

Я. В. Болжеларський, доцент кафедри рухомого складу та колії Львівської філії Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, експерт Львівського НДІСЕ, кандидат технічних наук,

Д. В. Бобир, доцент кафедри локомотивів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, кандидат технічних наук

УСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ У СУДОВІЙ ЗАЛІЗНИЧНО-ТРАНСПОРТНІЙ ЕКСПЕРТИЗІ

Уточнено об'єкти дослідження залізнично-транспортної експертизи та на основі опису обставин залізнично-транспортної пригоди наведено рекомендації щодо встановлення технічного стану елементів рухомого складу згідно з ДСТУ 2860-94.

Уточнены объекты исследования железнодорожно-транспортной экспертизы и на основании описания обстоятельств железнодорожно-транспортного происшествия приведены рекомендации по установлению технического состояния элементов подвижного состава согласно ДСТУ 2860-94.

Одним із завдань, які вирішуються при проведенні судової залізнично-транспортної експертизи, є встановлення технічного стану рухомого складу залізниць¹.

¹ Див: Сокол Э. Н. Сходы с рельсов и столкновения подвижного состава (Судебная экспертиза. Элементы теории и практики) / Э. Н. Сокол. — К. : Транспорт України, 2004. — 368 с.

Рухомий склад залізниць являє собою складні об'єкти, які містять багато систем і елементів¹. Відмова або пошкодження в будь-якій із цих систем переводить одиницю рухомого складу відповідно в непрацездатний або несправний стан. Як правило, вплив на розвиток механізму залізнично-транспортної пригоди² справляє технічний стан зазвичай тільки однієї з систем рухомого складу або його певних елементів, наприклад, гальмівної системи, колісних пар, елементів пружного підвішування та ін.

У більшості випадків слідчі та суди, не маючи спеціальних знань у галузі залізничного транспорту, ставлять перед експертом питання про технічний стан одиниці рухомого складу (локомотива, вагона, дрезини) в цілому, тобто не уточнюючи об'єкт дослідження. Це може стати причиною некоректних у змістовному плані висновків.

Встановлення технічного стану систем і елементів рухомого складу являє собою складне завдання, яке вимагає аналізу широкої бази нормативних документів, що діють на залізницях України, та проведення спеціальних розрахунків – тягових, гальмівних, міцнісних тощо. У випадках зіткнень рухомого складу з рухомими й нерухомими перешкодами визначальне місце посідають гальмівні розрахунки. Традиційні методи їх проведення детально опрацьовано й докладно викладено в навчальній і науковій літературі³. Але у більшості випадків гальмування в процесі розвитку залізнично-транспортної пригоди характеризується нетиповими умовами, окремі з яких розглянуті в наукових працях⁴.

Завдання полягає в уточненні об'єкта дослідження, встановленні його технічного стану згідно з ДСТУ 2860-94 та відповідності цього технічного стану вимогам нормативних документів, що діють на залізничному транспорті України.

¹ Див: Боднар Б. Є. Теорія та конструкція локомотивів. Допоміжні системи та устаткування : підруч. для вищ. навч. закл. заліз. трансп. / Б. Є. Боднар, Є. Г. Нечаєв, Д. В. Бобир; за ред. Б. Є. Боднара. — Дніпропетровськ : ПП «Ліра ЛТД», 2008. — 369 с.; Боднар Б. Є. Теорія та конструкція локомотивів. Екіпажна частина : підруч. для вищ. навч. закл. заліз. трансп. / Б. Є. Боднар, Є. Г. Нечаєв, Д. В. Бобир; за ред. Б. Є. Боднара. — Дніпропетровськ : ПП «Ліра ЛТД», 2009. — 264 с.

² Див: Сокол Э. Н. Механизм железнодорожно-транспортного происшествия: его содержание и форма / Э. Н. Сокол // Заліз. транспорт України. — 2008. — № 4. — С. 58–60.

³ Див: Деев В. В. Тяга поездов : учеб. пособ. для вузов / В. В. Деев, Г. А. Ильин, Г. С. Афонин. — М. : Транспорт, 1987. — 264 с.; Бабичков А. М. Тяга поездов и тяговые расчеты / А. М. Бабичков, П. А. Гурский, А. П. Новиков. — М. : Транспорт, 1971. — 280 с.

