

Исследование влияния контролируемых утечек воздуха на тормозную магистраль грузового поезда

Е.Ю. Дульский, П.Ю. Иванов, А.В. Ромашов, Д.О. Емельянов✉

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

✉emelyanovdenis1995@mail.ru

Резюме

Одним из перспективных направлений развития железнодорожного транспорта как отрасли в целом является углубленное изучение и рассмотрение вопросов, направленных на повышение эффективности работы тормозных систем в пассажирских и грузовых поездах. Опыт последних лет демонстрирует четко сложившуюся тенденцию, вектор которой – модернизация тормозных систем поездов, а также отдельных узлов и устройств. Выявление локальных проблемных мест и последующее устранение обнаруженных недостатков в работе пневматических тормозов позволяют с уверенностью говорить о повышении общей надежности автотормозов и росте эффективности их работы. В данной статье авторами рассмотрены утечки, возникающие в тормозной сети поезда, причины их возникновения, а также их влияние на общую обеспеченность поезда автотормозами. При проведении исследования отдельно выделен вопрос плотности тормозной магистрали поезда. Обозначен ряд незначительных на первый взгляд конструктивных недостатков тормозной системы грузового поезда, которые непосредственно отражаются на эффективности ее работы. В ходе проведения анализа в статье была рассмотрена возможность внедрения внешнего устройства регулировки плотности тормозной магистрали поезда путем создания контролируемой утечки. По результатам проведенных опытных испытаний сформирован отчет о работе устройства. Получены данные, позволяющие установить влияние контролируемой непроизводительной локальной утечки сжатого воздуха на работу тормозного оборудования и тормозной системы грузового поезда в целом.

Ключевые слова

железнодорожный транспорт, утечка сжатого воздуха, плотность тормозной магистрали, тормозное оборудование, опробование тормозов, анализ, подвижной состав

Для цитирования

Исследование влияния контролируемых утечек воздуха на тормозную магистраль грузового поезда / Е.Ю. Дульский, П.Ю. Иванов, А.В. Ромашов, Д.О. Емельянов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2023. № 2(78). С. 127–138. DOI 10.26731/1813-9108.2023.2(78).127-138.

Информация о статье

поступила в редакцию: 17.05.2023 г.; поступила после рецензирования: 26.06.2023 г.; принята к публикации: 27.06.2023 г.

Investigation of the effect of controlled air leaks on the brake line of a freight train

E.Yu. Dul'skii, P.Yu. Ivanov, A.V. Romashov, D.O. Emel'yanov✉

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉emelyanovdenis1995@mail.ru

Abstract

One of the promising areas of development of railway transport, as an industry in general, is an in-depth study and consideration of issues aimed at the efficiency of braking systems. The recent years' experience demonstrates a clear trend, its vector being the modernization of train braking systems, as well as of individual components and devices. The identification of local problem areas and the subsequent elimination of the identified shortcomings in the operation of pneumatic brakes allow to speak with confidence about improving the overall reliability of auto brakes and the efficiency of their work. In this article, the authors consider leaks that occur in the train's braking network, the causes of their occurrence, as well as their impact on the overall provision of the train with auto brakes. During the study, the issue of the of the train's brake line density was singled out separately. A number of insignificant, at first glance, structural disadvantages of the freight train braking system are indicated, directly affecting the efficiency of its operation. During the analysis, in the article the possibility was considered of introducing an External device for adjusting the density of the train brake line by creating a controlled leak. Based on the results of the experimental tests, a report on the operation of the device was formed. Data have been obtained to establish the effect of controlled, unproductive, local leakage of compressed air on the operation of braking equipment and the braking system of a freight train as a whole.

Keywords

railway transport, compressed air leakage, brake line density, brake equipment, brake testing, analysis, rolling stock

For citation

Dul'skii E.Yu., Ivanov P.Yu., Romashov A.V., Emel'yanov D.O. Issledovanie vliyaniya kontroliruemyykh utechek vozdukha na tormoznyuyu magistral' gruzovogo poezda [Investigation of the effect of controlled air leaks on the brake line of a freight train]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2023, no. 2 (78), pp. 127–138. DOI: 10.26731/1813-9108.2023.2(78).127-138.

