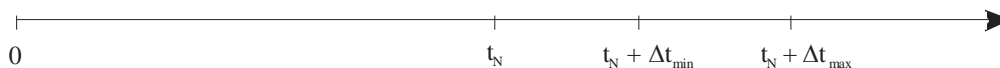


Рис. 1. Часова вісь моментів t_N , Δt_{\min} , Δt_{\max}

Методами теорії ймовірності можна визначити ймовірність доставки вантажу з простроченням, що тягне за собою штрафні санкції – тобто ймовірність потрапляння випадкової величини – фактичного терміну доставки в інтервал $(t_N + \Delta t_{\min}; t_N + \Delta t_{\max})$.

Зокрема відома центральна гранична теорема обґрунтовує широке поширення нормального закону і пояснює механізм його утворення. Теорема дозволяє стверджувати, що завжди, коли випадкова величина утворюється в результаті складання великого числа незалежних випадкових величин, дисперсії яких малі в порівнянні з дисперсією суми, закон розподілу цієї випадкової величини виявляється практично нормальним законом. А оскільки випадкові величини завжди породжуються нескінченною кількістю причин і найчастіше жодна з них не має дисперсії, порівнянної з дисперсією самої випадкової величини, то більшість випадкових величин, що зустрічаються на практиці, підпорядковані нормальному закону розподілу [7, 8].

З таким механізмом впливу великої кількості випадкових факторів на процес доставки вантажу, в результаті чого термін доставки стає випадковою величиною та можливістю його застосування в умовах залізничного транспорту можна погодитися лише частково. Адже кожного разу, коли в процесі доставки відбувається «запізнення» порівняно з графіком доставки вантажу [4], відбувається і оперативне втручання в процес з метою прискорення доставки. Отже, можна зробити припущення щодо певної асиметричності відхилень фактичних термінів доставки від нормативних (середніх) величин, що відобразиться у зміщенні медіани розподілу вліво, у той час як нормальний розподіл є симетричним. Також не на користь нормального закону розподілу і той факт, що при такому розподілі є як додатні, так і від'ємні відхилення випадкової величини у межах від $-\infty$ до $+\infty$, тоді як термін доставки вантажу за суттю завжди є додатною величиною більшою 0. Таким чином, є всі підстави для моделювання терміну доставки вантажів (та й будь-якої тривалості процесу на транспорті) не менш поширеним у практичних техніко-економічних застосуваннях показниковим розподілом щільності ймовірності випадкової величини (рис. 2).

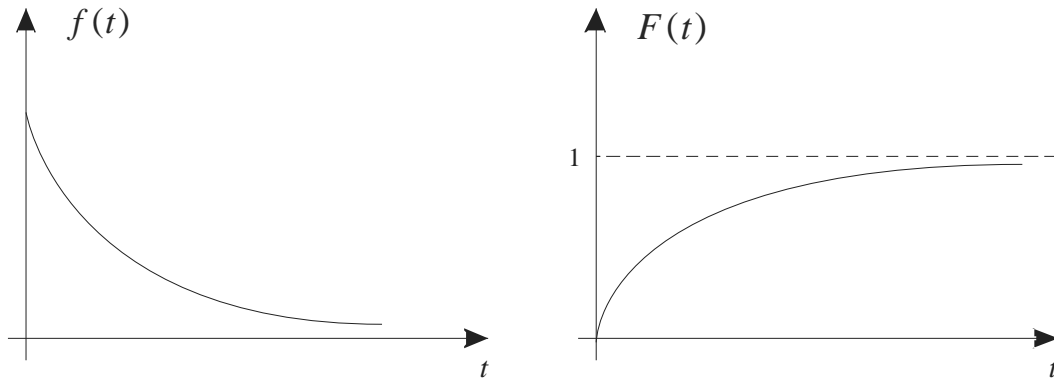


Рис. 2. Показниковий закон розподілу ймовірностей та відповідна функція розподілу

