

## ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНОСТІ ВИНИКНЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ПОДІЇ В ЛОКОМОТИВНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Введено поняття нештатної ситуації, за допомогою якого визначається імовірність транспортної події, визначено архітектуру факторів, що впливають на виникнення нештатної ситуації, отримана ідеалізована модель виникнення нештатної ситуації.

*Ключові слова:* локомотивне господарство, нештатна ситуація, імовірність транспортної події

Введено понятие нештатной ситуации, с помощью которого определяется вероятность транспортного события, определена архитектура факторов, влияющих на возникновение нештатной ситуации, получена идеализированная модель возникновения нештатной ситуации.

*Ключевые слова:* локомотивное хозяйство, нештатная ситуация, вероятность транспортного события

The concept of a nonstandard situation aimed at determining the probability of transport events is introduced; the architecture of factors influencing on the occurrence of a contingency situation is defined; an idealized model of a nonstandard situation is obtained.

*Keywords:* locomotive facilities, nonstandard situation, probability of transport event

### Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями

Підвищення рівня безпеки руху поїздів є одним з головних завдань як працівників залізничного транспорту, так і науковців. Одним з ключових понять тут є «транспортна подія» (ТП). Для розробки заходів з покращення показників безпеки потрібно розробити теоретичну базу для визначення основних характеристик браків в роботі, однією з яких є імовірність виникнення ТП.

### Аналіз досліджень і публікацій

В теперішній час імовірність ТП визначається за результатами статистичних даних про аварії, катастрофи та інциденти [1]. Виявлення причин подій за допомогою технічних засобів виконується з основною ціллю оперативніше проводити розслідування [2]. В [3] поверхнево розглянуті питання людського фактору, та приділено багато уваги забезпеченню безпеки в умовах порушення нормальної роботи пристроїв сигналізації та зв'язку. Розробці теоретичних питань моделювання виникнення транспортних подій приділено не достатньо уваги.

### Формулювання цілей статті

Важливим завданням є отримання можливості визначення в чисельній формі параметру вірогідності транспортної події в залежності від того чи іншого чинника. Для цього необхідно окреслити коло факторів, що впливають на цей

показник. Для більшої визначеності надалі будемо розглядати ці питання в умовах роботи локомотивних бригад під час руху поїзду.

### Викладення основного матеріалу

По-перше, доцільним виявляється використання терміну «нештатна ситуація», що є більше містким, ніж термін «транспортна подія». За визначенням [4]: транспортні події — катастрофи, аварії, серйозні інциденти, інциденти та порушення, що виникли при русі рухомого складу та призвели до: загибелі або травмування людей, пошкодження технічних засобів, вантажу, об'єктів залізничного транспорту, дезорганізації руху. В даній роботі нештатна ситуація розуміється як сукупність обставин, що з визначеною долею імовірності могли привести до виникнення транспортної події.

Смисл введення поняття НС полягає в тому, що з'являється можливість розмежування причин виникнення транспортної події і дій або бездіяльності локомотивної бригади по недопущенню браку в роботі.

В якості прикладу розглянемо наступний випадок. При виконанні маневрової роботи на станції з ручним переведенням стрілок машиніст отримав вказівку переїхати з однієї колії на іншу. Стрілка на виїзді була переведена не з тієї колії, на якій знаходився локомотив. Черговий стрілочного посту, не переконавшись в готовності маршруту, помилково подав сигнал машиністу про дозвіл на рух. Всі перелічені обставини створили «нештатну ситуацію». Але транспортна подія (розріз стрілки) виникне

тільки в тому випадку, якщо машиніст приведе локомотив до руху не переконавшись в правильності маршруту.

Нештатних ситуацій в процесі роботи може виникати багато. Але тільки за певних несприятливих обставин вони можуть перетворитися на транспортні події. Таким чином формально можна записати:

$$P \in C,$$

де  $P$  – множина транспортних подій на залізничному транспорті;

$C$  – множина нештатних ситуацій, що виникають.