Article info

Received: May 17, 2023; Revised: June 26, 2023; Accepted: June 27, 2023.

Введение

Для целостного понимания особенностей проверки плотности тормозной магистрали поезда введем и дадим пояснение следующим терминам:

1. Непроизводительная утечка сжатого воздуха – утечка сжатого воздуха, не приводящая к срабатыванию тормозного оборудования в составе поезда.

2. Производительная утечка сжатого воздуха – утечка сжатого воздуха, приводящая к срабатыванию тормозного оборудования в составе поезда.

3. Контролируемая утечка сжатого воздуха – утечка сжатого воздуха, создаваемая машинистом посредством крана машиниста, приводящая к срабатыванию тормозного оборудования в составе поезда.

4. Неконтролируемая утечка сжатого воздуха – утечка сжатого воздуха как в соединениях тормозной магистрали и тормозного оборудования локомотивов и вагонов, так и в самом тормозном оборудовании, которая может быть производительной или непроизводительной.

5. Темп утечки сжатого воздуха – падение давления в тормозной магистрали поезда, измеряемое в МПа/мин.

6. Пульсирующая утечка сжатого воздуха

– утечка сжатого воздуха с непостоянным темпом, которая может быть производительной или непроизводительной.

Исследования плотности тормозной сети поезда

Одним из основных факторов, обеспечивающих безопасность движения на железнодорожном транспорте, является безотказная и эффективная работа тормозных систем [1]. Опираясь на это, современная наука ставит перед собой задачу математического моделирования тормозных процессов, всесторонне учитывающего ряд факторов, напрямую и косвенно влияющих на характер торможения поезда [2]. Тщательная подготовка и проверка работоспособности тормозных систем перед эксплуатацией является неотъемлемой частью перевозочного процесса [3]. Следовательно, необходимо уделить особое внимание полному и неполному опробованию тормозов при рассмотрении данных вопросов, качество которых напрямую зависит от человеческого фактора [4]. Было проведено исследование технологии сокращенного и полного опробования тормозов, замерены показания плотности тормозной сети поезда во II и IV положениях управляющего органа крана машиниста (далее – во II и

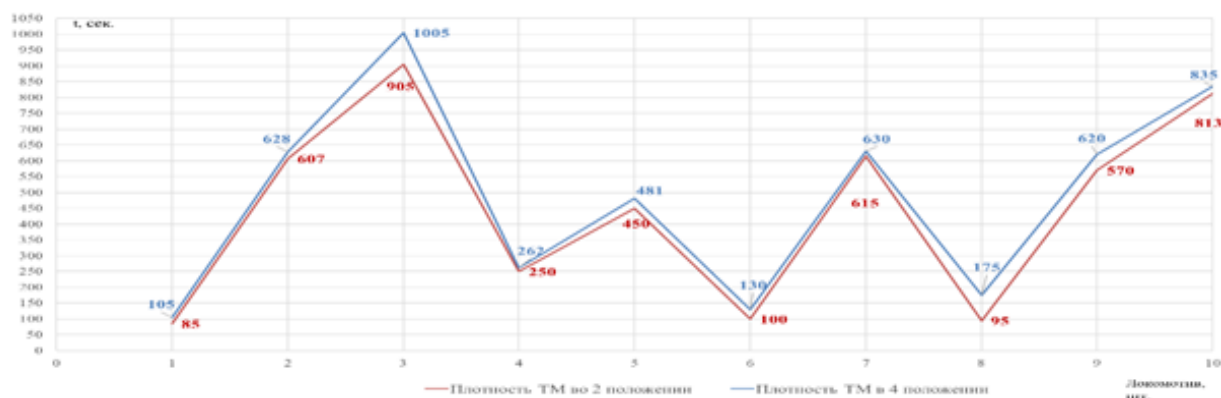


Рис. 1. Значения плотности тормозной сети поезда во II и IV положениях управляющего органа крана машиниста

Fig. 1. The train's braking network density values in the II and IV position of the operator's crane control body of the operator's crane control body

IV положениях) в 100 справках формы ВУ-45.

