

УДК 656.23.03

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВАГОНОРЕМОНТНОГО КОМПЛЕКСУ
І БЕЗПЕКИ РУХУ**

Канд. техн. наук І. О. Баранов, старш. викл. М. В. Мірошникова

**STUDY PERFORMANCE INDICATORS OF CAR REPAIR COMPLEX AND TRAFFIC
SAFETY**

PhD (Tech.) I. Baranov, Sr. lecturer M. Miroshnykova

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.192.2021.223771>

Анотація. У статті застосовується алгоритм систематизації і структуризації факторів, що впливають на умови безаварійної роботи вагоноремонтного комплексу полігону дослідження. Сформульовано основні фактори, що входять до складу моделі безпечної експлуатації рухомого складу. Побудовано стохастичну модель імовірності виникнення випадків порушення безпеки руху у вагонному господарстві. Розроблене конструктивне рішення моніторингу ступеня професіоналізму фахівців вагонного господарства дозволяє

підвищити рівень безпеки руху на залізничному транспорті. Визначено простір показників інтелектуальної та технологічної безпеки функціонування вагонного господарства.

Ключові слова: вагонне господарство, безпека руху, моделювання, інтелектуальна безпека, технологічна безпека, підготовка фахівця.

Abstract. The article analyzes structure of cases lack cars, which includes technical aspects and factors labor discipline, attitude managers and executors to issues traffic safety. It has been established that 58% cases marriage are technological nature, 40% are due human factor and only 2% are due to technical reasons. The block diagram of systematization and structuring factors influencing conditions trouble-free work car-repair complex research range is developed and constructed. The main factors are part model safe operation of rolling stock are formulated. Model distribution basic lacks functioning car economy is constructed. Aspects application are determined. A model for monitoring degree professionalism of railway specialists as tool improve traffic safety in railway transport has been developed. The space indicators of intellectual and technological safety functioning car economy branch is defined. To increase length warranty areas, it is planned to create maintenance point system of network value, which has latest maintenance technology. The main types of marriage are: malfunction body and frame car; violation integrity brake line; malfunctions air distributors; adjustment brake lever transmission; malfunction automatic regulators car modes; auto-coupling breakage and cases self-disengagement; axle box failure. Checking consistency theoretical distribution of empirical frequencies is necessary establish adequacy mathematical model to real object study, namely failure rolling stock, which contributes occurrence cases of traffic safety violations. To select and substantiate theoretical laws distribution, the most common faults rolling stock on railway were investigated and statistical models distribution random variables over time were built. According block diagram of systematization and structuring factors influencing conditions accident-free operation car repair complex research site, main factors are 6. Each these factors is broken down into factors more specific content, and they are broken down into more detailed factors. Each factors is characterized by one or another aspect application depending on root cause and nature of occurrence (technical, technological, organizational).

Keywords: wagon economy, traffic safety, modeling, intellectual safety, technological safety, specialist training.

Вступ. Забезпечення безаварійної роботи вагонного господарства залізниць, неможливе без надійної і ефективної роботи вагонного парку, що цілком обґрунтовано, можна назвати основою економіки всієї залізничної галузі. Вагон – ключова ланка в ланцюзі організації перевізного процесу. Технічний стан його багато в чому визначає надійність і ефективність роботи галузі, виконання найважливіших державних завдань, пов'язаних з розвитком і функціонуванням промисловості, а також підтримкою соціально-необхідного для країни пасажирського комплексу.

Останнім часом істотно змінилися техніко-економічні умови роботи вагонного парку [1, 2]. Внаслідок проведеної

державної тарифної політики знизилася потреба у вагонному парку, практично була припинена закупівля нових вагонів, широко застосовувалася практика повторного використання вузлів і деталей, що знімаються з облікового надлишкового вагонного парку. Однак, незважаючи на деякі позитивні моменти, це стало стримуючим фактором при вступі економіки у фазу зростання і збільшення обсягів перевезень.

В умовах зростання вантажообігу велике значення має забезпечення гарантії безвідмовного проходження вагонів від навантаження до вивантаження. Основним фактором для вирішення цього завдання є стійка робота пунктів підготовки вагонів

(ППВ) і пунктів поточного ремонту (ППР), що забезпечують якісну підготовку вагонів до перевезень.

Для збільшення протяжності гарантійних ділянок передбачено створення системи ПТО мережевого значення, які мають новітню технологію технічного обслуговування. Основними видами несправностей є:

- несправність кузова і рами вагона;
- порушення цілісності гальмівної магістралі;
- несправність гальмівної важільної передачі;
- несправність автоматичних регуляторів режимів гальмування;
- обрив автозчеплення і випадки саморозчеплення;
- несправність буксового вузла.

Аналіз структури вищезазначених випадків несправностей, крім технічних аспектів, характеризує і стан трудової дисципліни, ставлення керівників і виконавців до питань забезпечення безпеки руху [2, 3].