Аналізуючи спектр чинників, що впливають на вірогідність виникнення браку в роботі залізничного транспорту, можна розділити їх на дві групи: такі, що впливають на виникнення нештатних ситуацій, та ті, що впливають на поведінку виконавця в нештатній ситуації, причому

$$P(P) = P(C_i) \cdot k_{\text{лф}}, \quad (1)$$

де  $P(P)$  – імовірність транспортної події;

$k_{\text{лф}}$  – коефіцієнт, що враховує людський фактор,  $0 < k_{\text{лф}} < 1$ . Близкість  $k_{\text{лф}}$  до одиниці означає найнесприятливіший збіг обставин, впливаючих на робітника, що максимально підвищує вірогідність браку за даних обставин;

$P(C_i)$  – вірогідність виникнення нештатної ситуації в процесі роботи за даних умов.

Вірогідність  $P(C_i)$  залежить від людського фактору, технічного фактору, зовнішніх впливів.

Вплив зовні виражається наприклад у зміні кліматичних умов, відкладенні льоду на поверхнях контактного проводу або рейках, погіршенні видимості внаслідок туманів, снігопаду або дощу, виникненні спеки і т.ін.

Технічні фактори обумовлюються особливостями матеріалів, що використовуються при будівництві рухомого складу, взаємодією рухомих частин, умовами змащення, наявністю високим напруг і струмів.

До людського фактору відносяться дії або бездіяльність людини під час виконання службових обов'язків, що призвели до виникнення нештатної ситуації. Цей комплекс факторів є таким, що значно впливає на безпеку руху. До нього належать проїзд заборонних сигналів і граничних стовпчиків, відправлення з перекритими кінцевими кранами гальмівної магістралі, низький професійний рівень, знаходження людини на робочому місці у нетверезому стані, сон на робочому місці, неухважність, втома, відволікання й інше.

$P(C_i)$  пропонується розглядати з точки зору імовірності виникнення різних конфігурацій цих трьох компонентів.

Для прикладу розглянемо нештатну ситуацію «перевищення встановленої швидкості поїздом»  $C_{\text{пш}}$ . Визначимо всі причини, з яких могла статися ця ситуація:

- людський фактор:

$i_{\text{пш1}}$  – машиніст не стежить за показаннями швидкостеміру;

$i_{\text{пш2}}$  – машиніст невірною застосував гальма;

$i_{\text{пш3}}$  – машиніст навмисно перевищує швидкість;

- технічний фактор:

$i_{\text{пш4}}$  – дія гальм не ефективна;

$i_{\text{пш5}}$  – несправність крану машиніста;

$i_{\text{пш6}}$  – несправність манометрів;

$i_{\text{пш7}}$  – несправність швидкостеміру;

$i_{\text{пш8}}$  – зношеність поверхонь кочення вагонів (внаслідок чого виникають юзи колісних пар);

- зовнішні впливи:

$i_{\text{пш9}}$  – в результаті низької температури утворилась льодова пробка в повітропроводі;

$i_{\text{пш10}}$  – осадження вологи на поверхнях бандажів.

Прийmemo, що  $i_{\text{пш1}} \dots i_{\text{пш10}}$  є множиною  $I$ , що є повним переліком причин виникнення  $C_{\text{пш}}$ . Сформулюємо завдання: визначити імовірність виникнення події  $C_{\text{пш}}$ . Якщо підходити формально з точки зору теорії імовірності не маючи попереднього досвіду, то кожна подія  $i_{\text{пш}i}$  може або відбутися, або не відбутися з рівними ймовірностями, тобто

$$P(i_{\text{пш}i}) = 0,5 \quad \forall i \in I. \quad (2)$$

Імовірність виникнення  $C_{\text{пш}}$  визначається виразом [5]:

$$P(C_{\text{пш}}) = P(i_{\text{пш1}} \cup i_{\text{пш2}} \cup \dots \cup i_{\text{пш10}}) = 1 - (1 - P(i_{\text{пш1}})) \times \dots \times (1 - P(i_{\text{пш2}})) \dots (1 - P(i_{\text{пш10}})). \quad (3)$$

Враховуючи (3), маємо, що для нашого випадку  $P(C_{\text{пш}}) = 1 - 0,5^{10} = 0,999023$ . Загальна кількість факторів при однаковій їх імовірності, очевидно, впливає на імовірність  $P(C_{\text{пш}})$ , що показує рис. 1.