В результате выявлено следующее: в поездах от 75 до 100 % оборудованных безрезьбовыми соединениями тормозной магистрали и тормозного оборудования при проведении сокращенного опробования тормозов от локомотивов серии 3ЭС5К, 2ЭС5К плотность тормозной сети поезда во II и IV положениях достигает в среднем 301/330 сек [5] (рис. 1). Это увеличивает время сокращенного опробования тормозов с 17 до 25,5–27 мин., а в отдельных случаях – до 38 мин.

Для устранения рисков возникновения технологического нарушения (превышение нормы времени на торможение) была рассмотрена возможность внедрения внешнего устройства регулировки плотности тормозной магистрали поезда путем создания контролируемой утечки (УКУС-ТМ).

Требования к элементам тормозного оборудования вагонов, применяемых при проектировании и изготовлении УКУС-ТМ

В ходе разработки прототипа были сформулированы технические требования к элементам тормозной системы вагона, соблюдение которых обеспечивает штатную работу внедряемого устройства.

Наконечник соединительных рукавов, модернизированный для УКУС-ТМ, может изготавливаться из ковкого чугуна марок КЧ30-6-Ф, КЧ33-8-Ф, КЧ35-10-Ф по ГОСТ 1215; высокопрочного чугуна ВЧ40, ВЧ45 по ГОСТ 7293. Допускается изготовление из стали марок 20, 30, 40, 45 по ГОСТ 1050.

При испытаниях по стойкости к воздействию внешних механических воздействующих факторов должны достигаться их максимальные (предельные) значения по ГОСТ 30631.

Изделия с наружным номинальным диаметром до 45 мм, резиноармированные изделия, уплотнители (уплотнения) испытаниям на морозостойкость не подвергают [6]. Их морозостойкость в полной мере гарантирует изготовитель.

Устройство контролируемой утечки систем тормозных магистралей должно работать при качестве сжатого воздуха, соответствующего шестому классу загрязненности по ГОСТ 17433.

При расчетах утечки необходимо учитывать объем сжатого воздуха в тормозной маги-

страли поезда [7], для этого примем средний размер поезда в условных единицах $m_B = 65$ с объемом тормозной магистрали в одной условной единице $V_B = 0,0126 \text{ м}^3$ (12,6 л). Таким образом, вычислим объем тормозной магистрали в поезде по формуле (1):

$$V_{TM} = m_B \cdot V_B. \quad (1)$$

$$V_{TM} = 65 \cdot 0,0126 = 8,19 \text{ м}^3 \text{ (8 190 л)}.$$

Срабатывание тормозного оборудования вагонов не происходит при падении давления в тормозной магистрали поезда 0,1 МПа/мин., следовательно, диаметр отверстия не может превышать 1,8 мм.

В результате исследований, подтвержденных многолетней практикой, установлена оптимальная норма утечек из тормозной магистрали поезда – 0,02 МПа/мин.

Замеры плотности на локомотивах серии 2С5К и 3С5К показывают, что плотность тормозной магистрали поезда, оборудованного 75–100 % безрезьбовыми соединениями, составляет в среднем 301 сек во II положении управляющего органа крана машиниста и 330 сек в IV положении [8, 9]. Данная плотность тормозной магистрали поезда возможна при утечке воздуха 0,0102 МПа/мин.

Для контроля утечки воздуха из тормозной магистрали поезда было разработано устройство УКУС-ТМ, создающее утечку воздуха 0,01 МПа/мин.

При расчетах утечки используем известные показатели утечки воздуха из тормозной магистрали поезда, создаваемой при ликвидации сверхзарядки через отверстие диаметром 1,8 мм равное 0,1 МПа/мин. [10].

Непроизводительные утечки сжатого воздуха из тормозной магистрали рассчитываются по формуле (2):

$$m_{yt} = b \cdot F_y \cdot \sqrt{p_1 / V_1}, \quad (2)$$

где m_{yt} – непроизводительные утечки сжатого воздуха, кг/с; p_1 – давление в тормозной магистрали, МПа; v_1 – удельный объем воздуха в воздухопроводе, $\text{м}^3/\text{кг}$; F_y – сечение выпускного отверстия, м^2 ; $b = 0,686$ – const.

