

Кузьменко С.В., Тарасов В.Ю.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ТРАНСПОРТНОЇ ПОДІЇ НА ПЕРЕГОНІ МІЖ СТАНЦІЯМИ ІМЕНІ ЛОТІКОВА І ШАХТИ ЧЕРКАСЬКА

На залізничних коліях між станцією імені Лотікова і станцією шахта Черкаська вантажний потяг втратив керування гальмовою системою, в результаті чого він зіткнувся з вагонами, що стояли на коліях станції шахта Черкаська. Попередній аналіз транспортної пригоди виявив: технічний стан гальмівної системи локомотива і вагонів на момент відправлення поїзда зі станції імені Лотікова відповідає діючим вимогам; дії локомотивної бригади і складача поїзда перед відправленням поїзда при випробуванні гальм і його подальшому русі відповідали чинним вимогам.

Щоб з'ясувати причину аварії, було проведено математичне моделювання руху цього поїзда. Вихідні дані для розрахунку були наступні: поїзд складався з тепловоза ТГМ-6А і 11 навантажених піввагонів; довжина траси 4273 м; перегонка має ланкову структуру з яскраво вираженим спусковим характером із заданою величиною ухилу $-14,3\text{ ‰}$ з великою кількістю криволінійних ділянок радіусом від 255 м до 1050 м; Кінцева швидкість поїзда на момент зіткнення становила 55 км/год.

На основі розрахунків були отримані наступні результати: достатність гальм поїзда при їх нормальній роботі для необхідного зниження швидкості до повної зупинки поїзда; реалізація швидкості 55 км/год в кінцевій розрахунковій точці (закінчення перегону між станцією імені Лотікова і станцією шахта Черкаська) можлива тільки при спільному використанні локомотивного гальма (100% від максимального значення гальмівного зусилля), ручного гальма локомотива і автогальма складу (16,1% від максимального значення гальмівного зусилля).

З огляду на, що випробування гальм перед відправленням поїзда проводилось відповідно до діючих вимог та відсутність необхідної ефективності гальм поїзда із застосуванням випробувального гальмування на перегоні, стає очевидним, що відмова гальмівної системи стався між стартом поїзда до станції імені Лотікова і початок перевірки дії гальм на ефективність при русі на перегоні.

Зниження ефективності гальмівної системи поїзда через складні погодні умови при мінусовій температурі навколишнього середовища могло бути викликано наступними факторами: замерзанням конденсату в гальмівній системі поїзда; виникнення витоку повітря з гальмівної магістралі вище нормативних значень.

Ключові слова: поїзд, тепловоз, вагон, гальмівна система, службове гальмування, аварійне гальмування.

Постановка проблеми. Безпека руху є одним з ключових аспектів діяльності транспортних підприємств, що здійснюють експлуатацію рухомого складу. Своєчасна і безпечна доставка вантажів і пасажирів є головним пріоритетом експлуатаційної політики будь-якого суб'єкта господарської діяльності на транспорті. Проте, транспортні події і аварії трапляються - або в зв'язку з техногенними або з людським факторами. У зв'язку з цим, розслідування кожного випадку транспортної пригоди дозволяє не тільки встановити причину інциденту, але і дати рекомендації щодо запобігання таких ситуацій надалі.

На залізничних коліях перегону між станціями імені Лотікова і шахти Черкаська вантажний потяг втратив контроль над гальмівною системою, в результаті чого на швидкості 55 км/год здійснив зіткнення з вагонами, що стояли на коліях станції шахти Черкаська. Поїзд складався з маневрового локомотива ТГМ-6А №985 вагою 90 т і 11 піввагонів, навантажених вугіллям, вагою 980 т. Гальмівні колодки локомотива - чавунні, гальмівні колодки вагонів - композиційні.

Довжина маршруту складала 4273 м. Перегін від ст. ім. Лотікова до ст. ш.Черкаська має ланкову будову з вираженим спускним характером з наведеним значенням ухилу $-14,3\text{ ‰}$ з великою кількістю криволінійних ділянок з радіусами від 255 м до 1050 м.

Відповідно до розшифровки швидкостемірної стрічки швидкість руху поїзда складала наступні значення:

- о 9 год. 30 хв. - відправлення;
- о 9 год. 31 хв. - 10 км/год (відстань 200 м)
- о 9 год. 32 хв. - 30 км/год;
- з 9 год. 22 хв. на відстані 4 км перегону - плавне наростання до 55 км/год;
- о 9 год. 38 хв. - в момент зіткнення 52 км / год.

