

ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ (273)

УДК 656.052: 656.08

ДО ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ У ПАСАЖИРСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Д-р техн. наук І. Е. Мартинов, кандидати техн. наук А. В. Труфанова, А. О. Бабенко, В. О. Шовкун

ANALYSIS OF DIRECTIONS FOR IMPROVING THE RELIABILITY OF PASSENGER ROLLING STOCK

D. Sc. (Tech.) I. E. Martynov, PhD (Tech.) A. V. Trufanova, PhD (Tech.) A. O. Babenko, PhD (Tech.) V. O. Shovkun

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.190.2020.214169>

Анотація. У роботі розглянуто основні чинники, які впливають на стан безпеки руху у пасажирському господарстві АТ «Укрзалізниця». Проведено аналіз розподілу парку пасажирських вагонів за віком та, враховуючи коливання пасажирообігу, визначено середньорічну потребу у придбанні нових вагонів.

Доведено, що стан спрацювання пасажирських вагонів досяг критичної позначки. У зв'язку з обмеженням фінансування в «Укрзалізниці» на придбання нового рухомого складу в потрібній кількості та вилученням вагонів, термін служби яких вичерпано, кількість вагонного парку неухильно зменшується. Це може призвести до проблем із забезпеченням наявним рухомим складом пасажирських перевезень.

У результаті дослідження отримано залежності зміни кількості транспортних подій, віднесених на пасажирське господарство. Доведено, що питома кількість транспортних подій, що припадає на 100 тис. перевезених пасажирів, незважаючи на коливання кількості рухомого складу та пасажирообігу, останніми роками має тенденцію до збільшення. Отримано залежності зміни параметра потоку відмов пасажирських вагонів у розрахунку на 1 млн пас. км.

Проведено аналіз причин, які викликають транспортні події, та досліджено динаміку їх зміни. Визначено, що переважна більшість відмов пасажирських вагонів спричинена відмовами роликів букс та автоматичних гальм. Ще однією важливою причиною є саморозчеплення автозчепів. Особливу увагу приділено відмовам колісних пар. Досліджено основні причини, що викликають позапланові заміни колісних пар. Визначено напрямки основних заходів щодо підвищення безпеки руху у пасажирському господарстві АТ «Укрзалізниця».

Ключові слова: пасажирський вагон, статистика порушень, відмова, безпека руху.

Abstract. The main factors influencing the state of traffic safety in the passenger economy are considered in the work. It is determined that the state of operation of passenger cars has reached a critical level. The number of car fleets is also steadily declining. For the period 2018-2019, the passenger's turnover performed by railway is approximately 36% of the total passenger's turnover of all kinds of transport, including public transport. To meet the need for passenger traffic, the wagon park must be systematically updated. The number of car fleets is also steadily declining. In

the future, the situation with passenger traffic may become critical due to the shortage of cars. Due to the limited purchase of new passenger cars in the required quantity to prevent the reduction of the inventory, the directions for extending the standard service life of cars are stipulated. The dependences of the change in the number of transport events attributed to the passenger economy are obtained. It is proved that in recent years the specific number of traffic accidents per 100 thousand transported passengers, remains virtually unchanged, despite fluctuations in the number of rolling stock and passenger.

The analysis of the reasons causing transport events is carried out and dynamics of their change is investigated. It is determined that the main reasons for the failure of the elements of passenger cars are axle boxes with rolling bearings and automatic brakes. With the general decrease in the number of wagons sent to the voyage, the number of wheelsets changed proportionally did not decrease, and the ratio of the number of unscheduled wheelsets to wagons sent on the contrary increased.

It is established that the main reason for replacement is the formation of thermal meshes cracks on the rolling surface of the wheels. Organizational and technical measures to increase the reliability of passenger cars are proposed.

Keywords: *passenger car, statistics of violations, refusal, traffic safety.*

Вступ. Залізничний транспорт являє собою складну систему «людина – машина», у якій органічно поєднуються різноманітні технічні засоби різного функціонального спрямування та управлінські дії обслуговуючого персоналу. Саме злагодженість усіх ланок зазначеної системи забезпечує процес перевезень.

Головною умовою нормального та ефективного функціонування залізничного транспорту є забезпечення безпеки руху. Це питання завжди було в центрі уваги фахівців усіх рівнів при будівництві та реконструкції залізничних колій, створенні перспективних конструкцій рухомого складу, розробленні технологічних процесів ремонту та технічного обслуговування вагонів тощо. Разом з тим підвищення швидкостей руху та навантажень на вісь, упровадження інноваційних вагонів нового покоління (як вантажних, так і пасажирських) потребують нових підходів фахівців цієї галузі до забезпечення процесу керування безпекою руху поїздів.

