

передових технологій. - 2008. – Вып. 4/3 (34). - С. 25 - 27.

4. Кравченко, В. М. Технічне діагностування механічного обладнання [Текст]: підруч. / В. М. Кравченко, В. А. Сидоров, В. Я. Седуш. – Донецьк: ТОВ „Юго-Восток, Лтд“, 2007. - 447 с.

5. Явленский, К. Н. Вибродиагностика и прогнозирование качества механических систем [Текст]: учеб. / К. Н. Явленский, А. К. Явленский; - Л.: Машиностроение, 1983. – 239 с.

6. Барков, А. В. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации [Текст]: учеб. / А. В. Барков, Н. А. Баркова; СЗУЦ. - СПб.: СПбГМТУ, 2004. -156 с.

УДК 629.4.083:629.45

Скуріхін Д.І., аспірант (УкрДАЗТ)

ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ СУЦІЛЬНОКАТАНИХ КОЛІС ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Постановка проблеми. Кожен об'єкт в певних умовах експлуатації при фіксованому напрацюванні має обмежене число деталей або вузлів, які найчастіше виходять з ладу, вони одержали назву: «лімітуючі надійність» і в основному визначають величину матеріальних і трудових витрат на підтримку об'єкту в працездатному стані.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідження «ВНИИЖТ» [1,2] показали, що в період між плановими ремонтами пасажирські вагони відчіплюються до 2-х разів і в більшості випадків унаслідок відмов коліс (53%). Автори відзначають, що пробіг колісних пар між обточуваннями за прокатом в 2 рази менше міжремонтного пробігу вагону. Також безвідмовний пробіг колісних пар обмежують відмови коліс гальмівного і втомного походження. Відомо, що відчеплення вагонів в поточний ремонт значно ускладнюють діяльність ЗТ. Вони, крім робіт, пов'язаних з усуненням несправностей, приводять до зриву графіків руху потягів, зайвим простоям на станції та ін.

Постановка завдання. Природний знос і пошкодження випадкового характеру коліс істотно обмежують безвідмовний пробіг пасажирських вагонів, що знижує економічну ефективність роботи залізниць. У даній публікації проведена оцінка експлуатаційної надійності коліс в сучасних

умовах експлуатації, з метою перевірки ефективності реалізованих заходів системи технічного обслуговування пасажирських вагонів і пропозиції заходів по оптимізації останньої [5].

Виклад основного матеріалу дослідження. Колісні пари сучасних пасажирських вагонів формують холодною посадкою на вісь двох типових суцільнокатаних коліс (ГОСТ 9036-88, ГОСТ 10791-2004) і підкочують під двовісні візки типу КВЗ-ЦНП. Середнє напрацювання візків на відмову - не менше 190 тис. км [11].

Для оцінки експлуатаційної надійності суцільнокатаних коліс пасажирських вагонів необхідно задатися початковими умовами:

- колесо приймається як нерезервований відновлюваний об'єкт [3];
- випробування проводяться за планом **[N = 3084, R, T = 175204]** [4];
- статистична обробка даних і підбір закону розподілу виконується за методикою [6].

Збір даних проводиться по вагонній дільниці ЛВЧ-1 (приписний парк 771 ваг.) Південної залізниці на підставі первинної документації (повідомлень про ремонт вагону форми ЛВУ-23М) за період 2 роки (або 300 тис. км пробігу), який відповідає інтервалу між деповськими ремонтами пасажирського вагону, встановленому наказом №550Ц від 29.10.02.

Відмови коліс в експлуатації умовно розділимо на дві групи за причиною їх виникнення: раптові і поступові. До раптових віднесемо відмови із стрибкоподібною зміною технічного стану: повзуни і навари. Відмови унаслідок зносу і втомного руйнування віднесемо до поступових: місцеве розширення обода, рівномірний і нерівномірний прокати, кільцеві виробки, тонкий гребінь, гострокінцевий накат гребеня, тонкий обід, вищербини [3].

Початковими даними для розрахунку служать проміжки часу від останнього планового ремонту або виготовлення до відмови об'єкту.

Обчислимо основні характеристики вибірок:

Вибіркове середнє:

$$\bar{t}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (1)$$

де t_i - напрацювання i -го колеса до відмови, год;

n - кількість відмов за період 2 роки.