Кількість відмов у роботі технічних засобів є одним з найважливіших показників рівня безпеки руху поїздів, оскільки ці порушення безпеки призводять до затримок поїздів на перегонах і станціях, зривів передачі вагонів по стиках, впливають на загальну експлуатаційну ситуацію на залізниці.

За роботами [3, 4], 58 % випадків несправностей носять технологічний характер, 40 % припадає на людський фактор і лише 2 % відбуваються через технічні причини. Така ситуація властива практично всім господарствам залізничної галузі. Не є винятком і вагонне господарство. Тому виникає необхідність у систематизації та структуризації факторів, що впливають на рівень якості ремонту і обслуговування рухомого складу з урахуванням вимог безпеки руху. Причому найбільшій увазі потребують фактори технологічного та організаційного аспектів [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенню питань підвищення

безпеки руху на залізничному транспорті присвячені роботи вчених Бабаніна О. Б., Бутко Т. В., Курган М. Б., Куліченка А. Я., Никуліної Н. О., Пузиря В. Г., Розенберга І. Н., Соколова А. М., Салли Дж., Тартаковського Е. Д., Шмарова П. П. та ін.

У роботах Розенберга І. Н., Замишляєва А. М. розглянуто методи і геоінформаційні технології підвищення безпеки руху в службі перевезень [1].

Певний інтерес мають роботи Шабаліна М. Г., які відображують умови функціонування, ознаки і аспекти багаторівневої системи управління і забезпечення безпеки руху поїздів, але не містять алгоритму моніторингу організаційних і профілактичних заходів щодо підвищення безпеки руху у вагоноремонтному комплексі.

У роботах Зябірова Х. Ш. відзначено, що система управління безпекою на залізничному транспорті забезпечує найвищі показники безпеки порівняно з іншими видами транспорту.

Вченими приділяється значна увага оцінюванню безпеки несучих вагонних конструкцій [2, 3]; надійності рухомого складу [6]; організації технічного обслуговування і ремонту вагонів, діяльності вагоноремонтних підприємств [7, 8], але не досліджені ймовірності виникнення випадків порушення безпеки руху у вагонному господарстві через несправності роlikової букси.

Робота [8] присвячена розвитку і впровадженню інформаційних технологій залізничної галузі, формуванню відповідної бази вихідних даних, але не містить методів розвитку відповідної інформаційної індустрії на транспорті (на галузевому і державному рівнях) і потребує систематизації і структуризації факторів, що впливають на умови безаварійної роботи вагоноремонтного комплексу.

У роботі [9] розглянуто розробки компанії Siemens, які виконані для залізниць Німеччини і Китаю на концептуальній основі високошвидкісного поїзда ICE3 з

урахуванням вимог до безпеки і надійності рухомого складу, але потребують уточнення методи розвитку прогнозування і зменшення випадків порушення безпеки руху.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є вирішення питань безпечної експлуатації рухомого складу і реалізація організаційних заходів щодо підвищення безпеки руху (на прикладі вагоноремонтного комплексу).

Для досягнення сформульованої мети потрібно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз структури випадків несправностей вагонів на мережі залізниць;
- побудувати модель імовірності виникнення випадків порушення безпеки руху у вагонному господарстві;
- розробити алгоритм систематизації і структуризації факторів, що впливають на умови безаварійної роботи вагоноремонтного комплексу;
- побудувати конструктивне рішення моніторингу ступеня професіоналізму фахівців вагонного господарства з метою підвищення безпеки руху на залізничному транспорті;
- визначити показники інтелектуальної та технологічної безпеки функціонування вагонного господарства.

Основна частина дослідження. Математичне моделювання випадкових процесів, вибір і обґрунтування теоретичних законів розподілу обраних параметрів є найбільш ефективним інструментом в інженерному дослідженні [10]. Математична модель може включати випадкові компоненти, що задовольняють статистичні закони. Такі моделі, як правило, називаються ймовірнісними або стохастичними і застосовуються для дослідження різних факторів і параметрів, що змінюються в часі (кількість відмов технічних засобів, затримки поїздів і т. д.).

Будь-яка аварійна ситуація має відповідні передумови і певні умови для її виникнення [11, 12], тому необхідно прогнозувати не тільки аварійні ситуації,

але і конкретні види несправностей, що сприяють їх виникненню.

Для визначення частки ймовірності переходу випадків порушень безпеки руху з одного стану в інший, а також для виявлення справжньої причини останніх у роботі обрано, обґрунтовано і досліджено за допомогою математичного апарату теоретичні закони емпіричного розподілу найбільш значущих несправностей рухомого складу:

- несправність роздільника повітря;
- несправність гальмівної магістралі;
- несправність гальмівної важільної передачі внаслідок неправильного регулювання;
- спрацювання автогальм;
- несправність роликової букси.

Всі ці види несправностей, за результатами рангової кореляції, класифікуються як випадок браку в роботі і належать до позиції «Відчеплення вагона від вантажного поїзда на шляху прямування» і можуть з'явитися першопричиною будь-яких випадків порушення безпеки руху (ПБР) від випадку несправностей у роботі до аварії і катастрофи [11, 12].