Важлива роль у забезпеченні безпеки руху належить пасажирському господарству. З огляду на масовість парку пасажирських вагонів, будь-яка відмова

елемента конструкції вагона на шляху прямування може стати причиною аварії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Безпека руху завжди була пріоритетним напрямком у діяльності залізниць з моменту їх виникнення. Методи вирішення завдань забезпечення безпеки руху змінювались разом із змінами вимог до рівня безпеки. Так, на початковому етапі [1] використовувався так званий принцип «абсолютної безпеки». Стосовно рухомого складу це означало забезпечення відсутності відмов вагонів шляхом підвищення міцності елементів конструкції. Вважалося, що збільшена міцність підвищить надійність конструкції вагона [2]. Крім того, розрахунок на міцність проводився лише у детерміністичній постановці, не враховувалося стохастичного характеру дії багатьох навантажень.

У роботі [3] започатковано застосування статистичного підходу до вирішення проблеми безпеки руху.

У дослідженнях професора В. М. Самсонкіна [4] запропоновано використовувати так званий метод статистичної закономірності (МСЗ). Ця теорія побудована на статистичному підході до керування та являє собою

ефективний підхід з точки зору теорії управління складними системами [5, 6].

У статті [7] проводиться аналіз випадків порушень безпеки руху у вагонному господарстві Укрзалізниці. Автори доходять висновку, що головною причиною відчеплень вагонів та затримок вантажних поїздів на шляху прямування є недостатня надійність букс з підшипниками кочення.

У дослідженні [8] автори намагаються визначити напрямки шляхів підвищення ефективності пасажирських перевезень в умовах зносу пасажирського рухомого складу.

Особливу увагу фахівці приділяють умовам забезпечення відсутності можливості сходу вагонного колеса з рейки. Так, Г. Марье у своєму дослідженні [10] охоплює всі можливі умови руху залізничного рухомого складу по рейковій колії. При цьому сумісно розглядаються особливості конструкції як рухомого складу, так і колії. Особливо докладно досліджується питання дії інерційних та динамічних сил, що виникають при великих швидкостях руху.

У статті [12] авторами розглянуто питання забезпечення ресурсами для якісного та своєчасного технічного обслуговування рухомого складу. Мета роботи полягає в тому, щоб підвищити доступність і надійність при одночасному зниженні ризику відмови рухомого складу та, відповідно, підвищенні безпеки руху.

У дослідженні [13] розглянуто передові системи управління ремонтом та експлуатацією вагонів, які використовуються в Європейському Союзі. Авторами представлені основні технологічні і організаційні питання, які пов'язані з обслуговуванням і управлінням пасажирських вагонів, включаючи основні вимоги до апаратного і програмного забезпечення для реалізації системи (обслуговування, відстежування, система безпеки та ін.).

По мірі розвитку технологій залізничних систем виникає теоретично

складна і практично значуща проблема необхідності використання системи автоматичного керування рухом поїздів для підвищення ефективності існуючої залізничної мережі з більш високою пропускною спроможністю, нижчими витратами і поліпшеною якістю обслуговування за рахунок оптимізованого управління залізничним рухом і роботи потягів за умови забезпечення підвищеної надійності рухомого складу. В роботі [14] автори зосередилися на цій новій технології автоматичної роботи потягів (АКРП) для її теоретичного розвитку і практичних реалізацій. У роботі представлені дослідження про сучасні технології і АКРП на залізницях світу, яка містить докладний опис її розробки і впровадження існуючих систем.

Разом із цим очевидно, що у науковій літературі недостатньо проаналізовано причини відмов пасажирських вагонів, відомості про найбільш характерні пошкодження та їх зв'язок з рівнем технічного стану.

Визначення мети та завдання дослідження. Проаналізувати технічний стан пасажирського вагонного парку АТ «Укрзаліниця», встановити основні причини недостатньої надійності пасажирського рухомого складу та визначити напрямки основних заходів щодо підвищення безпеки руху у пасажирському господарстві АТ «Укрзаліниця».

Основна частина дослідження. Впродовж 2017 року вітчизняними залізницями у далекому та приміському сполученні було перевезено 206,63 млн пасажирів. У 2018-2019 рр. ця цифра була меншою і склала 202,84 млн та 201,19 млн пасажирів відповідно. За цей самий період пасажирообіг, виконаний залізничним транспортом, складає приблизно 36 % від загального пасажирообігу всіх видів транспорту, включно з міським транспортом. Для забезпечення потреби у

пасажирських перевезеннях парк вагонів має систематично оновлюватись.

Як стверджується у [15], у 1990 році інвентарний парк пасажирських вагонів складав близько 9800 вагонів. Далі чисельність вагонного парку неухильно зменшувалась. Станом на 2006 рік інвентарний парк пасажирських вагонів Укрзалізниці всіх типів налічував 7704 од., 33 % (2545 вагонів) відпрацювали встановлений ресурс (28 років) і їх треба було вилучити з експлуатації як такі, що не можуть забезпечити безпеки руху. Проте, при середньорічній потребі у придбанні 250 нових вагонів, за останній період 1990-2006 рр. залізницями України за власні кош-ти придбано лише 226 пасажирських вагонів або приблизно 7 % від загальної потреби.

Станом на 2008 рік вже 2890 вагонів відпрацювали свій ресурс. Середній рік пасажирського вагона складав 26,3 року, що відповідало 93 % зношеності.