Вибіркова дисперсія:

$$S_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t}_n)^2 \quad (2)$$

Середньоквадратичне відхилення:

$$s_n = \sqrt{S_n^2} \quad (3)$$

Асиметрія:

$$A_n = \frac{1}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i - \bar{t}_n}{s} \right)^3 \quad (4)$$

Екссес:

$$Y_n = \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i - \bar{t}_n}{s} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (5)$$

Сформуємо статистичні ряди і графічно представимо дані.

Визначимо кількість інтервалів вибірок за формулою Старджесса:

$$k = 1 + 3,3 \cdot \ln n \quad (6)$$

прийм.

прийм.

Обчислимо частоти потрапляння вибірових значень в інтервал (v_k) , відносні частоти $\left(\frac{v_k}{n}\right)$, накопичені частоти $(W_i = v_1 + v_2 + \dots + v_k)$, накопичені відносні частоти $\left(\frac{W_i}{n}\right)$. Далі побудуємо гістограми: полігони і кумуляти частот.

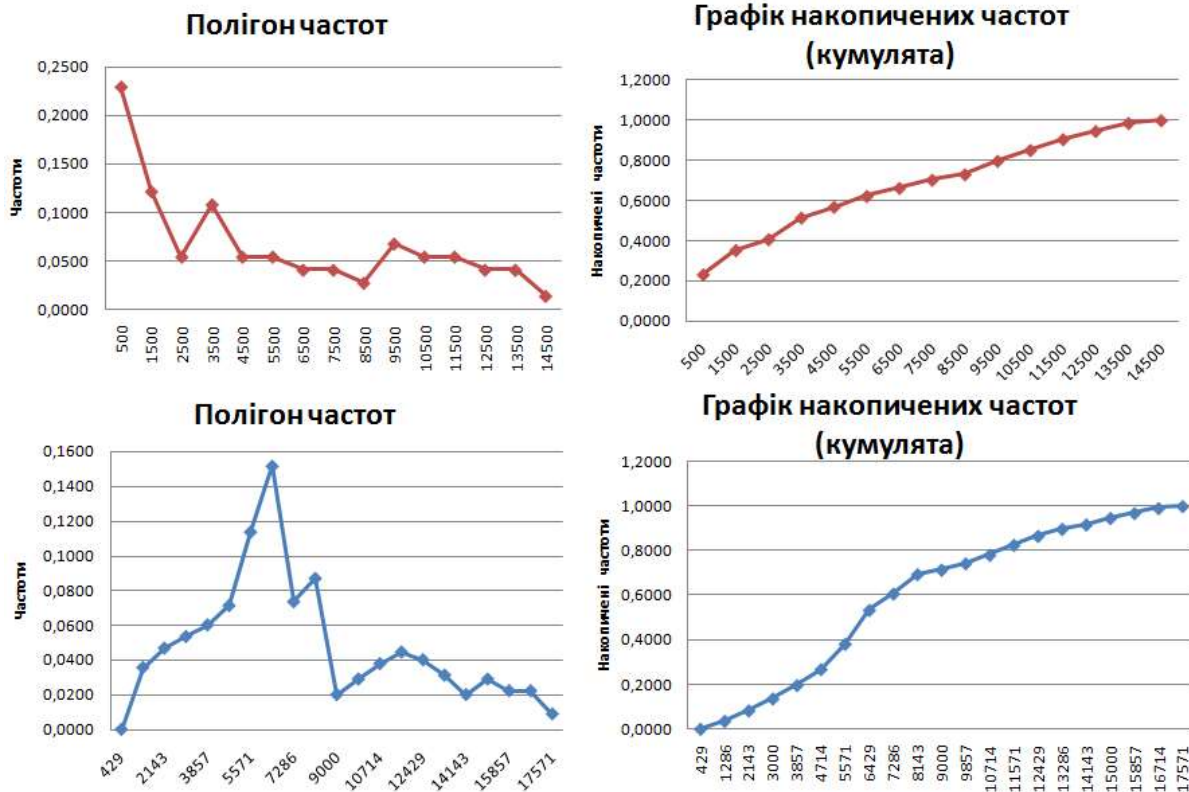


Рисунок 1 - Полігони і кумуляти частот для раптових і поступових відмов суцільнокатаних коліс

Аналіз графічних зображень варіаційних рядів дозволив зробити припущення про закони розподілу відмов коліс в експлуатації. Уточнимо закони розподілу напрацювань до відмови для вибраних груп. Для цього обчислимо щільність відносних частот для середин інтервалів напрацювань за формулою:

$$f_k = \frac{v_k}{n_k}, \quad (7)$$

де h – крок інтервалів вибірок.