Статистичне дослідження динаміки випадків відмови технічних засобів, визначення параметрів його емпіричного розподілу, вибір і обґрунтування теоретичного закону виконувалися для наведених видів несправностей.

Обсяг вибірки розглянуто за останні 10 років у період з 2010 по 2020 р. і визначено як

$$n \geq \frac{x}{4 \cdot \varepsilon^2}, \quad (1)$$

де x – величина, що обирається з таблиць значень інтервалу ймовірностей залежно від прийнятого ступеня достовірності спостережень, $P(x)=1,2$;

ε – значення допустимої помилки.

Визначено такі параметри емпіричного розподілу:

- зона ймовірності розподілу випадкових величин R ;
- величина інтервалу h ;
- математичне очікування $M(X)$;
- дисперсія $D(X)$;
- середньоквадратичне відхилення σ ;
- асиметрія A ;
- ексцес E ;
- коефіцієнт варіації v .

Емпіричний розподіл характеризується середнім значенням x^* (математичним очікуванням або центром групування)

$$x^* = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (2)$$

де x_i – значення випадкової величини;

$\sum_{i=1}^n m_i = N$ – загальна кількість спостережень.

Величина розсіювання вибірових значень навколо їхнього середнього значення характеризується емпіричною дисперсією S^2

$$S^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n m_i (x_i - x^*)^2 = a - x^{*2}, \quad (3)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot m_i}{N}, \quad (4)$$

де m_i – частоти, які відповідають значенням випадкової величини.

Середнє квадратичне відхилення ($\sigma = 5,96$) визначається за методикою, поданою в роботах [10, 12].

Коефіцієнт варіації

$$v = \frac{\sigma}{x^*}. \quad (5)$$

Криві характеризуються асиметрією A і ексцесом E :

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n m_i (x_i - x^*)^3}{\sigma^3}, \quad (6)$$

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n m_i (x_i - x^*)^4}{\sigma^4} - 3. \quad (7)$$

Асиметрія характеризує симетричність кривої відносно центра групування (якщо $A = 0$, то крива симетрична, якщо $A > 0$, крива має позитивну асиметрію, якщо $A < 0$ – негативну).

Ексцес характеризує крутість кривої. Як крива з $E=0$ прийнята крива нормального розподілу, яка має щільність імовірності

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}. \quad (8)$$

Перевірки відповідності емпіричних розподілів несправностей теоретичним законам виконані за критеріями згоди Пірсона $P(x)^2$ і Колмогорова $P(\lambda)$. Вважається, що емпірична крива узгоджується з теоретичною, якщо ймовірність згоди $P(x)^2 \geq 0,05$ [10].

$$\chi^2 = \sum \frac{|m_i - m_i'|^2}{m_i'}, \quad (9)$$

$$\lambda = \frac{\sum (m_i - m_i')}{N} \cdot \sqrt{N}, \quad N = \sqrt{D}. \quad (10)$$

Кількість ступенів свободи

$$k = n - r - 1, \quad (11)$$

де n – кількість інтервалів дослідження;

r – кількість параметрів закону.

$$n = \frac{R}{1 + 3,2 \lg \sum m_i}. \quad (12)$$

У наш час кількість несправностей на мережі залізниць скорочується за рахунок впровадження нових технічних засобів і більш досконалої технології огляду і ремонту рухомого складу [2, 13], але залишається незначна ймовірність переходу з одного стану випадків ПБР в інший за рахунок виникнення факторів, що сприяють цьому процесу.

У більшості випадків несправність букси виявляється і ліквідується на першій стадії огляду рухомого складу. З огляду на технічні фактори (втома металу, фізичний і моральний знос технічних засобів), технологічні (порушення або недотримання технології огляду і ремонту рухомого складу) і організаційні (недостатні теоретичні знання і практичні навички, людський фактор) несправність букси може призвести як до особливого випадку, так і аварії і катастрофи.

Відповідно до теорії ймовірностей при класичному визначенні ймовірність події визначається рівнянням

$$P(A) = \frac{m}{n}, \quad (13)$$

де m – кількість елементарних результатів випробувань, які сприяють появі події;

n – загальна кількість можливих елементарних результатів випробувань.

Ймовірність випадку браку – відношення кількості елементарних результатів випробування, що сприяють браку, до загальної кількості можливих елементарних випробувань. Тоді придатними факторами

або результатами випробування для появи випадку браку будуть такі:

- недостатній рівень мастила в буксових вузлах;
- сторонні вклучення в мастило буксового вузла;
- збільшення радіального зазора між роликами підшипників;
- злам сепаратора.

Усі ці фактори сприятимуть процесу виникнення випадків ПБР, а тому попередження появи саме цих факторів зведе до мінімуму ймовірність події даного виду браку. Поява події несправності букси піддається логарифмічно-нормальному закону розподілу. Результати перевірки узгодженості теоретичного розподілу емпіричним частотам виконані за критерієм узгодження Пірсона χ^2 і Колмогорова λ , що контролює узгодженість гіпотетичних імовірностей $p_k = p(E_k)$ випадкових подій E_1, E_2, \dots, E_n з їхніми відносними частотами n_k/N у вибірці з N незалежних подій.