У 2008 році Кабінет Міністрів України та Укрзалізниця прийняли «Комплексну програму оновлення залізничного рухомого складу України на 2008–2020 рр.». Згідно з цією програмою потреба у нових пасажирських вагонах складала понад 4500 одиниць на суму 23 млрд 803 млн грн. Програмою було передбачено конкретні заходи та розроблено плани щодо як закупівлі нових

вагонів, так і проведення капітально-відновлювальних ремонтів (КВР) та капітальних ремонтів з подовженням терміну служби (КРП). Але через хронічну нестачу фінансування цих планів не було виконано.

У попередньому десятиріччі спостерігалася тенденція до зростання перевезень пасажирів у міжнародному і міждержавному сполученнях, а у внутрішньому та приміському сполученнях, порівняно з 2006 роком, обсяги перевезень знижувались. Це пояснюється розгалуженістю в Україні автомобільних перевезень на міжміському та приміському сполученнях.

У подальшому ситуація лише погіршувалася. У 2017 році інвентарний парк пасажирських вагонів основних перевезень перевищував 5000 од. (розподіл за роками побудови подано на рис. 1).

Очевидно, що переважну більшість вагонів збудовано у 70–80 роки ХХ століття. Вони зношені як фізично, так і морально. Середній вік пасажирського вагона складає 29,3 року.

Структуру інвентарного парку пасажирських вагонів за типами подано на рис. 2.

До кінця 2020 року вичерпається ресурс (28 років) обсягом 1001 од. Парк пасажирських вагонів за типами в межах терміну експлуатації на кінець року відображено в таблиці.