Відповідно до розшифровки швидкостемірної стрічки тиск в гальмівній магістралі склав наступні значення:

- початковий тиск 5,4 кгс/см²;
- о 9 год. 17 хв. виконано гальмування з подальшим підвищенням тиску до 6,8 кгс/см² (ймовірно проводилося випробування гальм);
- о 9 год. 33 хв. розрядка гальмівної магістралі екстремим гальмуванням до 0 кгс/см²;
- о 9 год. 35 хв. завищення тиску по ГМ з 0 кгс/см² до 2,4 кгс/см² з наступною розрядкою до 0 кгс/см²;
- о 9 год. 36 хв. завищення тиску по ГМ з 0 кгс/см² до 3,7 кгс/см² з наступною розрядкою до 0 кгс/см²;

- о 9 год. 36 хв. завищення тиску по ГМ з 0 кгс/см² до 2,8 кгс/см² з наступною розрядкою до 0 кгс/см².

На момент транспортної пригоди спостерігалися складні погодні умови: сніг, часом сильний сніг; замه-тіль; ожеледь; вітер південно-східного напрямку, що досягав 14 м/с; температура повітря -9 ... -10 °С.

На перегоні між ст. ім.Лотікова і ст. ш.Черкаська був відсутній рух протягом 2 год. 50 хв. до моменту відправлення поїзда о 9 год. 30 хв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За відправну точку аналізу була перевірка дій локомотивної бригади на відповідність нормативним документам, що регламентують поїзну роботу [1] і експлуатацію гальм рухомого складу [2]. Проведені розрахункові дослідження проводилися на підставі методик, представлених в [3,4,5].

Мета. З огляду на те, що очевидною картини події зі свідчень учасників руху не виявлено, є необхідним провести детальний аналіз моделювання руху поїзда, що дозволить визначити необхідні фактори, які потягли за собою транспортну подію.

Результати досліджень. Математичне моделювання руху поїзда по перегону здійснювалося на підставі диференціального рівняння наведеного до 1 т маси поїзда,

$$\frac{dv}{dt} = \zeta (f_k - b_T - w_k) \quad (1)$$

де v - швидкість руху поїзда, м/с;

t - поточний час, с;

$\zeta = 12,23$ - коефіцієнт для вантажних і пасажирських поїздів при всіх експлуатаційних розрахунках;

f_k - питома дотична сила тяги, Н/т;

b_T - питома гальмівна сила поїзда, Н/т;

w_k - питомі сили опору руху рухомого складу, Н/т.

При розрахунках на ЕОМ методами чисельного інтегрування диференціального рівняння (1) потрібно перейти до рівняння в збільшеннях, на підставі чого залежність зміни швидкості від часу буде мати наступний вигляд:

$$\Delta v_i = \zeta (f_k - w_k - b_T) \Delta t, \quad (2)$$

а пройдений шлях

$$s = \sum_i s_i = \Delta t \sum_i \left(v_{i-1} + \frac{\Delta v_i}{2} \right). \quad (3)$$

Розрахунки проводилися на підставі таких вихідних даних:

- початкова розрахункова точка відповідає розташуванню локомотива поїзда на 1 км 4 пк поздовжнього профілю перегону;

- кінцева розрахункова точка відповідає розташуванню локомотива на 4 км поздовжнього профілю перегону (стрілочний перевід №2 станції шахта Черкаська)

- рух поїзда від початкової до розрахункової точки здійснюється без тяги;

- швидкість руху в початковій розрахунковій точці 10 км / год;

- крок інтегрування складає 0,1 с.

В результаті розрахунків отримані наступні результати:

1. При повній відсутності гальмування поїзда між початковою і кінцевою розрахунковими точками, швидкість в кінцевій розрахунковій точці склала б 98,5 км/год.

2. При використанні гальмівних засобів тепловоза:

2.1. При використанні тільки ручного гальма швидкість поїзда в кінцевій розрахунковій точці склала 96,9 км/год;

2.2. При використанні тільки пневматичного гальма швидкість поїзда в кінцевій розрахунковій точці склала 84,8 км/год;

2.3. При спільному використанні ручного і пневматичного гальма швидкість поїзда в кінцевій розрахунковій точці склала 82,8 км/год.