На основі результатів розрахунку, вигляду експериментальної кривої, значень її параметрів встановлено, що зміна обсягів випадків несправностей роликів букси на полігоні дослідження підкорюється логарифмічно-нормальному закону розподілу. На рис. 1 подано емпіричну і теоретичну криві.

Логарифмічно-нормальний закон – двопараметричний, $r = 2, k = 7$. Вирівняні за логарифмічно-нормальним законом значення визначені з виразу таблиці. Перевірка узгодженості теоретичного розподілу емпіричним з частотами необхідна для встановлення адекватності математичної моделі реальному об'єкту дослідження, а саме несправностей рухомого складу, що сприяє появі випадків ПБР.

Числові характеристики варіаційного ряду розподілу несправностей і основні параметри емпіричного розподілу такі: математичне очікування випадкової величини певної несправності; дисперсія; відхилення; коефіцієнт варіації, коефіцієнт нерівномірності (таблиця). Дані числові

характеристики дозволяють прогнозувати розташування випадкової величини несправностей рухомого складу і ймовірність появи її в тому чи іншому інтервалі зони розсіювання відмов технічних засобів

[14]. Результати досліджень можуть застосовуватися інженерно-технічними працівниками служб, причетних до аналізу і обробки причинно-наслідкових зв'язків і передумов випадків ПБР.

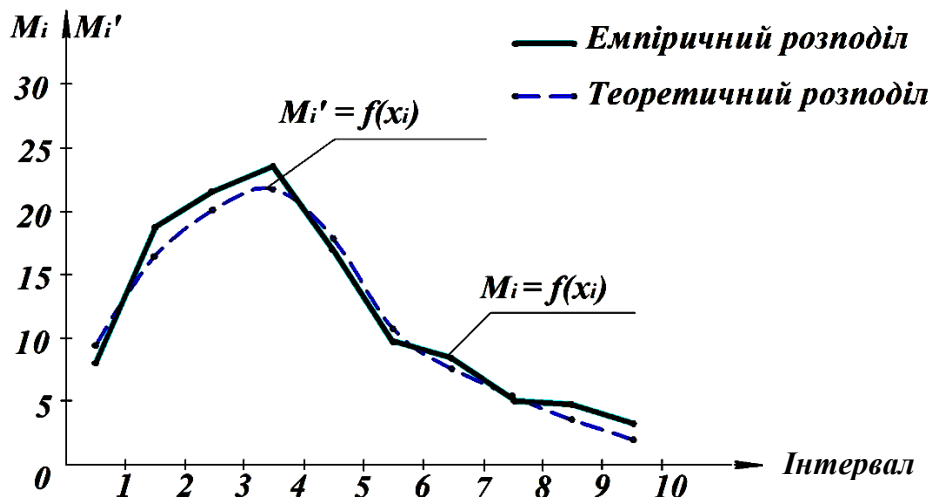


Рис. 1. Емпірична і теоретична криві логарифмічно-нормального закону розподілу випадків несправності роликової букси

Таблиця

Результати побудови моделі несправності роликової букси

Основний параметр розподілу	Найменування, розрахункова формула, значення
Передумови створення – першопричина	Недостатній рівень змащування в буксовому вузлі; сторонні елементи в змащуванні буксового вузла; збільшення радіального зазора між роликами підшипників; злам сепаратора
Теоретичний закон розподілу	Логарифмічно-нормальний
Функція розподілу щільності ймовірності	$m_i' = \sum m_i \cdot h \cdot \frac{0,44}{x\sigma \lg x} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[-\frac{(\lg x - \lg x^*)^2}{2\sigma^2 \lg x} \right]$
Математичне очікування випадкової величини несправності $M(X)$	56,28
Дисперсія $D(X)$	35,46
Квадратичне відхилення σ	5,96
Коефіцієнт варіації ν	0,17
Коефіцієнт нерівномірності	1,01
Кількість ступенів свободи k	7
Імовірність узгодження, за критерієм Пірсона $P(x)^2$	$P(x)^2=0,96$

Для вибору і обґрунтування теоретичних законів розподілу були досліджені найбільш розповсюджені несправності рухомого складу на залізниці і побудовані статистичні моделі розподілу випадкової величини відмов у часі.

Згідно з блок-схемою систематизації та структуризації факторів, що впливають на умови безаварійної роботи вагоноремонтного комплексу полігону дослідження (рис. 2), основними є шість факторів, кожен з яких розкладається на фактори більш конкретного змісту, а вони на більш деталізовані фактори. Кожному з них характерний той чи інший аспект застосування залежно від першопричини і

характеру виникнення (технічний, технологічний, організаційний).