⁴ Див: Сокол Э. Н. Сход с рельсов поезда в условиях управления опасностью / Э. Н. Сокол, Я. В. Болжеларский // Заліз. транспорт України. — 2008. — № 3. — С. 32–36.; Болжеларський Я. В. Тягові розрахунки при нетипових умовах гальмування / Я. В. Болжеларский // Там само. — 2008. — № 2. — С. 36–40.

Поняття, терміни та визначення надійності відображено в ДСТУ 2860-94 і науковій літературі¹. Розглянемо основні з них.

Об'єкт – це система, споруда, машина, підсистема, апаратура, функціональна одиниця, пристрій, елемент чи будь-яка їх частина, що розглядається з погляду надійності як самостійна одиниця. Об'єкт може включати технічні засоби, технічний персонал чи будь-які їх поєднання. Сукупність об'єктів, об'єднаних спільним призначенням і метою функціонування (*система*), може також розглядатися як об'єкт.

Функція об'єкта (задана функція об'єкта) – це виконання в об'єкті процесу, що відповідає його призначенню, виявлення заданої умови чи властивості об'єкта відповідно до вимог нормативної та (чи) конструкторської (проектної) документації.

Основна функція (потрібна функція) – це функція чи сукупність функцій об'єкта, виконання якої розглядають як необхідну умову відповідності об'єкта його призначенню. Усі функції об'єкта можна умовно розподілити на основні й допоміжні. Допоміжні функції – це функції, невиконання яких не порушує відповідності об'єкта його призначенню.

ДСТУ 2860-94 визначає шість технічних станів об'єкта: справність, несправність, працездатний стан, непрацездатний стан, граничний стан і критичний стан.

Справність – це стан об'єкта, за яким він здатний виконувати усі задані функції об'єкта.

Несправність – це стан об'єкта, за яким він нездатний виконувати хоча б одну із заданих функцій об'єкта. Несправність часто є наслідком відмови об'єкта, але може бути й без неї. Несправність може бути *незначною, значною, частковою, повною та критичною*.

Незначна несправність – несправність, що не порушує жодної з потрібних функцій об'єкта.

Значна несправність – несправність, що порушує хоча б одну з потрібних функцій об'єкта.

Часткова несправність – несправність, що викликає нездатність об'єкта виконувати частину потрібних функцій.

Повна несправність – несправність, що характеризується повною нездатністю об'єкта виконувати усі потрібні функції.

Критична несправність – несправність, що може призвести до травмування людей, значних матеріальних збитків чи інших несприятливих наслідків.

Працездатний стан (працездатність) – це стан об'єкта, який характеризується його здатністю виконувати усі потрібні функції.

Непрацездатний стан (непрацездатність) – це стан об'єкта, за яким він нездатний виконувати хоча б одну з потрібних функцій.

¹ Див: Галкин В. Г. Надежность тягового подвижного состава : учеб. пособ. для вузов ж.-д. трансп. / В. Г. Галкин, В. П. Парамзин, В. А. Четвергов. — М. : Транспорт, 1981. — 18 с.

Критичний стан – це стан об’єкта, що може призвести до травмування людей, значних матеріальних збитків чи інших несприятливих наслідків. Критичний стан не завжди є наслідком критичної несправності. Для конкретного об’єкта повинні бути встановлені критерії критичного стану. Критерієм критичного стану є ознака чи сукупність ознак критичного стану об’єкта, встановлених нормативною та (чи) конструкторською (проектною) документацією.

Граничний стан – це стан об’єкта, за яким його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна або відновлення його працездатного стану неможливе чи недоцільне. Граничний стан також має свої критерії, що являють собою ознаку чи сукупність ознак граничного стану об’єкта, встановлених нормативною та (чи) конструкторською (проектною) документацією.

Перехід об’єкта зі справного стану до несправного та з працездатного стану до непрацездатного відбувається в результаті відповідно пошкоджень і відмов.

Згідно з ДСТУ 2860-94 *пошкодження* – це подія, яка полягає в порушенні справного стану об’єкта, коли зберігається його працездатність. *Відмова* – це подія, яка полягає у втраті об’єктом здатності виконувати потрібну функцію, тобто в порушенні працездатного стану об’єкта. *Дефект* – це кожна окрема невідповідність об’єкта встановленим вимогам.