Побудуємо залежності щільності відносних частот від часу напрацювання і підберемо відповідний закон розподілу. Після згладжування експериментальних розподілів різними функціями стало ясно, що для розподілу раптових відмов найбільш адекватна експоненціальна функція з параметром $\lambda = 1,9 \cdot 10^{-4}$, для поступових – гамма-функція с параметрами $\alpha = 3,642$; $\beta = 2095,38$.

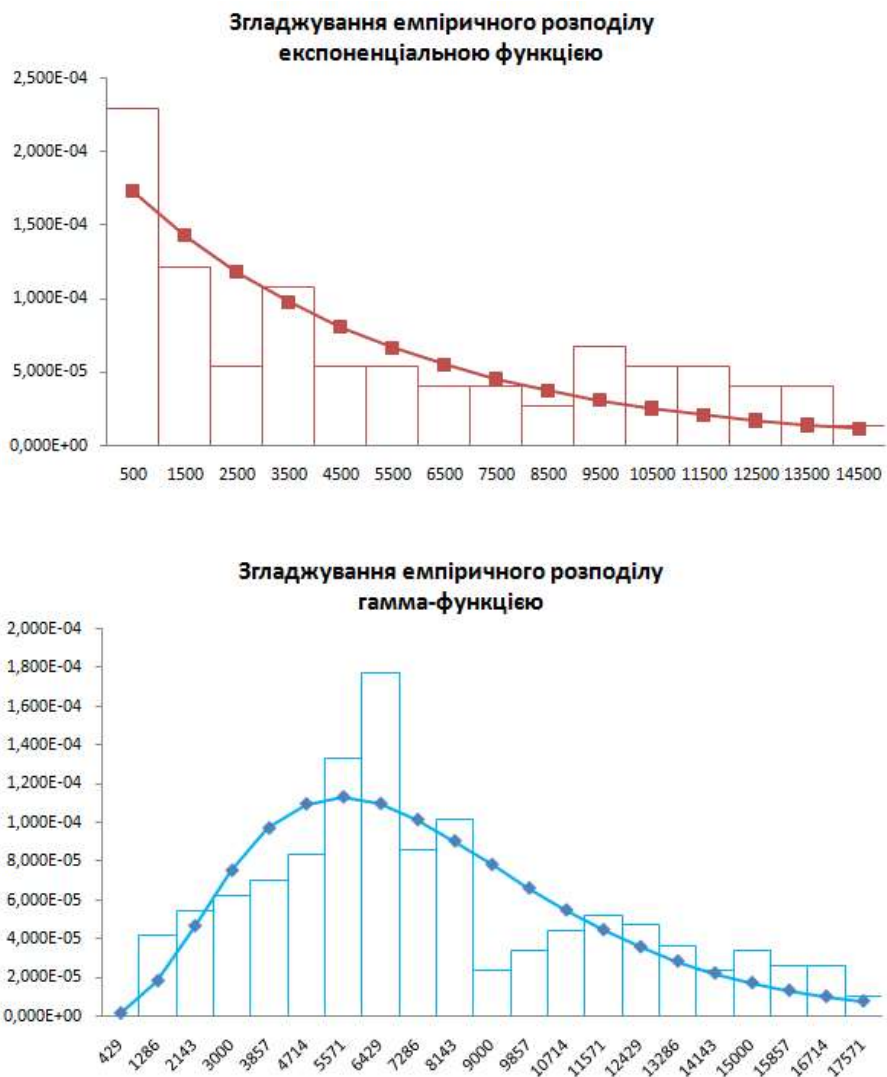


Рисунок 2 - Емпірична і теоретична щільності розподілу раптових і поступових відмов суцільнокатаних коліс

Перевіримо адекватність теоретичних розподілів емпіричним на імовірнісному папері за допомогою модуля *STATISTICA 6* (рисунок 3).

Як видно теоретичні функції добре узгоджуються з емпіричними.