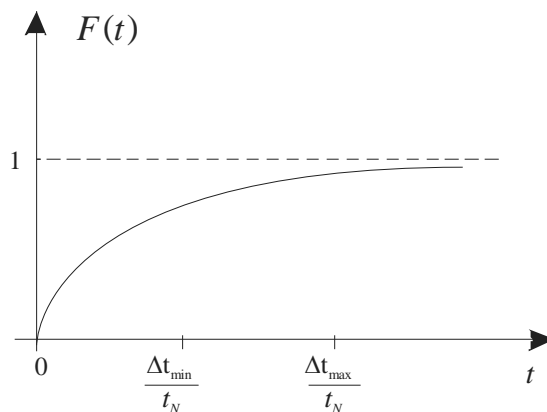


Рис. 3. Показникова функція розподілу випадкової величини часу доставки

Використовуючи показникову функцію розподілу (рис. 3), знаходимо ймовірність прострочення доставки, що тягне за собою штрафні санкції, тобто ймовірність потрапляння випадкової величини в інтервал $(t_N + \Delta t_{\min}; t_N + \Delta t_{\max})$:

$$P(D_L) = \exp\left\{-\frac{\Delta t_{MIN}}{t_N}\right\} - \exp\left\{-\frac{\Delta t_{MAX}}{t_N}\right\}, \quad (1)$$

де Δt_{MIN} – мінімальне прострочення (понад нормативний термін доставки), при якому може наступати мінімальна відповідальність залізниці у розмірі γ_{MIN} від перевізної плати;

Δt_{MAX} – максимальне прострочення (понад нормативний термін доставки), при якому може наступати максимальна відповідальність залізниці у розмірі γ_{MAX} від перевізної плати;

t_N – нормативний термін доставки вантажу.

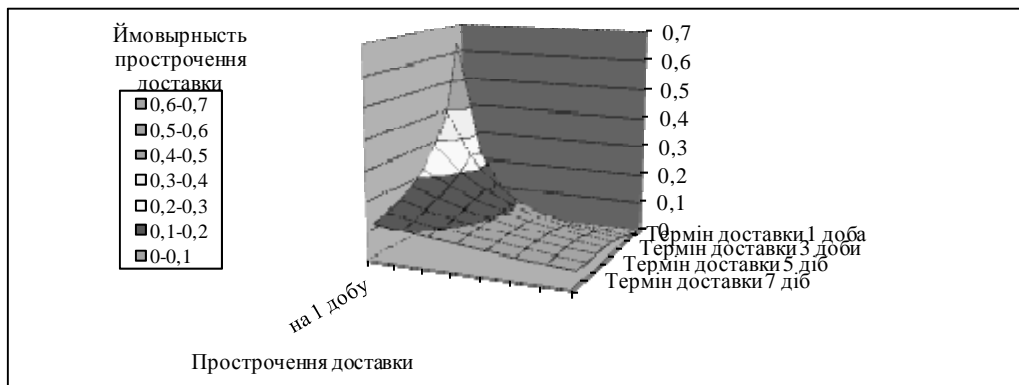


Рис. 4. Ймовірність прострочення доставки при певних значеннях t_N , Δt_{MIN} та Δt_{MAX}

Рис. 4 графічно відображає представлену формулу ймовірності прострочення доставки. З рисунка видно, що найбільш ймовірне прострочення на 1-2 доби виникає при терміні доставки від 1-3 діб, що є цілком логічним. Крім високої ймовірності затримки, чим менший термін доставки, тим більшої точності вимагає вантажоотримувач.

Оскільки величини Δt_{MIN} , γ_{MIN} і Δt_{MAX} , γ_{MAX} є постійними для кожного транспортного законодавства, то можна вважати, що визначальним фактором є t_N . Можна визначити, яка частка перевізної плати найбільш ймовірно буде повернена у разі задоволення усіх претензій вантажоодержувачів щодо прострочення доставки:

$$H(D_L) = \frac{\gamma_{MIN} \cdot \exp\left\{-\frac{\Delta t_{MIN}}{t_N}\right\} + \gamma_{MAX} \cdot \exp\left\{-\frac{\Delta t_{MAX}}{t_N}\right\}}{\exp\left\{-\frac{\Delta t_{MIN}}{t_N}\right\} + \exp\left\{-\frac{\Delta t_{MAX}}{t_N}\right\}} \quad (2)$$

$$\omega(D_L) = P(D_L) \cdot H(D_L), \quad (3)$$

ОРГАНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

З формул (2) та (3) і пояснень до них випливає, що добуток є не що інше, як найбільш імовірні питомі втрати доходів від перевезень у частках від перевізної плати.