3. При використанні автогальм складу і їх нормальній роботі:

3.1. Час підготовки гальм до дії 9,8 с;

3.2. При службовому гальмуванні першого ступеня повна зупинка поїзда повинна відбутися через 74,6 с на відстані 186 м від початкової розрахункової точки;

3.3. При екстреному гальмуванні повна зупинка поїзда повинна відбутися через 28 с. на відстані 74 м від початкової розрахункової точки.

4. При спільному використанні гальмівних засобів тепловоза і складу, а також з урахуванням того, що:

4.1 В кінцевій розрахунковій точці швидкість поїзда 55 км/год;

4.2. В початковій розрахунковій точці здійснено гальмування першого ступеня з подальшим гальмуванням другого ступеня і екстреному гальмуванні;

4.3 Після застосування екстреного гальмування на тепловозі були приведені в дію пневматичне і ручне гальмо;

4.4. Для складу реалізована гальмівна сила склала 16,1% від максимального значення.

На підставі поданої інформації про транспортну пригоду і проведених розрахунків можна зробити наступні висновки:

1. Технічний стан гальмівної системи локомотива і вагонів на момент відправлення поїзда зі ст. ім. Лотікова відповідають вимогам [2];

2. Дії локомотивної бригади і складача поїздів перед відправленням поїзда при випробуванні гальм і його подальший рух відповідають вимогам [1,2];

3. На підставі результатів розрахункових досліджень показано:

3.1. Достатність гальмівних засобів поїзда при їх нормальній роботі для необхідного зменшення швидкості аж до повної зупинки поїзда;

3.2. Реалізація швидкості 55 км/год в кінцевій розрахунковій точці (кінець перегону між ст. ім. Лотікова і ст. ш. Черкаська) є можливим лише при спільному використанні гальм тепловоза (100% від максимального значення гальмівного зусилля), ручного гальма тепловоза і автогальм складу (16,1% від максимального значення гальмівного зусилля);

3.3. На підставі того, що випробування гальм перед відправленням поїзда здійснювалася відповідно до вимог [2] і відсутності необхідної ефективності гальм поїзда при пробному гальмуванні на перегоні, стає очевидним, що втрата ефективності гальмівної системи сталася в проміжку часу між моментом початку руху поїзда до ст. ім. Лотікова і початком перевірки дії гальм на ефективність при русі на перегоні.

Висновок. Машиністом тепловоза було вжито всіх можливих заходів щодо зниження швидкості руху поїзда аж до моменту зіткнення з вагонами, що стояли на колії №2 станції шахти Черкаська. Зменшення ефективності роботи гальмівної системи поїзда через складні погодні умови при мінусовій температурі навколишнього середовища можливо було викликано наступними факторами:

- замерзання конденсату в гальмівній системі поїзда;
- виникнення витоку повітря з гальмівної магістралі понад нормативних значень.

Л і т е р а т у р а

1. ЦД-0058 Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України. Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 31.09.2005 р. №507. Київ, 2005 р. 326 с.
2. ЦРБ-0032 Інструкція з експлуатації гальм спеціального рухомого складу залізниць України. Наказ Державної адміністрації залізничного транспорту України від 12.01.2006 № 016-Ц. Київ, 2005 р. 68 с.
3. Правила тяговых расчетов для поездной работы. - М.: Транспорт, 1985. 287 с.
4. Гребенюк П. Т., Долганов А. Н., Скворцова А. И. Тяговые расчеты: Справочник. / Под ред. П. Т. Гребенюка. М.: Транспорт, 1987. 272 с.
5. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств. М: Техинформ, 2003. 168 с.

R e f e r e n c e s

1. CD-0058 Instrukcija z ruhu poїzdıv i manevrovoї roboti na zaliznicjah Ukraїni. Nakaz Ministerstva transportu ta zv'jazku Ukraїni vid 31.09.2005 r. №507. Kyiv, 2005. 326 s.
2. CRB-0032 Instrukcija z eksploatacїї gal'm special'nogo ruhomoogo skladu zaliznic' Ukraїni. Nakaz Derzhavnoї administracїї zalizničnogo transportu Ukraїni vid 12.01.2006 № 016-C. Kyiv, 2005. 68 s.
3. Pravila tjagovyh raschetov dlja poezdnoj raboty. M: Transport, 1985. 287 s.
4. Grebenjuk P. T., Dolganov A. N., Skvorcova A. I. Tja-govyje raschety: Spravochnik. / Pod red. P. T. Grebenjuka. — M: Transport, 1987. 272 s.
5. Pravila i normy proektirovanija sortirovochnyh ustrojstv. M.: Tehinform. 2003. 168 s.