Можно сделать вывод, что непроизводительные утечки сжатого воздуха прямо пропорциональны сечению выпускного отверстия [11].

Сечение отверстия диаметром 1,8 мм составляет $2,54469 \text{ мм}^2$, следовательно, для утечки 0,01 МПа необходимо отверстие с площадью сечения в 10 раз меньше. Отверстие, близкое к

необходимому сечению, равно $0,255176 \text{ мм}^2$ при диаметре $0,57 \text{ мм}$.

В результате выпускное отверстие диаметром $0,57 \text{ мм}$ обеспечит постоянную утечку воздуха, не превышающую $0,01 \text{ МПа/мин}$.

Организация работы парка отправления грузовых поездов с использованием УКУС-ТМ на примере четного парка отправления ст. Тайшет эксплуатационного вагонного депо Тайшет (ВЧДЭ-13)

После разработки устройства и формирования технических требований к тормозному оборудованию вагона, учитывающих особенности наличия устройства в тормозной системе, авторами статьи даны рекомендации по оптимальной организации работы производственного контингента после внедрения УКУС-ТМ.

После окончания полного опробования автотормозов и устранения выявленных неисправностей осмотрщик-ремонтник каждой группы обязан передать данные по своей группе вагонов оператору для заполнения справки об обеспечении поезда тормозами и исправном их действии, а именно:

- количество ручных тормозов в осях;
- количество (в процентах) в группе вагонов композиционных колодок;
- количество воздухораспределителей, включенных на предварительную величину тормозного нажатия своей группы вагонов;
- количество (в процентах) вагонов с безрезьбовыми соединениями тормозной магистрали и тормозного оборудования [12].

Осмотрщик-ремонтник седьмой (хвостовой) группы дополнительно передает следующие данные:

- номер хвостового вагона;
- величину выхода штока тормозного цилиндра в хвостовом вагоне;
- время отпуска двух хвостовых вагонов;
- окончание технического обслуживания [13].

Подъезжая к составу, машинист останавливает локомотив за $10\text{--}15 \text{ м}$ от первого вагона. Осмотрщик вагонов или работник, на которого эта обязанность возложена, должен убедиться в исправной работе автосцепки и нормальном положении рычага расцепного механизма автосцепки первого вагона.

До соединения концевых рукавов магистралей между локомотивом и первым вагоном

осмотрщик вагонов или работник, на которого эта обязанность возложена, должен сообщить машинисту следующую информацию:

- состояние тормозной магистрали состава поезда (заряжена или незаряжена);
- наличие в составе грузового поезда пассажирских вагонов, локомотивов и вагонов моторвагонного подвижного состава;
- количество порожних и груженых вагонов и их загрузка;
- вагоны с выключенными тормозами;
- количество (в процентах) вагонов в составе поезда с безрезьбовыми соединениями тормозной магистрали и тормозного оборудования [14].

Помощник машиниста после прицепки локомотива к составу и перехода машиниста в рабочую кабину при выключенном источнике питания электропневматического тормоза (при наличии) по команде машиниста обязан трехкратным открытием крана через концевой рукав продуть тормозную магистраль локомотива со стороны состава, соединить рукава тормозной, а при необходимости и питательной магистралей между локомотивом и первым вагоном, перевести УКУС-ТМ в рабочее положение при наличии в составе поезда $75\text{--}100 \%$ безрезьбовых соединений тормозной магистрали и тормозного оборудования, открыть концевой кран сначала у локомотива, а затем у вагона.

Головной осмотрщик по сокращенному опробованию тормозов выписывает данные всех осмотрщиков-ремонтников бригады, справку об обеспечении поезда тормозами и исправном их действии с отметкой безрезьбовых соединений в количестве $75\text{--}100 \%$ [15].

Испытание УКУС-ТМ, выполненного в западной горловине нечетного парка отправления ст. Тайшет ВЧДЭ-13

После проведенных эксплуатационных испытаний, состоящих в пробовании устройства УКУС-ТМ, был составлен подробный отчет с его результатами, а также получена экспертная оценка созданной комиссии по работе данного устройства.