У ДСТУ 2860-94 також наведено перелік рекомендованих термінів і визначень, які є новими для вітчизняних дослідників надійності. Висновок щодо доцільності включення цих термінів до наступних редакцій буде зроблено на основі аналізу практичного використання стандарту. На нашу думку, на особливу увагу й обов’язкове включення до наступних редакцій заслуговує термін *безпека* – властивість об’єкта забезпечувати відсутність ризику заподіяння шкоди здоров’ю людей, майну та довкіллю.

Як приклад розглянемо ситуацію, в основу якої покладено реальну залізнично-транспортну пригоду. Локомотивна бригада депо, керуючи тепловозом 2М62, виконувала маневрові роботи в горловині станції. Рухаючись зі швидкістю 30 км/год, машиніст тепловоза застосував службове гальмування для зупинки, але гальмівного ефекту не було. Тепловоз проїхав заборонний сигнал світлофора, машиніст, побачивши групу вагонів на колії, застосував екстрене гальмування, але уникнути зіткнення не вдалося.

У матеріалах кримінальної справи відзначено несправності гальмівної системи тепловоза 2М62. Згідно з актом технічного огляду тепловоза 2М62, актом службового розслідування інциденту в поїзній і маневровій роботі форми РБУ-3 після зіткнення при комісійному огляді виявлено роз’єднання з’єднувальних рукавів магістралі гальмівних циліндрів між секціями тепловоза.

За актом перевірки мережі гальмівних циліндрів тепловоза 2М62 при застосуванні екстреного гальмування краном тиск у гальмівних циліндрах становив: на першому візку секції А праворуч – 2,8 кгс/см², ліворуч – 2,9 кгс/см²; на другому візку секції А праворуч – 0,8 кгс/см², ліворуч –

1,0 кгс/см²; тиск в гальмівних циліндрах по манометру в кабіні машиніста становив 2,8–3,0 кгс/см². На секції Б тиск у гальмівних циліндрах дорівнював нулю.

У постанові про призначення судової залізнично-транспортної експертизи перед експертом, серед інших, поставлено такі питання: У якому технічному стані перебував тепловоз 2М62 при проведенні маневрової роботи? Чи відповідав цей стан вимогам нормативних документів, що діють на залізничному транспорті України? Якщо ні, то в чому саме виявилася дана невідповідність, тобто які технічні несправності мали місце?

Як видно з першого питання, поставленого на вирішення експертизи, як об'єкт дослідження слідчим задається тепловоз. У той же час з опису обставин залізнично-транспортної пригоди очевидно, що основну роль у розвитку її механізму відіграла гальмівна система цього тепловоза. Тому як об'єкт дослідження у даному випадку доцільно прийняти не тепловоз у цілому, а його гальмівну систему. Перше питання ж слідчого доречно було б сформулювати у такій редакції: У якому технічному стані перебувала гальмівна система тепловоза 2М62 при проведенні маневрової роботи?

Зазначене питання експерт може уточнити шляхом складання відповідного клопотання. Необхідно звернути увагу на те, що експерт згідно зі ст. 77 КПК України зобов'язаний дати висновок на поставлені питання. Тому він повинен відповісти й на питання, викладені в постанові слідчого. Якщо ж надані експерту матеріали недостатні для давання висновку про технічний стан тепловоза в цілому, він у письмовій формі повідомляє слідчого про неможливість дати відповідь на поставлене питання.

Вимоги до технічного стану гальмівної системи тепловоза наведено в нормативних документах, що діють на залізничному транспорті України, а саме: у п. 9.1, 11.1, 12.1, 12.4 Правил технічної експлуатації залізниць України (наказ Міністерства транспорту України від 20 грудня 1996 р. № 411 зі змінами та доповненнями згідно з наказами від 8 червня 1998 р. № 226 і від 23 липня 1999 р. № 386) та п. 1.9 Інструкції з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України (наказ Укрзалізниці від 28 жовтня 1997 р. № 264-Ц з змінами та доповненнями згідно з наказом від 7 липня 2001 р. № 312-Ц). У цих пунктах зазначено:

9.1. Рухомий склад, а також спеціальний самохідний рухомий склад має утримуватися в експлуатації у справному стані.

12.1. Забороняється випускати в експлуатацію і допускати до руху в поїздах рухомий склад, що має несправності, які загрожують безпеці руху.

12.4. Забороняється випускати в експлуатацію локомотиви, у яких є несправність пневматичного гальма.

1.9. Забороняється випускати під поїзди, а локомотивним бригадам приймати локомотиви, що мають несправне пневматичне гальмо.