Таблиця 1. Визначення імовірнісних характеристик процесу доставки вантажів у внутрішньому сполученні

t_N , діб	$P(D_L)$	$H(D_L)$	$\omega(D_L)$	$A(D_L)$	$\Omega(D_L)$
0,5	0,0180	0,1036	0,0019	0,2212	0,0004
1	0,1170	0,1238	0,0145	0,3935	0,0057
2	0,2325	0,1538	0,0358	0,6321	0,0226
3	0,2498	0,1678	0,0419	0,7769	0,0326
4	0,2387	0,1755	0,0419	0,8647	0,0362
5	0,2210	0,1803	0,0398	0,9179	0,0366
6	0,2031	0,1835	0,0373	0,9502	0,0354
7	0,1868	0,1858	0,0347	0,9698	0,0337
8	0,1723	0,1876	0,0323	0,9817	0,0317
9	0,1596	0,1889	0,0301	0,9889	0,0298
10	0,1484	0,1900	0,0282	0,9933	0,0280

Слід врахувати й те, що перевізна плата тим більша, чим більша відстань L , а отже і термін доставки t_N , і чим менше допустиме мінімальне прострочення Δt_{MIN} (і більша при цьому вимагається точність часу доставки). Це можна врахувати коефіцієнтом точності доставки

$$A(D_L) = 1 - \exp\left\{-\frac{t_N}{\Delta t_{MIN}} a\right\}, \quad (4)$$

де $a \geq 1$ – коефіцієнт збільшення точності, а $\Delta t_{MAX} > \Delta t_{MIN} > 0$.

Перемножимо коефіцієнти, що визначені формулами (4) та (5) і отримаємо інтегральний коефіцієнт якості доставки

$$\Omega(D_L) = \omega(D_L) \cdot A(D_L) \quad (5)$$

Перевіримо отримані формули на прикладі термінів доставки та нормативів штрафів за прострочення у внутрішньому сполученні. Так, Статут залізниць України визначає $\gamma_{MIN} = 0,1$, при $\Delta t_{MIN} = 2 \text{ доби}$, відповідно $\gamma_{MAX} = 0,3$, $\Delta t_{MAX} = 4 \text{ доби}$. Отримані розрахунки зведемо в таблицю 1.

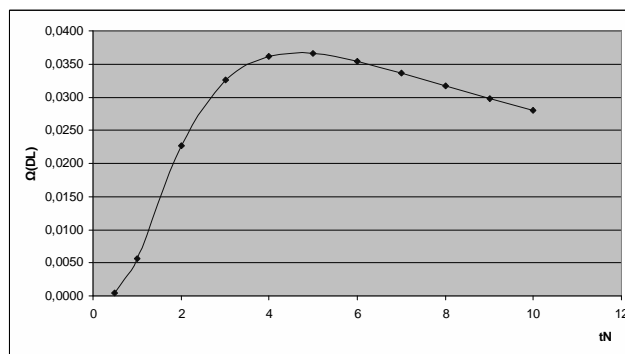


Рис. 5. Інтегральний коефіцієнт якості доставки

ОРГАНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

З табл. 1 та рис. 5 можна зробити висновок, що при діючій системі нарахування штрафів за прострочення доставки вантажів у внутрішньому сполученні найбільш «ризикованими» як по імовірності прострочення доставки, так і по сумарним втратам частки перевізної плати є нормативні терміни доставки 4, 5, 6 діб. Причому максимальний ризик при $t_N = 5$ діб складає 0,036.

При нарахуванні штрафів за прострочення доставки вантажів по нормативам СМГС, як ймовірність прострочення доставки, так і ймовірні питомі втрати доходів від перевезення не змінюються в залежності від значення t_N . Тому і ризик втрат стабільний і складає 0,038.

Наведена методика може бути застосована для встановлення найбільш ймовірних відхилень фактичного терміну доставки від нормативного (точності доставки) і розрахунку відповідних тарифів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Угрюмов А.К. Влияние суточной неравномерности движения на эксплуатацию железных дорог. Автореферат диссертации доктора техн. наук. Л.: ЛИИЖТ. 1964, – 34 с.
2. Угрюмов А.К. Неравномерность движения поездов. М.: Транспорт. – 1968. – 112 с.
3. Система поставок «точно в срок» (*just-in-time, JIT*) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://logistic-info.org.ua/tochno-v-srok.html>
4. Звіт з науково-дослідної роботи «Розробка методики формування графіків доставки вантажів та функцій контролю виконання умов договорів при автоматизації перевізного процесу» № 104/2011.
5. Статут залізниць України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/457-98-%D0%BF>
6. Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://old.uz.gov.ua/ci/org/osjd/Smgs-2005/SMGS%201.pdf>
7. Теория вероятностей: Учеб. для вузов / А. В. Печинкин, О. И. Тескин, Г. М. Цветкова и др.; Под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. – 456 с.
8. Применение математических методов и вычислительной техники в эксплуатации железных дорог. Акулиничев В. М., Кудрявцев В. А., Шульженко П. А. – М: Транспорт, 1973. – 208 с.