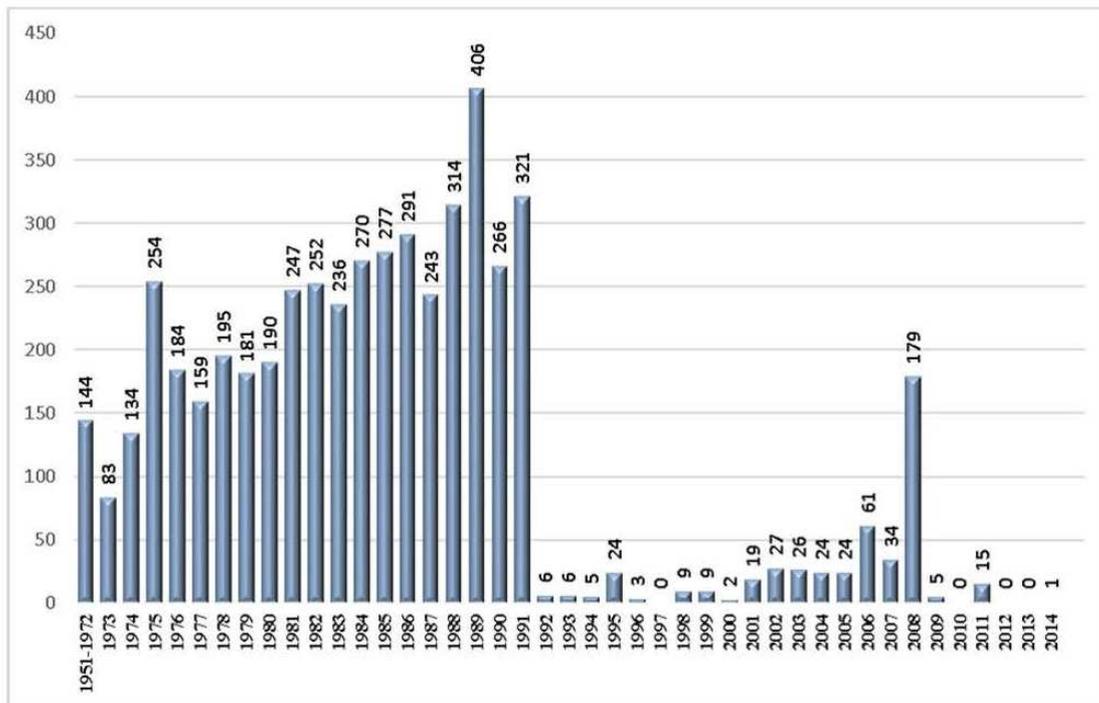


Рис. 1. Розподіл пасажирських вагонів за роками побудови

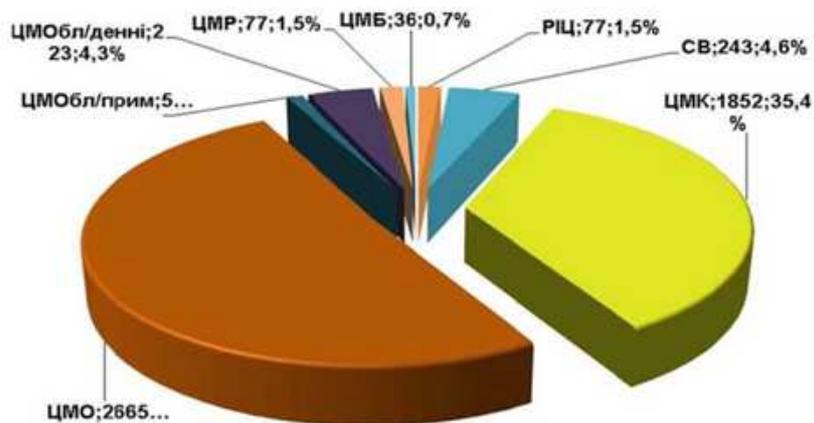


Рис. 2. Структура інвентарного парку пасажирських вагонів

Таблиця

Парк пасажирських вагонів у межах терміну експлуатації

Тип вагона	Рік та кількість вагонів				
	2015	2016	2017	2018	2019
Купейний/ЦМК	1888	1866	1694	1711	1608
Плацартний/ЦМО	2690	2669	2302	2225	2108
Спальний/СВ	244	243	218	215	213
Спальний міжнародний/РІЦ	79	79	70	69	59
Міжобласний/МО	184	179	177	170	153
Вагон-ресторан/ЦМР	85	82	53	50	47

Багажний вагон/ЦМБ	35	35	37	37	32
Службово-технічний/СТ			10	10	5
Спеціальний рухомий склад та ін./СРС			19	19	19

Структуру інвентарного парку пасажирських вагонів за віком зображено на рис. 3.

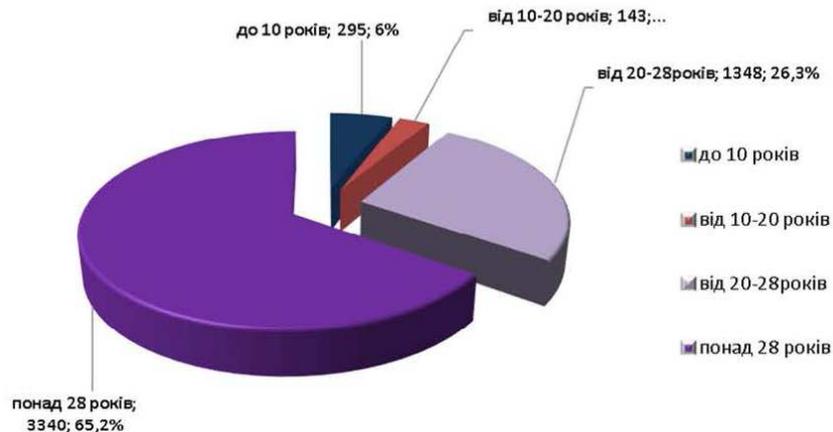


Рис. 3. Структура інвентарного парку пасажирських вагонів за віком

У подальшому ситуація з пасажирськими перевезеннями може набути критичного характеру через дефіцит вагонів. Через обмеженість придбання нових пасажирських вагонів у необхідній кількості, для запобігання скороченню інвентарного парку, обумовлено напрямки з продовження нормативного терміну служби вагонів. Це, зокрема, технічне обстеження вагонів, у яких закінчився встановлений виробником термін експлуатації. За результатами технічного обстеження визначається можливість продовження терміну експлуатації вагонів після виконання реко-мендованого виду ремонту або необхідність вилучення вагонів із інвентарного парку. Основним напрямком відновлення працездатності парку пасажирських вагонів є капітально-відновлювальний ремонт. Під час виконання капітально-відновлювального ремонту обов'язковою є модернізація окремих систем, вузлів та деталей, яка спрямована на забезпечення

безпеки руху, покращення технічних властивостей пасажирського вагона та підвищення комфорту салонів.

Враховано також виконання капітально-відновлювального ремонту пасажирських вагонів з продовженням терміну експлуатації.

Та, крім технічного діагностування і КВР/КРП, треба одночасно проводити закупівлю нових вагонів, потреба в яких дедалі нарощуватиметься за рахунок необхідності вилучення із інвентарного парку вагонів, яким через технічний стан неможливо продовжити термін експлуатації за результатами технічного діагностування, а також вагони, термін експлуатації яких становить 41 рік та більше, незалежно від попередньо виконаного виду ремонту.

Безумовно, всі зазначені вище чинники впливають на рівень безпеки руху у пасажирських перевезеннях. Графік зміни кількості транспортних подій, віднесених на пасажирське господарство, зображено на рис. 4.