Наведені на рис. 2 у-фактори входять до складу моделі безпечної експлуатації рухомого складу. Ефективність організаційних заходів, у тому числі і підвищення рівня знань працівників залізничного транспорту, обумовлена міцним, системним, оперативним науково-інформаційним забезпеченням процесів контролю і управління [15]. Необхідно більш інтенсивне впровадження інноваційних методів і технологій, здатних цілеспрямовано впливати на навчання та контроль рівня знань фахівців.

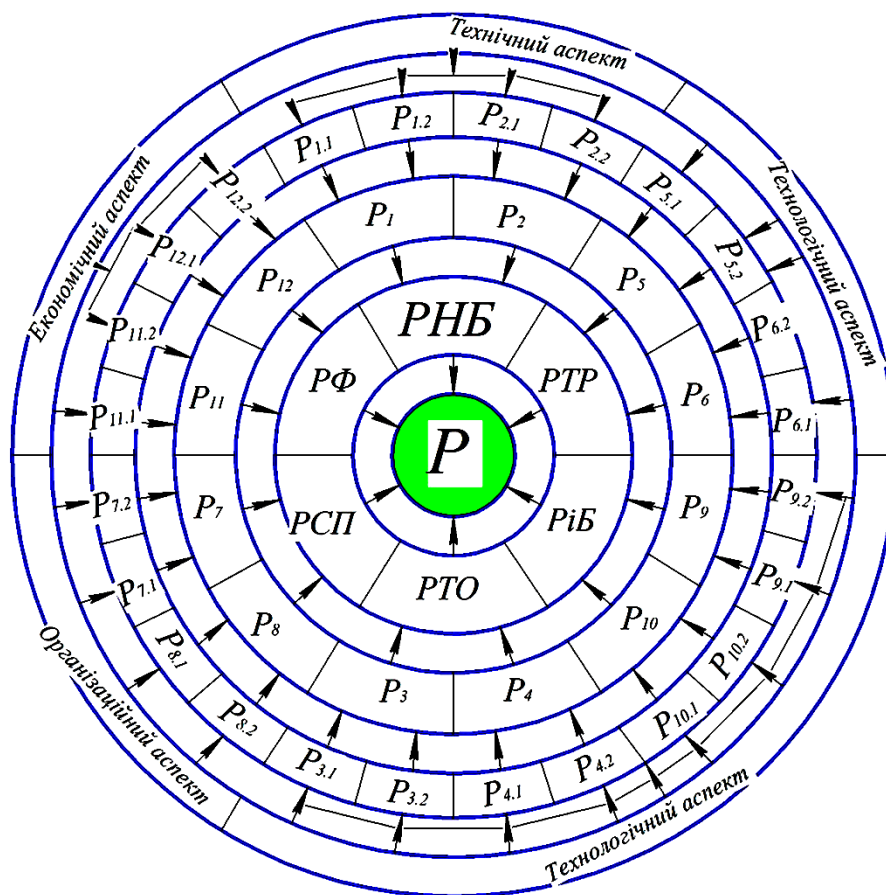


Рис. 2. Блок-схема систематизації та структуризації факторів, що впливають на умови безаварійної роботи вагоноремонтного комплексу:

P – рівень безпечної експлуатації рухомого складу; РНБ – рівень надійності і безпеки вагонів; РТО – рівень технічного оснащення; РТР – рівень технології роботи вагоноремонтного комплексу; РСП – рівень підготовки і ступенів професіоналізму фахівців; РіБ – рівень розвитку інформаційної бази; РФ – рівень фінансування; P₁ – забезпечення надійності і безпеки вагонів на

стадії проектування; P_{1.1} – генерування нових конструктивних рішень; P_{1.2} – розроблення сучасних методів розрахунку конструкції; P₂ – підтримання надійності і безпеки вагонів на стадії їх експлуатації; P_{2.1} – модернізація вагонних конструкцій; P_{2.2} – вдосконалення системи технічного діагностування збірних одиниць і деталей вагона; P₃ – розроблення нових технологій ремонту і технічного обслуговування вагонів; P_{3.1} – оптимізація технічного нормування і тарифікації технологічних процесів; P_{3.2} – розроблення технологічної документації; P₄ – розроблення технології роботи засобів механізації і автоматизації робіт з ремонту і технічного обслуговування вагонів; P_{4.1} – автоматизоване проектування технологічних процесів; P_{4.2} – оптимізація параметрів технічного оснащення об'єктів вагоноремонтного комплексу; P₅ – вдосконалення системи матеріально-технічного постачання підприємств вагонного господарства; P_{5.1} – підвищення рівня спеціалізації і концентрації виробництва у вагонно-ремонтному комплексі; P_{5.2} – формування окремої системи матеріально-технічного постачання з ремонту вагонів; P₆ – вдосконалення технологічного обладнання ремонтних підприємств; P_{6.1} – побудова і розроблення найбільш раціональних і економічних технологічних процесів виготовлення і ремонту складових частин вагонів; P_{6.2} – розроблення і здійснення плану реконструкції, технічного переозброєння і модернізації виробництва; P₇ – вдосконалення системи підвищення кваліфікації працівників; P_{7.1} – підвищення рівня підготовки і ступеня професіоналізму працівників; P_{7.2} – посилення професійного відбору працівників; P₈ – мотивація трудової діяльності працівників вагонного господарства; P_{8.1} – посилення стимулюючої і регулюючої функції заробітної плати; P_{8.2} – мінімізація негативних впливів професійної діяльності на організм працівника; P₉ – вдосконалення інформаційної системи; P_{9.1} – забезпечення якості інформації; P_{9.2} – оптимальний розподіл і просування інформаційних потоків; P₁₀ – вдосконалення інформаційних систем забезпечення безпеки руху; P_{10.1} – систематизація критеріїв для комплексного оцінювання рівня стану безпеки руху; P_{10.2} – впровадження нових інформаційних технологій; P₁₁ – вдосконалення системи фінансування; P_{11.1} – створення єдиної системи фінансування в рамках дирекції будівництва і ремонту вантажних вагонів; P_{11.2} – зміна схеми фінансування (з урахуванням розподілу бази на ремонтні і експлуатаційні депо); P₁₂ – оптимальний розподіл і просування фінансових потоків; P_{12.1} – диференційований підхід до формування собівартості ремонту вагонів; P_{12.2} – виділення інвестицій на закупівлю нових вантажних вагонів