На железнодорожных путях между станцией имени Лотикова и станцией шахта Черкасская грузовой поезд потерял управление тормозной системой, в результате чего он столкнулся с вагонами, стоявшими на путях станции шахта Черкасская. Предварительный анализ транспортного происшествия выявил: техническое состояние тормозной системы локомотива и вагонов на момент отправления поезда со станции имени Лотикова соответствовало действующим требованиям; действия локомотивной бригады и составителя поезда перед отправлением поезда при испытании тормозов и его последующем движении соответствуют действующим требованиям.

Чтобы выяснить причину аварии, было проведено математическое моделирование движения этого поезда. Исходные данные для расчета были следующие: поезд состоял из тепловоза ТГМ-6А и 11 груженых полувагонов; длина трассы 4273 м; перегонка имеет звеньевую структуру с ярко выраженным спусковым характером с заданной величиной уклона -14,3 ‰ с большим количеством криволинейных участков радиусом от 255 м до 1050 м; Конечная скорость поезда на момент столкновения составила 55 км/ч.

На основе расчетов были получены следующие результаты: достаточность тормозов поезда при их нормальной работе для необходимого снижения скорости до полной остановки поезда; реализация скорости 55 км/ч в конечной расчетной точке (окончание перегона между станцией имени Лотикова и станцией шахта Черкасская) возможна только при совместном использовании локомотивных замков (100% от максимального значения тормозного усилия), ручной тормоз локомотива и автотормозами состава (16,1% от максимального значения тормозного усилия).

Учитывая, что испытание тормозов перед отправлением поезда проводилось в соответствии с действующими требованиями и отсутствие необходимой эффективности тормозов поезда при испытательном торможении на перегоне, становится очевидным, что отказ тормозной системы произошел между стартом поезда до станции имени Лотикова и начало проверки действия тормозов на эффективность при движении на перегоне.

Снижение эффективности тормозной системы поезда из-за сложных погодных условий при минусовой температуре окружающей среды могло быть вызвано следующими факторами: замерзанием конденсата в тормозной системе поезда; возникновение утечки воздуха из тормозной магистрали выше нормативных значений.

Ключевые слова: поезд, тепловоз, вагон, тормозная система, служебное торможение, аварийное торможение.

On the railway tracks between the Lotikov station and the Cherkaska Mine station, the freight train lost control of the braking system, as a result of which it collided with cars standing on the tracks of the Cherkaska Mine station. Preliminary analysis of the transport incident revealed the following: the technical condition of the brake system of the locomotive and cars at the time of departure of the train from the Lotikov station met the current requirements; the actions of the locomotive crew and the train assembler before the departure of the train when testing the brakes and its subsequent movement meet the current requirements.

To find out the cause of this accident, a mathematical simulation of the movement of this train was performed. The initial data for the calculation were as follows: the train consisted of a TGM-6A locomotive and 11 loaded gondola cars; route length 4273 m; the distillation has a link structure with a pronounced descent character with a given slope value of -14.3 ‰ with a large number of curved sections with radius from 255 m to 1050 m; the final speed of the train at the time of the collision was 55 km/h.

Based on the calculations, the following results were obtained: the sufficiency of the train brakes during their normal operation for the necessary reduction of speed until the complete stop of the train; realization of speed of 55 km/h in the final settlement point (the end of race between the Lotikov station and the Cherkaska Mine station) is possible only at joint use of locomotive locks (100% of the maximum value of brake effort), a manual locomotive brake and autobrakes of a warehouse (16.1% of the maximum value of braking force).

Given that the brake test before departure of the train was carried out in accordance with current requirements and the lack of necessary efficiency of train brakes during test braking on the race, it becomes obvious that the loss of brake system occurred between the start of the train to the Lotikov station and the beginning of check of action of brakes on efficiency at movement on race.

The decrease in the efficiency of the train brake system due to difficult weather conditions at sub-zero ambient temperature may have been caused by the following factors: freezing of condensate in the train brake system; occurrence of air leakage from the brake line above the normative values.

Keywords: train, locomotive, train, brake, service brake, emergency brake.

Кузьменко С.В. - к.т.н., профессор кафедры залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, СХУ ім. В.Даля, м Северодонецьк, Україна.

Тарасов В.Ю. - к.т.н., доцент кафедри хімії та охорони праці, СХУ ім. В.Даля, м Северодонецьк, Україна.