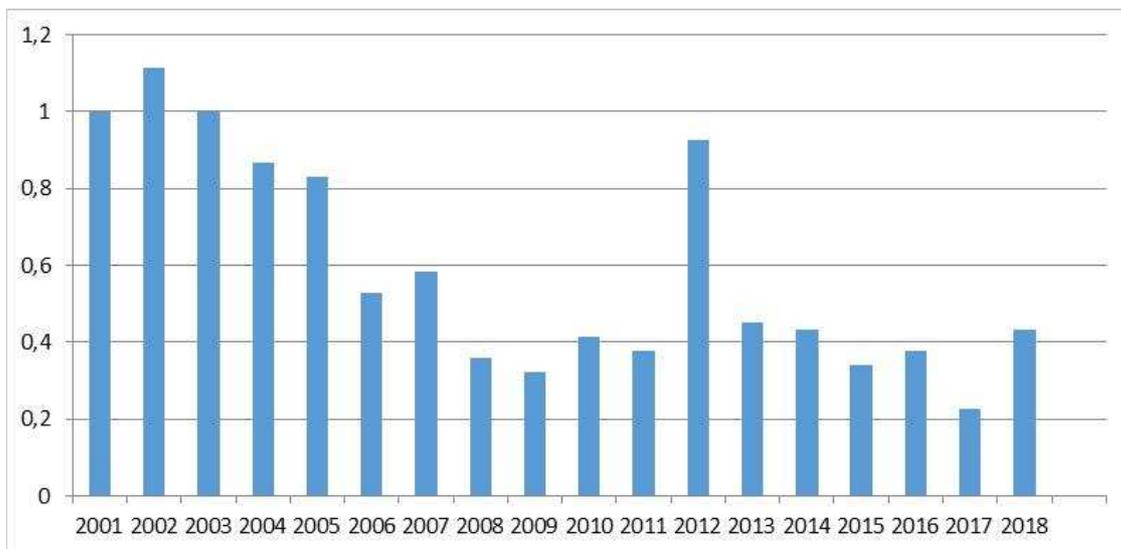


Рис. 4. Графік зміни кількості транспортних подій, віднесених на пасажирське господарство

Якщо починати відлік з 2001 року, то відповідна залежність буде мати такий вигляд:

$$\Delta(t) = -0,00007t^4 + 0,0022t^3 - 0,0187t^2 - 0,0398t + 1,1648, \quad (1)$$

де t – роки, що відлічуються після 2001 р.

Ступінь узгодженості отриманої теоретичної залежності з експериментальними даними перевірявся за допомогою

коефіцієнта кореляції R , який визначався за формулою [17]

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [y_i - f_i(t)]^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \cdot (\sum_{i=1}^n y_i)^2}, \quad (2)$$

де y_i – емпіричні дані;

$f_i(t)$ – дані, що отримані розрахунковим способом;

n – число пар даних.

Якщо починати відлік з 2001 року, то ситуація із забезпеченням безпеки руху здається досить благополучною. Абсолютна кількість транспортних подій неухильно зменшується.

На рис. 5 наведено залежність зміни параметра потоку відмов пасажирських вагонів за всіма видами відмов (у розрахунку на 1 млн пас.км) за період 2001–2018 рр., оскільки саме цей показник дає змогу узагальнити зміни, які відбулися за цей час на залізничному транспорті (зміни у пасажирообігу та зменшення кількості перевезених пасажирів, які відбулися за зазначені роки).

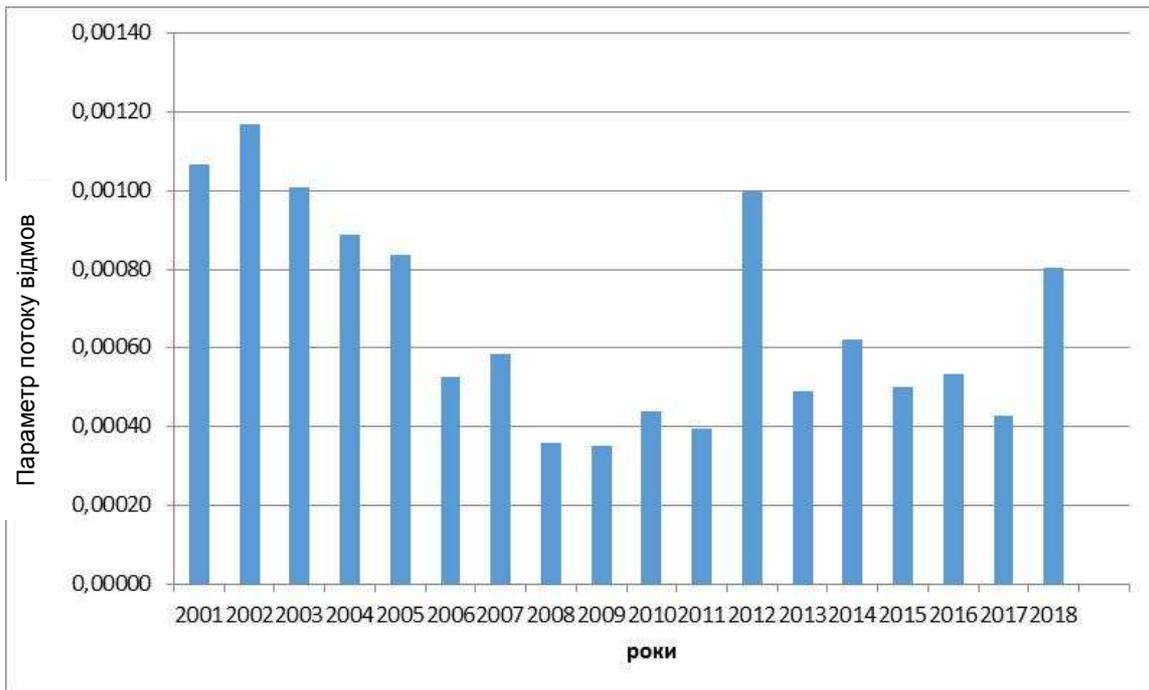


Рис. 5. Залежність зміни параметра потоку відмов пасажирських вагонів

Очевидно, що питома частка транспортних подій останніми роками має тенденцію до збільшення.