Масштабність і багатоаспектність сучасних процесів контролю рівня знань постійно вимагають від організаторів профілактичної роботи, застосування науково-методичного інструментарію, який був би здатний спостерігати об'єкт управління в динаміці, діагностувати його стан і прогнозувати тенденції розвитку.

Таким вимогам відповідає моніторинг ступеня професіоналізму працівників, що дозволяє здійснювати багатопланове і безперервне спостереження на різних рівнях організаційної структури вагонного господарства.

У відповідності зі своїми цільовими установками інформаційно-аналітичний аспект моніторингу ступеня професіоналізму готовий забезпечити вирішення таких функціональних завдань:

- регулярний огляд, аналіз рівня знань і процесів навчання в системі підготовки та підвищення кваліфікації працівників;
- систематизація даних про функціонування навчальної інфраструктури та стану сфери навчання на залізничному транспорті;
- автоматизоване моделювання та оцінювання рівня знань і професійного статусу фахівця;
- функціонування базової автоматизованої інформаційної системи (комп'ютерні бази даних результатів опитування і тестування, паспорта дисциплін та ін.);
- моделювання, діагностування та прогнозування процесів навчання і контролю; розроблення програм підвищення кваліфікації і закріплення отриманих знань; контроль за реалізацією програмних завдань на всіх рівнях;

• обробка матеріалів експертних оцінок і їх статистичний аналіз з проблем інтелектуальної та технологічної безпеки залізничного транспорту.

З урахуванням функціональних завдань у моніторингу розглянуто ознаки аналітичних показників (рис. 3).

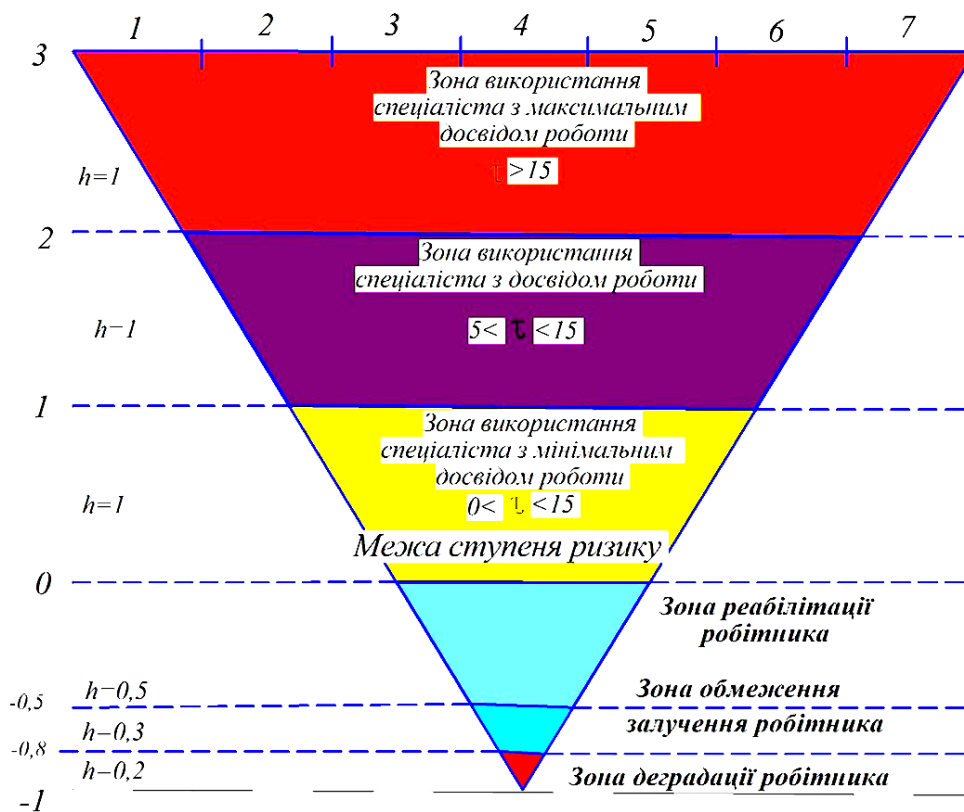


Рис. 3. Конструктивне рішення моніторингу ступенів професійної підготовки фахівців:
 h – параметр емпіричного розподілу знань працівників