11.1. Автоматичні гальма рухомого складу мають забезпечувати гальмове натиснення, що гарантує зупинку поїзда при екстреному гальмуванні на відстані, не більшій гальмівного шляху, визначеного з розрахун-

ками, затвердженими Державною адміністрацією залізничного транспорту України.

Як видно з тексту п. 11.1, головною ознакою працездатного стану гальмівної системи тепловоза є забезпечення розрахункового значення гальмівного шляху при екстремому гальмуванні.

Розрахуємо гальмівний шлях тепловоза 2М62 при застосуванні екстремного гальмування з початкової швидкості 30 км/год. Методика розрахунку гальмівного шляху рухомого складу залізниць України наведена в науковій¹, нормативній² і навчальній³ літературі та полягає в такому.

Гальмівний шлях s_r при розрахунках приймається рівним сумі підготовчого гальмівного шляху s_n і дійсного гальмівного шляху s_d :

$$s_r = s_n + s_d. \quad (1)$$

Шлях підготовки гальм до дії визначається за формулою

$$s_n = 0,278v_0 \cdot t_n, \quad (2)$$

де v_0 – швидкість початку гальмування, км/год; t_n – час підготовки гальм до дії, с.

Час підготовки гальм до дії одиночно прямуючих локомотивів визначається за формулою

$$t_n = 7 - \frac{10i_c}{1000v \varphi_k}, \quad (3)$$

де i_c – питомий опір від спрямленого (у профілі та плані) ухилу, для якого проводяться розрахунки (при спуску значення зі знаком мінус), що чисельно дорівнює крутизні ухилу в ‰; ϑ – гальмівний коефіцієнт локомотива; φ_k – дійсний коефіцієнт тертя гальмівних колодок.

Дійсний гальмівний шлях одиночно прямуючого локомотива визначається за формулою

$$s_d = \sum \frac{500(v_n^2 - v_k^2)}{\zeta (1000\vartheta \varphi_k + \omega_x + i_c)}, \quad (4)$$

де v_n і v_k – початкова й кінцева швидкості в розрахунковому інтервалі, км/год; ζ – сповільнення локомотива під дією питомої сповільнюючої сили; ω_x – основний питомий опір локомотива при холостому ході, Н/кН.

¹ Див: *Бабичков А. М.* Тяга поездов и тяговые расчеты / А. М. Бабичков, П. А. Гурский, А. П. Новиков. — М. : Транспорт, 1971. — 280 с.

² Див: *Правила тяговых расчетов для поездной работы.* — М. : Транспорт, 1985. — 287 с.

³ Див: *Крылов В. И.* Автоматические тормоза подвижного состава: учеб. для учащ. техникумов ж.-д. трансп. / В. И. Крылов, В. В. Крылов. — [4-е изд., перераб. и доп.]. — М. : Транспорт, 1983. — 360 с.

Дійсну силу натиснення на одну колодку визначимо за формулою

$$K = \alpha F(p_{\text{ц}} - \Delta p_{\text{с}}), \quad (5)$$

де $\Delta p_{\text{с}}$ – тиск у циліндрі, необхідний для подолання опорів у важільній передачі та стиснення пружини гальмівного циліндра для притиснення колодок до коліс, $\Delta p_{\text{с}} = 0,04$ МПа; $p_{\text{ц}}$ – тиск стиснутого повітря в циліндрі, МПа; F – площа поршня гальмівного циліндра; α – коефіцієнт, що характеризує параметри важільної передачі,

$$\alpha = \frac{1}{m} n \eta_{\text{п}} \eta_{\text{ц}} \cdot 10^3, \quad (6)$$

де m – кількість колодок, що припадає на один циліндр; n – передачне число важільної передачі; $\eta_{\text{п}}$ – ККД важільної передачі; $\eta_{\text{ц}}$ – ККД гальмівного циліндра.

Гальмівним коефіцієнтом ϑ називається відношення сумарної сили натиснення колодок до ваги тепловоза:

$$\vartheta = \frac{\sum K}{P}, \quad (7)$$

де P – розрахункова вага локомотива.