На рис. 6 наведено розподіл причин транспортних подій у пасажирському господарстві за 2017–2019 рр.

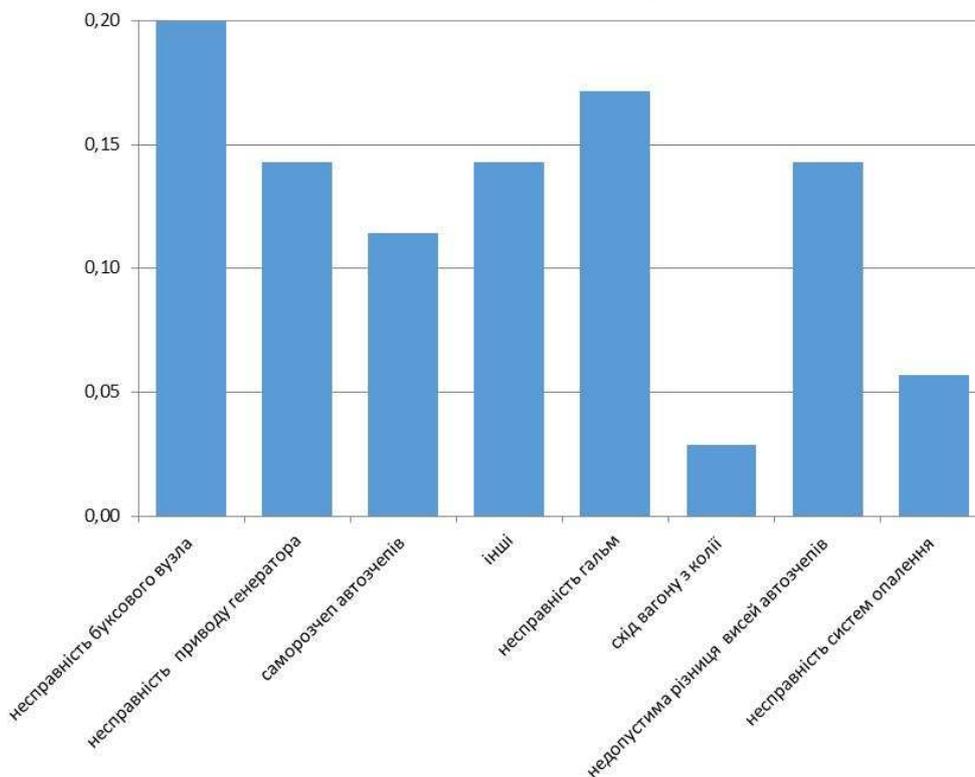


Рис. 6. Розподіл причин транспортних подій, віднесених на пасажирське господарство

Очевидно, що переважна більшість відмов пасажирських вагонів спричинена відмовами роликкових букс та автоматичних гальм (разом 37 %). Ще однією причиною є саморозчеплення автозчепів.

Привертає увагу значна кількість колісних пар, що було позапланово замінено під час рейсу. За 2018–2019 рр. було замінено 4192 колісні пари. При загальному зменшенні кількості вагонів, відправлених у рейс, кількість замін колісних пар пропорційно не зменшилася, а співвідношення кількості позапланових замін колісних пар до вагонів, відправлених у рейс, навпаки, збільшилась. Також при поточному ремонті додатково за цей самий період позапланово було замінено 5494 колісні пари. Основні причини відмов колісних пар подано на рис. 7.

Зазначимо той факт, що переважна більшість відмов (87,35 %) пов'язана з ободом колеса. У свою чергу основними причинами виходу з ладу ободу є вищербини (17,26 %), недопустима

мінімальна товщина гребеня (16,55 %) та сітка термічних тріщин (11,81 %).

Доведено, що вищербини виникають переважно при використанні композиційних гальмових колодок (77,43 % випадків). Причому лише у 7,71 % випадків на поверхні кочення колеса спочатку виникає повзун або навар, який вже потім розвивається у вищербину. У 62,03% випадків вищербина виникає без впливу додаткових чинників. Така сама ситуація характерна і для чавунних гальмових колодок.

Встановлено, що основною причиною заміни є утворення сітки термічних тріщин на поверхні кочення коліс. Це викликано неправильним регулюванням вертикальних важелів у візках (так званий «завал»), внаслідок чого уповільнювався відхід гальмових колодок від окремих колісних пар та припинялося відведення тепла від контактуючих поверхонь. Це призвело до розігрівання поверхневого шару обода колеса та утворення вказаної несправності.