Величина інтервалу

$$h = R / n. \quad (14)$$

Зона розсіювання вибірових значень

$$R = x_{\max} - x_{\min}, \quad (15)$$

де x_{\max} , x_{\min} – максимальне і мінімальне значення параметрів емпіричного розподілу знань працівників, величина, що обирається з таблиць значень інтервалу ймовірностей залежно від прийнятого ступеня достовірності спостережень, $P(x) = 1,2$.

Кількість інтервалів

$$n = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3,2 \cdot \lg N}. \quad (16)$$

Виділені групи показників, що відображують той чи інший ступінь інтелектуальної загрози і ступінь підготовки фахівця за шкалою в індексах, значення яких коливаються від +3 до -1:

- зона професійної придатності (стаж роботи $\tau > 15$ років);
- зона професійної придатності (стаж роботи $5 < \tau < 15$ років);

- зона професійної придатності (стаж роботи $\tau < 5$ років);
- зона реабілітації працівника;
- зона обмеження застосування працівника як спеціаліста (зона професійної загрози);
- зона професійної деградації працівника (з подальшим звільненням).

Межа ступеня ризику професійної підготовки відокремлює зону професійної придатності від зони реабілітації працівника.

Структура і склад оцінних критеріїв показників інтелектуальної безпеки, деталізація ознак кожного аналітичного показника (їх порядок відображений у нумерації стовпців 1–7) визначається фахівцями аналітичного центру спільно з експертами залежно від ситуації, що складається і завдань аналізу:

- кадровий потенціал вагонного господарства, стан ринку праці та зайнятості;
- умови праці працівників вагонного господарства, безпека та екологія праці;
- управління процесами професійної підготовки;
- рівень життя працівників і їхніх родин;
- стан здоров'я працівників і їхніх родин;
- оперативно-масові, експертні опитування і перевірки працівників;
- зацікавленість працівників у результаті праці.

Як правило, всі порушення ПТЕ та інших нормативно-технологічних документів носять суб'єктивний характер. Тому працівники повинні мати необхідні знання, отримані в спеціальних навчальних закладах, на курсах підвищення кваліфікації, технічних школах, а також практичні навички і вміння, набуті за час роботи.

У наш час існуючі методи навчання, як правило, засновані на проведенні лекційних занять з великими групами учнів, а контроль засвоєння пропонованого матеріалу протікає у вигляді усного заліку або іспиту.

Така форма атестації, безумовно, має ряд недоліків:

- деяка формальність в оцінюванні знань, що перевіряються (особливо за системою залік-незалік).
- висока завантаженість екзаменаторів рутинною роботою, пов'язаною з обробкою результатів опитування або оформленням відповідної документації;
- суб'єктивізм в оцінюванні знань;
- відсутність відповідного механізму порівняння результатів періодичної перевірки знань працівників на різних залізницях.

З метою більш детального аналізу результати перевірки рекомендується використовувати в табличній формі з урахуванням відповідної колірної гами. Якщо опитуваний не має стабільних результатів з освоєння програми технічного навчання, він отримує індивідуальні рекомендації до додаткового вивчення матеріалу, а така кольорова градація дозволить більш об'єктивно оцінювати результати профілактичної роботи щодо забезпечення безпеки руху.

Така система дозволить розробити відповідний «Класифікатор рівня знань працівників» з подальшим його включенням до паспорта безпеки станції ПБС (дільничної або сортувальної).

Висновки. Виконано аналіз структури випадків несправностей вагонів, до яких входять технічні аспекти і фактори трудової дисципліни, ставлення керівників і виконавців до питань забезпечення безпеки руху. Встановлено, що 58 % випадків несправностей носять технологічний характер, 40 % припадає на людський фактор і лише 2 % відбуваються через технічні причини.

Побудовано стохастичну модель імовірності виникнення випадків порушення безпеки руху у вагонному господарстві. На основі результатів розрахунку, вигляду експериментальної кривої, значень її параметрів встановлено, що зміна обсягів випадків несправностей роlikової букси на полігоні дослідження

підкорюється логарифмічно-нормальному закону розподілу. Встановлено, що ймовірність узгоджена за критерієм Пірсона $P(x)^2 = 0,96$, отже гіпотеза про підпорядкування емпіричного розподілу несправностей роликової букси логарифмічно-нормальному закону підтверджується.