Розрахунки і побудови показують, що відмови коліс гальмівного походження, як і більшість раптових відмов, найчастіше виникають в початковий післяремонтний період, далі їх кількість зменшується. Максимальна щільність розподілу поступових відмов припадає на період 4000-8000 годин (5-10 міс) напрацювання від останнього ремонту, що узгоджується з процесами природного зносу і втомного викришування поверхні кочення суцільнокатаних коліс вагонів.

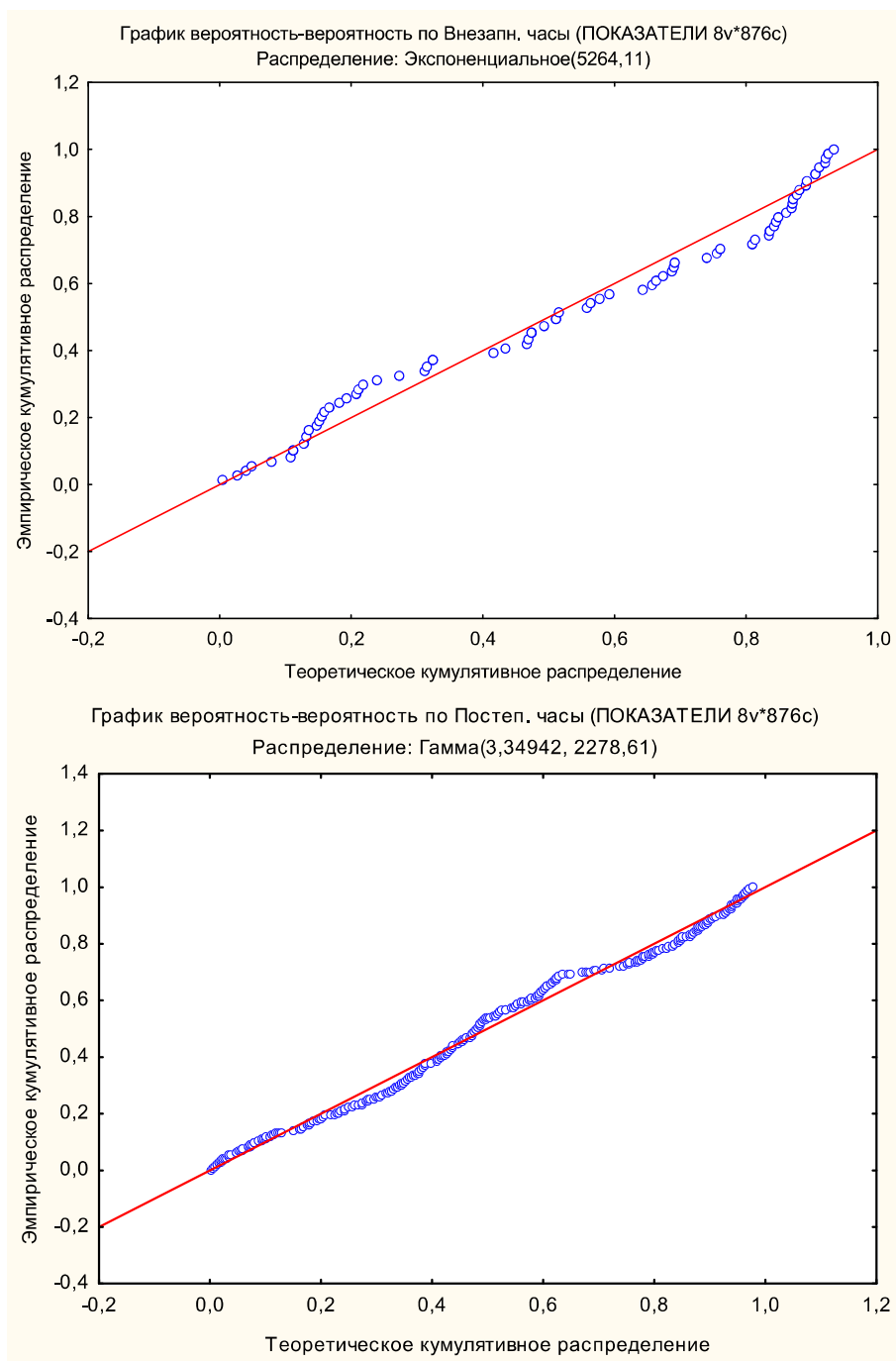


Рисунок 3 - Перевірка розподілів на імовірнісному паперу

Точкову оцінку середнього напрацювання на відмову для плану NRT визначимо згідно виразу [7]:

$$m_t^* = \frac{T_{\Sigma n}}{n} = \frac{NT}{n} \quad (8)$$

У разі випробування високонадійних систем виникають труднощі точкової оцінки, оскільки відмови спостерігаються в невеликій кількості і величини точкових оцінок різко міняються від кількості відмов. У зв'язку з цим скористаємося інтервальними оцінками. Межі довірчого інтервалу при $\alpha = 0,1$ і числі ступенів свободи визначимо за формулами:

$$\left(m_t^* - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma_t^*}{\sqrt{n}} \right) < m_t^* < \left(m_t^* + z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma_t^*}{\sqrt{n}} \right), \quad (9)$$

$$\sigma_t^* \approx \sqrt{\frac{m_t^{*2}}{n}}, \quad (10)$$

де z - квантілі розподілу Стюдента.

Результати занесемо у таблицю 1.

Таблиця 1 – Оцінка середнього напрацювання на відмову коліс

Розподіл напрацювання до відмови	Точкова оцінка		Межі довірчого інтервалу			
			нижня		верхня	
	год	тис.км	год	тис.км	год	тис.км
Експоненціальний	730 157	12 503	714 027	12 226	746 289	12 779
Гамма	120 606	2 065	120 200	2 058	121 013	2 072

Як видно з таблиці 1, оцінки напрацювань на відмову суцільнокатаних коліс на весь парк пасажирських вагонів ЛВЧ-1 достатньо високі. Але раптові відмови коліс (вищербини, повзуни, навари), що найбільш часто зустрічаються, значно зменшують довговічність суміжних елементів: осей колісних пар і підшипників буксових вузлів.

З [10] відомо, що невідресорені елементи ходових частин пасажирського вагону за весь термін служби при експлуатації без пошкоджень поверхні катання колеса сприймають орієнтовно $37 \cdot 10^4$ ударів с прискореннями для зими і для літа. При експлуатації колісної

пари з короткими нерівностями на поверхні кочення частота появи вказаних прискорень збільшується:

- для $k = 2$ – в 20,5 рази;
- для $k = 3$ – в 32 рази, (коєф. динамічного перевантаження).

Звідки витікає непрогнозоване зменшення терміну служби осей колісних пар і підшипників буксових вузлів, із загрозою раптової відмови на шляху прямування потягу.

Як відомо відновлювані вироби характеризуються комплексним показником надійності - коефіцієнтом готовності $K_{\Gamma} = \frac{m_t}{m_t + m_{\tau}}$, який залежить від середнього напрацювання і часу відновлення. Згідно [8] середній час відновлення складається з (таблиця 2):

$$m_{\tau} = t_{\text{з}} + t_{\text{д}} + t_{\text{о}} + t_{\text{нд}}. \quad (11)$$

У стовпці «чисельне значення» приведені норми часу заміни колісної пари вагону на шляху прямування відповідно до [15]

Таблиця 2 – Аналіз складових середнього часу відновлення

Позначення	Загальнотехнічне визначення	Модифіковане визначення	Чисельне значення, хв
$t_{\text{з}}$	активний час заміни елемента конструкції	час заміни колісної пари	42 - 54
$t_{\text{д}}$	час, що витрачається на доставку запасних частин від місця зберігання до місця ремонту об'єкту	час на маневрові роботи	20-40
$t_{\text{о}}$	організаційний час, тобто час, обумовлений витратами на виклик фахівців до місця експлуатації об'єкту, діагностув. технічного стану	час обробки рухомого складу	15 - 30
	додатковий час простою у зв'язку з відсутністю запасних частин в наявності	затримка в зв'язку з відсутністю потрібної колісної пари	не нормується

Одним з шляхів підвищення коефіцієнта готовності є зменшення середнього часу відновлення, за рахунок зниження часу обробки складу t_o і скорочення простою в зв'язку відсутністю відповідної колісної пари.

Висновки. Для оптимізації системи технічного обслуговування колісних пар пасажирських вагонів, підвищення їх експлуатаційної надійності необхідні своєчасна реєстрація і завчасне повідомлення обслуговуючого персоналу про виникнення коротких нерівностей коліс на шляху прямування потягу. Результат планується досягти за рахунок використання бортового пристрою безперервного контролю технічного стану ходових частин вагону, заснованого на акустичних методах неруйнівного контролю.