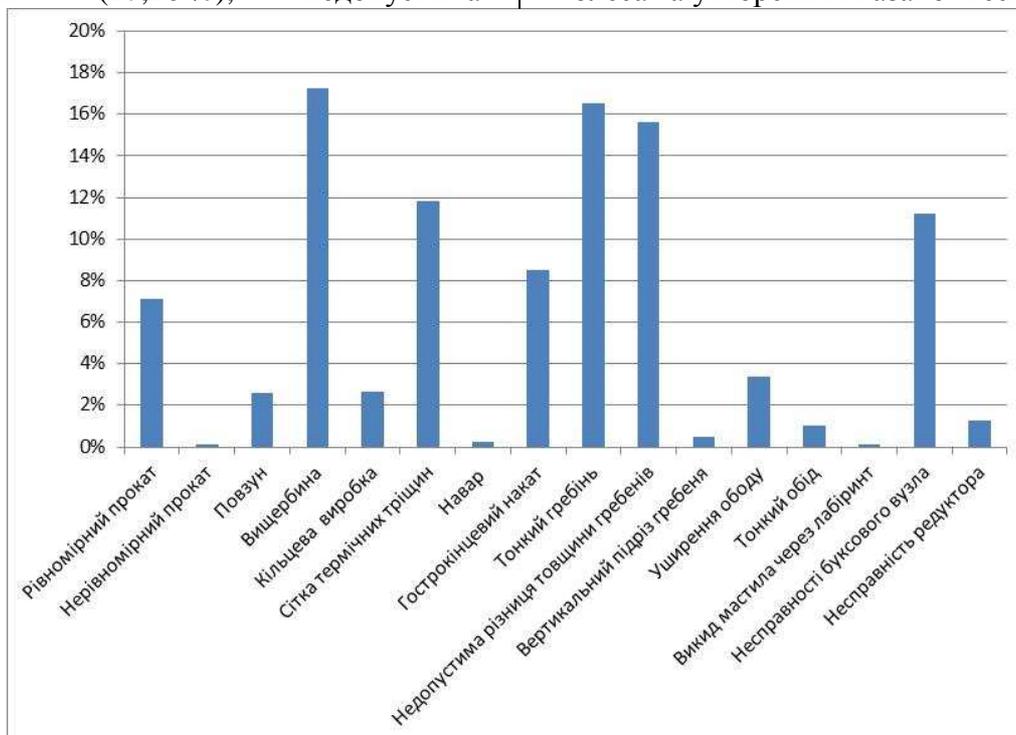


Рис. 7. Розподіл причин відмов колісних пар пасажирських вагонів

Іншими основними недоліками, які допускаються при підготовці та експлуатації пасажирських вагонів, є:

- відсутність шунтів заземлення «букса–візок» та «кузов–візок»;
- невідрегульовані фіксатори гальмових башмаків, зазори між гальмовою колодкою та поверхнею кочення колісної пари,
- відсутність мастила у місцях тертя шарнірних з'єднань гальмівної важільної передачі;
- клиноподібний знос гальмових колодок;
- послаблення кріплення гумових пакетів повідка візка;
- послаблення корончатої гайки повідка,
- витік рідини з гасників коливань візка;
- розрив гумових накладок фанових труб;
- недоліки щодо утримання внутрішнього обладнання (дверей, замків, площадок, фіксаторів і облицювання).

Особливо необхідно звернути увагу на те, що майже всі зазначені пошкодження вузлів пасажирських вагонів пов'язані з низькою якістю ремонту і технічного обслуговування, недотриманням обслуговуючим персоналом вимог чинних технічних регламентів та інструкцій.

Висновки:

1. Аналіз технічного стану парку пасажирських вагонів залізниць України свідчить про його значне зношення. Переважна більшість пасажирських вагонів інвентарного парку відпрацювали встановлений ресурс і мають бути вилучені з експлуатації як такі, що не можуть забезпечити безпеки руху. Середній

відсоток зносу пасажирського вагона складає 88 %.

2. Необхідно прискорити оновлення парку пасажирських вагонів шляхом закупівлі нових вагонів українського виробництва. Для цього залучати фінансування з усіх можливих джерел (у тому числі з приватних).

3. Через обмеженість придбання нових пасажирських вагонів у необхідній кількості, для запобігання скороченню інвентарного парку, обумовлено напрямки з продовження нормативного терміну служби вагонів. Це, зокрема, технічне обстеження вагонів, у яких закінчився встановлений виробником термін експлуатації.

4. Одним із основних напрямків забезпечення перевезення пасажирів є необхідність підтримки розмірів пасажирського парку вагонів за рахунок удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту вагонів, що відпрацювали ресурс. Якість ремонту вагонів під час деповського та капітального ремонтів має бути покращена. Особливо це стосується деталей, які підлягають зміцненню з продовженням терміну експлуатації.

5. Особлива увага при виконанні ремонтів має бути приділена забезпеченню надійної роботи ходових частин, у першу чергу колісних пар.

6. Необхідно вивести на новий рівень проведення систематичної профілактичної роботи в частині забезпечення безпеки руху шляхом проведення повторно-періодичних інструктажів, додаткових практичних і теоретичних технічних занять для технічного персоналу, пов'язаного з обслуговуванням та ремонтом вагонів.