Видно, що при збільшенні кількості факторів імовірність виникнення нештатної ситуації збільшується. Але ця крива побудована при умові повної відсутності апріорної інформації щодо імовірностей виникнення  $i_{\text{пш}i}$ . Аналіз реальних даних причин виникнення перевищення швидкості свідчить, що середня імовірність виникнення кожного фактору  $i_{\text{пш}i}$  знаходиться в межах  $P(i_{\text{пш}i}) \approx 0,00018$ . Такі умови описує рис. 2.

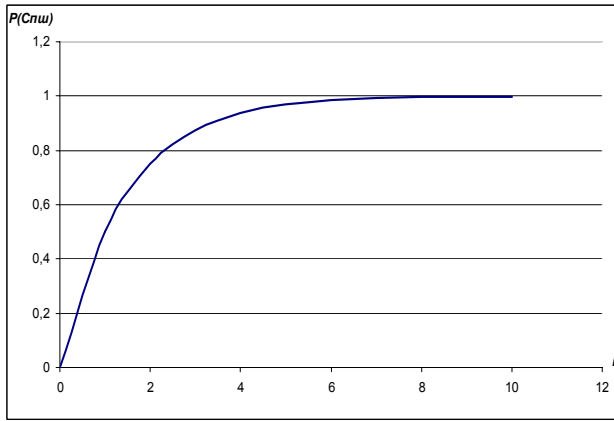


Рис. 1. Залежність імовірності  $P(C_{пш})$  від кількості факторів впливу  $i$  при  $P(i_{пш i}) = 0,5$

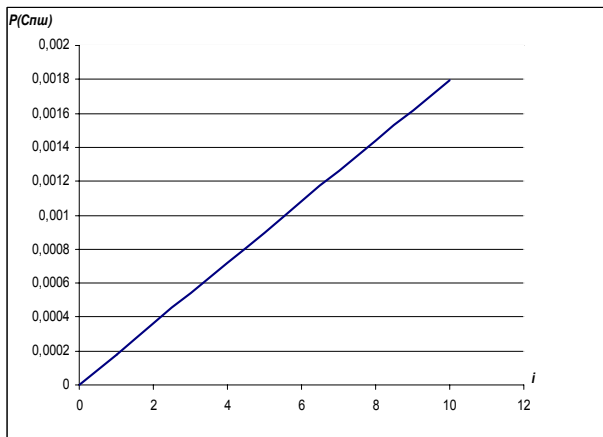


Рис. 2. Залежність імовірності  $P(C_{пш})$  від кількості факторів впливу  $i$  при  $P(i_{пш i}) = 0,00018$

Для більш точних розрахунків величини



Рис. 3. Архітектура факторів, що впливають на виникнення нештатної ситуації «перевищення швидкості»

імовірності виникнення нештатної ситуації потрібно мати конкретні величини  $P(i_{пш i})$  для кожного фактору.

При розгляданні кожного з десяти наведених факторів видно, що деякі з них можуть залежати від інших, більш конкретних факторів. Визначимо всі причини, з яких міг з'явитися фактор  $i_{пш1}$  (машиніст не стежить за показаннями швидкостеміру):

- людський фактор:

$i_{пш1-1}$  – машиніст відволікається на розмови з помічником;

$i_{пш1-2}$  – у машиніста поганий психофізичний стан;

$i_{пш1-3}$  – машиніст знаходиться в нетверезому стані;

- технічний фактор:

$i_{пш1-4}$  – в локомотиві виникають сторонні шуми, причину яких з'ясовує машиніст;

$i_{пш1-5}$  – перегоріла лампа підсвітлення швидкостеміру в темний час;

- зовнішні впливи: немає.

Таким чином, пропонується розподіл факторів на рівні. Фактори першого рівня  $i_{пш i}$  безпосередньо впливають на виникнення нештатної ситуації. Фактори другого рівня  $i_{пш i-j}$  впливають на фактори першого рівня. Очевидно, можна визначити також фактори третього і вище рівня. Тоді можна побудувати логічну архітектуру причин виникнення тієї чи іншої нештатної ситуації (рис. 3).