Дійсний коефіцієнт тертя для чавунних стандартних колодок

$$\varphi_{\text{к}} = 0,6 \cdot \frac{16K + 100}{80K + 100} \cdot \frac{v + 100}{5v + 100}. \quad (8)$$

Основний питомий опір руху локомотива при холостому ході визначимо за формулою

$$\omega_{\text{х}} = 2,4 + 0,011v + 0,00035v^2. \quad (9)$$

Для розрахунку прийемо такі вихідні дані: тиск у гальмівному циліндрі $p_{\text{ц}}$: першого візка праворуч 2,8 кгс/см² (0,284 МПа); першого візка ліворуч 2,9 кгс/см² (0,294 МПа); другого візка праворуч 0,8 кгс/см² (0,081 МПа); другого візка ліворуч 1,0 кгс/см² (0,1013 МПа); $m = 3$; $n = 10,77$; $\eta_{\text{п}} = 0,9$; $\eta_{\text{ц}} = 0,98$; $P = 2354,4$ кН (240 тс); $\zeta = 112$ км/год²; $F = 0,0506$ м²; $i_{\text{с}} = -7,47$ ‰.

У результаті розрахунку за формулами (5), (6) одержані значення натиснення на гальмівну колодку: для першого візка праворуч – 39,04 кН (3,98 тс); для першого візка ліворуч – 40,66 кН (4,14 тс); для другого візка праворуч 6,58 кН (0,67 тс); для другого візка ліворуч – 9,82 кН (1,0 тс). Сумарне натиснення на гальмівні колодки, ураховуючи їх кількість і розміщення на візках, складатиме 288,3 кН (29,4 тс), а середнє значення цього натиснення – 24 кН (2,44 тс).

Значення гальмівного коефіцієнта ϑ , розраховане за формулою (7), становить 0,122.

Результати розрахунку дійсного гальмівного шляху за формулами (4), (8), (9) зведено в таблицю.

Таблиця

$v_{п2}$, км/год	$v_{к2}$, км/год	$v_{сп2}$, км/год	φ_k	ω_k , Н/кН	$s_{д2}$, м
30	20	25	0,157	2,89	152,7
20	10	15	0,185	2,64	74,9
10	0	5	0,237	2,46	18,6

$$s_d = \sum s_{di} = 246,2 \text{ м.}$$

Розрахуємо шлях підготовки гальм до дії.

Для швидкості 30 км/год значення дійсного коефіцієнта тертя φ_k розраховане за формулою (8), становить 0,147.

Час підготовки гальм до дії t_n , розрахований за формулою (3), – 11,2 с.

Шлях підготовки гальм до дії s_n , розрахований за формулою (2), становить 93,4 м, а гальмівний шлях, розрахований за формулою (1) – 339,6 м.

Тобто, при роз'єднанні кінцевих кранів магістралі гальмівних циліндрів між секціями та застосуванні екстреного гальмування гальмівний шлях тепловоза з початкової швидкості 30 км/год складатиме 339,6 м.

З метою порівняння розрахованого гальмівного шляху з його нормативним значенням встановимо нормативне значення гальмівного шляху для тепловоза 2М62 при швидкості 30 км/год. Для цього визначимо розрахунковий гальмівний коефіцієнт тепловоза за формулою (7), прийнявши значення розрахункової сили натиснення колодок на вісь, яке для тепловоза 2М62 складає 10 тс. За наявності 12 осей і вазі тепловоза $P = 240$ тс розрахунковий гальмівний коефіцієнт φ_p складатиме 0,5.

Згідно з номограмами¹, для зазначеного значення розрахункового гальмівного коефіцієнта та швидкості 30 км/год нормативне значення гальмівного шляху становить $s_{г\text{ норм}} = 120$ м.

Порівняння нормативного та фактичного значення гальмівного шляху тепловоза 2М62 при роз'єднанні кінцевих кранів магістралі гальмівних циліндрів між секціями й застосуванні екстреного гальмування дає змогу зробити висновок про те, що гальмівна система тепловоза 2М62 не забезпечувала гальмівного натиснення, необхідного для його зупинки на відстані, не більший гальмівного шляху, визначеного за номограмами.

На основі виконаних досліджень можна констатувати, що гальмівна система тепловоза 2М62 *знаходилась у несправному стані*, який не відповідав нормативним вимогам. Ця несправність гальмівної системи привела до травмування людей і значних матеріальних збитків, тобто була *критичною*.

Наведені розрахунки та рекомендації можуть бути покладені в основу розроблення відповідної методики судової залізнично-транспортної експертизи.

¹ Див: Правила тяговых расчетов для поездной работы.