Список використаних джерел

1. Лисенков В. М. Безопасность технических средств в системах управления движением поездов. Москва: Транспорт, 1992. 192 с.

2. Устич П. А., Карпычев В. А., Овечников М. Н. Надежность рельсового нетягового подвижного состава. Москва: УМЦ МПС России, 2004. 416 с.
3. Лисенков В. М. Статистическая теория безопасности движения поездов: учебн. для вузов. Москва: ВИНТИ РАН, 1999. 332 с.
4. Самсонкин В. М. Теорія безпеки на залізничному транспорті: монографія. Київ: «Каравела», 2014. 248 с.
5. Самсонкин В. Н. Метод статистической закономерности в управлении безопасностью на железнодорожном транспорте. Донецк: ДонИИТ, 2005. 191 с.
6. Інформаційний аспект управління складними людино-машинними системами на основі закономірностей статистики їх поведінки / В. М. Самсонкін, В. А. Друзь, О. О. Самсонкін, О. С. Федорович. *Системи обробки інформації*. 2013. Вип. 6 (113). С. 121-127.
7. Пути повышения безопасности движения в вагонном хозяйстве / А. Ф. Гаврилюк и др. *Восточно-украинский журнал передовых технологий*. 2003. № 5. С. 30-32.
8. Ломотько Д. В., Воскобойников Д. Г., Сірадчук А. Д. Проблеми зниження експлуатаційних витрат в умовах зносу пасажирського рухомого складу. *Синергетика, мехатроніка, телематика дорожніх машин і систем у навчальному процесі та науці: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції*. (Харків, 16 березня, 2017 р.). Харків: ХНАДУ, 2017. С. 150-154.
9. Куденко І. О. Шляхи вирішення проблеми надійності та безпечної роботи пасажирського парку в сучасних умовах: зб. наук. праць. Харків: УкрДАЗТ, 2003. Вип. 54. С. 68–72.
10. Марье Г. Взаимодействие пути и подвижного состава. Москва: Госжелдориздат, 1933. 338 с.
11. Nadal, M. J. Locomotives a Vapeur Collection Encyclopedie Scintifique Biblioteque de Mecanique Applique et Genie, Vol. 186, (Paris), 1988.
12. Al-Douri, Y.K., Tretten, P. & Karim, R. Improvement of railway performance: a study of Swedish railway infrastructure. *J. Mod. Transport*. 24, 22–37 (2016). URL: <https://doi.org/10.1007/s40534-015-0092-0/>
13. Athanasios Ballis, Loukas Dimitriou. Issues on railway wagon asset management using advanced information systems. *Ttransportation Research Part C: Emerging Technologies*. Vol. 18. Issue 5. P. 807-820 (October 2010). URL: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2009.09.003>.
14. Jiateng Yin, Tao Tang, Lixing Yang, Jing Xun, Yeran Huang, Ziyou Gao Research and development of automatic train operation for railway transportation systems: A survey. *Ttransportation Research Part C: Emerging Technologies*. Vol. 85. December 2017. P. 548-572. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.09.009>.
15. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки. Київ: ДП ДНДЦ УЗ, 2009. 299 с.
16. Аналіз стану безпеки руху у структурі публічного акціонерного товариства «Українська залізниця» у 2019 році». Розробники: О. І. Панасенко, С. Я. Ребриков, І. Г. Салівон. Департамент безпеки руху ПАТ «Українська залізниця». 2019.
17. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. Москва: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1958. 464 с.

Мартинов Ігор Ернстович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри вагонів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-36. E-mail: martinov.hiit@gmail.com.
ORCID iD: 0000-0002-0481-3514.

Труфанова Альона Володимирівна, канд. техн. наук, доцент кафедри вагонів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-35. E-mail: alena.hiit.vagons@gmail.com.

ORCID iD: 0000-0003-1702-1054.

Бабенко Андрій Олександрович, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри нарисної геометрії та комп'ютерної графіки Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-55. E-mail: babenko_spprm@ukr.net. ORCID iD: 0000-0002-6486-468X.

Шовкун Вадим Олександрович, канд. техн. наук, старш. викл. кафедри вагонів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-35. E-mail: vadimshovkun62@gmail.com. ORCID iD: 0000-0003-1826-6053.

Igor Martynov, D. Sc. (Tech.), Professor, Head of Department of Wagons, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-36. E-mail: martinov.hiit@gmail.com. ORCID iD: 0000-0002-0481-3514.

Alena Trufanova, PhD (Tech), Associate Professor, Department of Wagons, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-35. E-mail: alena.hiit.vagons@gmail.com. ORCID iD: 0000-0003-1702-1054.

Babenko Andrey, PhD (Tech), Associate Professor, Head of Department of Descriptive Geometry and Computer Graphics, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-55. E-mail: babenko_spprm@ukr.net. ORCID iD: 0000-0002-6486-468X.

Vadim Shovkun, PhD (Tech), Senior Lecturer, Department of Wagons, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-35. E-mail: vadimshovkun62@gmail.com. ORCID iD: 0000-0003-1826-6053.

Статтю прийнято 29.05.2020 р.