В состав комиссии были включены: главный инженер ВЧДЭ-13 – И.А. Шарафутдинов; начальник технического отдела ВЧДЭ-13 – С.А. Смушкин; мастер ВЧДЭ-13 – А.В. Ромашов. Комиссией был составлен акт о нижеследующем:

1. УКУС-ТМ установлен на головной вагон состава грузовых вагонов (род вагонов – полувагоны, состав однородный, количество осей – 288), на 27 пути ПТО-2 ст. Тайшет с соблюдением правил технической эксплуатации и норм охраны труда (рис. 2).

2. Проведены испытания влияния контролируемой непроизводительной утечки сжатого

воздуха из системы тормозной магистрали состава поезда, запитанной от установки автоматизированной системы диагностики тормозов АСДТ-5К (рис. 3).

3. В ходе испытаний устройства получены и зафиксированы данные по созданным контролируемым утечкам сжатого воздуха, заданных диаметром технологического отверстия (табл. 1).

Таблица 1. Данные испытаний

Table 1. Test data

№	Диаметр технического отверстия, мм Technical hole diameter, mm	Контролируемые параметры тормозной магистрали Controlled parameters of the brake line		
		Плотность, сек Density, sec	Падение плотности от номинального значения Density drop from nominal value	
			Сек Sec	%
1	0	58	0	0
2	1	52	6	10,35
3	2	45	13	22,42
4	3	39	19	32,76
5	5	20	38	65,52



Рис. 2. Фото УКУС-ТМ, установленного на головной вагон состава грузовых вагонов

Fig. 2. Photo of device for controlled leakage of brake line systems mounted on the head wagon of a freight train



Рис. 3. Автоматизированная система диагностики тормозов

Fig. 3. Automated brake diagnostics system

Полученные в ходе испытаний данные зафиксированы в отчете автоматизированной системы диагностики тормозов АСДТ-5К (рис. 4). В ходе испытаний проводилась видео фиксация работы тормозного оборудования.

По окончании испытаний члены комиссии ознакомились с результатами воздействия контролируемой утечки сжатого воздуха из тормозной сети грузового поезда на 27 пути ПТО-2 ст. Тайшет на работу автотормозного оборудования грузовых вагонов.

По результатам совещания комиссия постановила следующее:

1. УКУС-ТМ требует дальнейшей доработки в части изменения конструкции с целью возможности регулирования контролируемой утечки в диапазонах, не приводящих к срабатыванию автотормозного оборудования вагонов.

2. Требуется испытание УКУС-ТМ на подвижном составе с задействованием локомотива и локомотивной бригады, так как установка АСДТ-5К обеспечивает измерение и фиксацию данных о плотности тормозной сети поезда до 90 сек, что не может обеспечить корректность получаемых в ходе испытания данных о процентном снижении плотности тормозной сети поезда (табл. 2).

Учитывая первое опытное испытание УКУС-ТМ на грузовом подвижном составе, опробование устройства можно считать успешным. По предписанию производственной комиссии указаны недоработки, касающиеся расширения функциональной составляющей устройства, а также назначены дальнейшие опытные испытания по внедрению устройства в тормозную систему поезда.

Влияние локальной контролируемой утечки сжатого воздуха на работу тормозного оборудования грузового вагона

В вопросе эффективности и качества функционирования тормозной системы поезда рассмотрена возможность замены резьбовых соединений в тормозном оборудовании вагонов и локомотивов на безрезьбовые [16]. Предназначение таких соединений заключается в сообщении разобщительных и концевых кранов, запасных резервуаров, авторежимов, тормозных цилиндров, воздухораспределителей с подводящими трубами и самих труб между собой без нарезки резьбы на трубах в тормозных пневматических системах. Они также необходимы для соединения трубопровода тормозной магистрали с одновременным его креплением к раме грузо-