Розроблено і побудовано блок-схему систематизації і структуризації факторів, що впливають на умови безаварійної роботи вагоноремонтного комплексу полігону дослідження. Сформульовано основні фактори, що входять до складу моделі безпечної експлуатації рухомого складу. Визначено аспекти їх застосування. Особливість блок-схеми полягає в тому, що кожному з факторів (шість основних факторів) характерний той чи інший аспект застосування залежно від першопричини і

характеру виникнення (технічний, технологічний, організаційний).

Розроблено конструктивне рішення моніторингу ступеня професіоналізму фахівців вагонного господарства як інструмент підвищення безпеки руху на залізничному транспорті. Запропоновано шість основних функціональних завдань, які реалізуються у відповідності зі своїми цільовими установками засобами інформаційно-аналітичного моніторингу ступеня професіоналізму фахівців. Встановлено, що межа ступеня ризику використання спеціаліста з мінімальним досвідом роботи спостерігається в інтервалі від 0 до 5 років.

Визначено простір показників інтелектуальної та технологічної безпеки функціонування вагонного господарства галузі.

Список використаних джерел

1. Розенберг И. Н., Замышляев А. М. Методы и технологии повышения безопасности движения в службе перевозок. Наука в транспортном измерении: материалы Международной научно-практической конференции. 2015. 92 с.
2. Куліченко А. Я. Науково-технологічні основи ремонтного виробництва вантажних засобів залізничного транспорту: автореф. дис... д-ра техн. наук. Дніпропетровськ. 2011, 36 с.
3. Соколов А. М. О надёжности буксовых узлов грузовых вагонов. *Железнодорожный транспорт*. 2017. № 7. С. 50–52.
4. Салли Дж. Новые высокоскоростные пассажирские поезда компании Siemens: пер. с англ. *Modern Railways*. Лондон, 2006. № 696. Р. 64–65.
5. Железные дороги США: Особенности грузовых и пассажирских перевозок. *Железные дороги мира*. 2017. № 4. С. 9–32.
6. Yarovoy R., Chernetskaya-Beletskaya N., Mikhailov E. Influence of use of energy storage on emissions of pollutant substances by a maneuver locomotive. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol.4. No 10 (100). URL: <http://journals.Uran.Ua/eejet/article/view/176908>.
7. Fomin O., Kulbovskiy I., Sorochinska E. Experimental confirmation of the theory of implementation of the coupled design of center girder of the hopper wagons for iron ore pellets. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 5. Issue 1 (89). Р. 11–19. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/109588>.
8. Хохлов А. А., Петров Г. И., Тимков С. И. Безопасность движения порожних грузовых вагонов при синфазности колебаний. Безопасность движения поездов: шестая науч.-практ. конф. Москва, 2006. С. 34–38.
9. Катлен К. Высокоскоростные поезда TGV POS: пер. с англ. *Revue Generale des Chemins de Fer*. Париж, 2006. № 153, С. 33–43.

10. Пономарёв В. М. Математическое моделирование отказов ходовых частей подвижного состава как основа безаварийной работы железнодорожного транспорта. *Наука и техника транспорта*. 2008. № 1. С. 67–70.

11. Никулина Н. А. Повышение экологической эффективности работы вагонного хозяйства железнодорожного транспорта в условиях его реформирования: дисс... канд. техн. наук. Москва, 2004. 148 с.

12. Шикина Д. И. Оптимизация нормативного срока службы и системы технического обслуживания и ремонта вагона с учетом качества его ремонтов: на примере полувагона: автореф. дисс... канд. техн. наук. Москва, 2012. 24 с.

13. Шмаров П. П., Никулина Н. А., Вовк А. А. Реформирование вагонного хозяйства ОАО «РЖД». *Железнодорожный транспорт*. 2018. № 7. 28 с.

14. Чернецька-Білецька Н. Б., Баранов І. О. Впровадження єдиної системи кодування рухомого складу залізничного транспорту. *Вісник Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля*. 2019. № 2 (250). С. 116–119.

15. Чернецкая-Белецкая Н. Б., Баранов И. О., Солдаткин Д. О. Анализ вариантов управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте в условиях неравномерности. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля*. 2015. № 1 (218). С. 107–109.

Баранов Ігор Олегович, кандидат технічних наук, доцент кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. ORCID iD: 0000-0002-1551-0973. Тел.: (066) 914-33-28. E-mail: baranov_90@ukr.net.

Мірошникова Марія Володимирівна, старший викладач кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. ORCID iD: 0000-0002-7578-9283. E-mail: citroen4ik@gmail.com.

Baranov Igor, PhD (Tech.), Associate Professor, Department of Logistics and Traffic Safety, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. ORCID iD: 0000-0002-1551-0973. Tel. (066) 914-33-28. E-mail: baranov_90@ukr.net. Miroshnykova Maria, Senior Lecturer, Department of Logistics and Traffic Safety, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. ORCID iD: 0000-0002-7578-9283. E-mail: citroen4ik@gmail.com.

Статтю прийнято 18.09.2020 р.