Оперативне виключення з експлуатації колісних пар з відмовами типу повзун, навар, вищербина дозволить попередити утворення нерівномірного прокату суцільнокатаних коліс, особливо небезпечного при підвищених швидкостях руху (120-160 км/год) і що важко піддається виявленню в експлуатації [12, 13, 14], а також збільшити термін служби осей колісних пар і підшипників буксових вузлів.

Список літератури

- 1 Цельнокатаные железнодорожные колеса [Текст] : Труды ВНИИЖТ вып. № 124 / Т.В. Ларин, В.П. Девяткин, В.Н. Кривошеев и др – М.: Трансжелдориздат, 1956 – 188с
- 2 Коротеев, И.М. Результаты эксплуатационных испытаний термически упроченных и легированных колес [Текст] / Коротеев И.М., Занчева М.И., Мельниченко Н.А. // Вопросы повышения надежности вагонов: Сб. ДИИТ вып № 153. – Днепропетр, 1974. – С. 19-23.
- 3 ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения [Текст]. Введ. 01.07.90. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 64с.
- 4 ГОСТ 27.410-87. Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность [Текст]. Введ. 01.01.89. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 80с.
- 5 ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. [Текст]. Введ. 26.04.95. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 80с.
- 6 Половко, А.М. Основы теории надежности. Практикум. [Текст] : учеб. / А.М. Половко, С.В. Гуров – СПб.: БВХ-Петербург, 2006. – 560с.: ил. – ISBN 5-94157-542-4.
- 7 Дружинин, Г.В. Теория надежности радиоэлектронных систем в примерах и задачах [Текст] : учеб. / Г.В Дружинин, С.В Степанов., В.Л. Шихматова и др. - М.: «Энергия», 1976. - 448 с.
- 8 Волков, П.Н. Ремонтпригодность машин [Текст] : учеб. / П.Н. Волков, П.Г Левченко., А.И. Аристов, Л.Г. Дубицкий и др. - М.: «Машиностроение», 1975. - 368 с.

9 Сухарев, Э.А. Прикладные задачи теории эксплуатационной надежности машин [Текст] : учеб. / Э.А. Сухарев - Ровно: изд. «Ровенский государственный технический университет», 1999. - 218 с.

10 Кудрявцев, Н.Н. Оценка эксплуатационной нагруженности колесных пар пассажирских вагонов инерционными силами и их нормирование [Текст] / Кудрявцев Н.Н., Бакланов Б.В. // Исследование неровностей колес пассажирских вагонов: Сб. науч. трудов ВНИИЖТ вып. № 608. – М.: Транспорт, 1979. – С. 88-101.

11 ГОСТ 10527-84. Тележки двухосные пассажирских вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Технические условия. [Текст]. Введ. 31.07.84. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 15с.

12 Данченко, О.А. Исследование принципов построения и разработка устройства автоматического обнаружения неравномерного проката колес железнодорожных вагонов [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / ВНИИЖТ. – М., 1983. – 18с.

13 Кривошеев, В.Н. Оценка состояния колесных пар по статистическим данным на направлении Москва-Ленинград [Текст] // Исследование неровностей колес пассажирских вагонов: Сб. науч. трудов ВНИИЖТ вып. № 608. – М.: Транспорт, 1979. – С. 5-12.

14 Кривошеев, В.Н. Анализ неровностей на поверхностях катания колес, выявленных методом силового контроля [Текст] // Исследование неровностей колес пассажирских вагонов: Сб. науч. трудов ВНИИЖТ вып. № 608. – М.: Транспорт, 1979. – С. 60-74.

15 ЦЛ-0030 Типовий технологічний процес підготовки та екіпіровки в рейс пасажирських вагонів та швидкісних поїздів (Т 07.02).

УДК 533.697.5

Бондарь Е.А., зав.лаб. (ДонИЖТ)

УТОЧНЕННОЕ УРАВНЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЖЕКТОРНОГО УСТРОЙСТВА

Постановка вопроса. Уравнение аэродинамической характеристики необходимо для того, чтобы после совместного решения с уравнением рассеивания газов в атмосфере можно было определять концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы и необходимые геометрические размеры эжекторного устройства, обеспечивающего снижение концентраций вредных веществ в атмосфере до допустимого предела. В работе [2] получено такое уравнение, однако принятое в этой