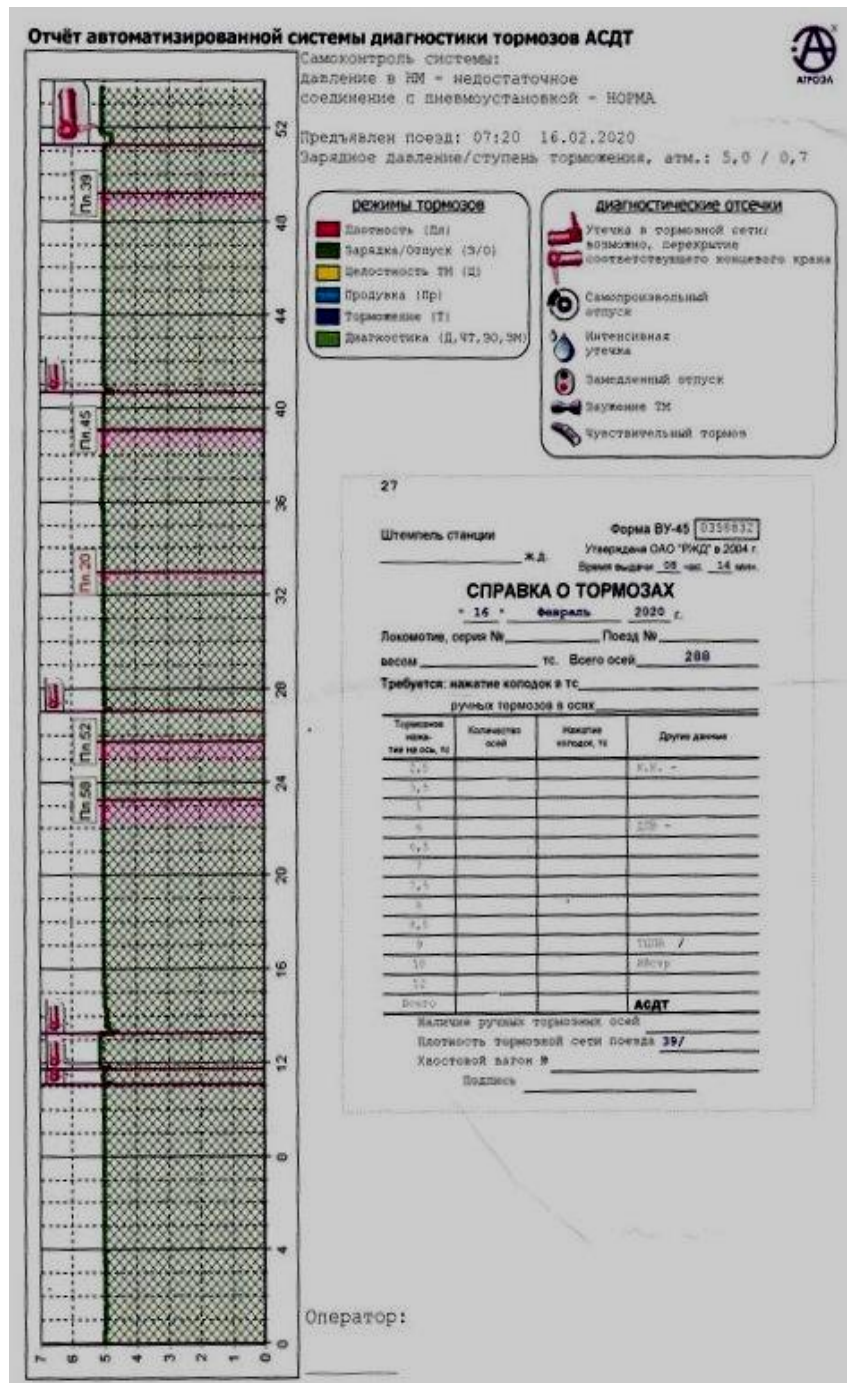


Рис. 4. Отчет автоматизированной системы диагностики тормозов АСДТ-5К

Fig. 4. Report of automated brake diagnostics system ASDT-5K

вого вагона и оборудованию локомотивов [17].

Данные соединения обладают следующими характеристиками:

- интервал рабочих температур окружающего воздуха, не нарушающий работоспособность безрезьбовых соединений, от $-600\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- соединения безрезьбовые должны со-

хранять работоспособность после кратковременного (4 ч) воздействия температуры $1\ 200\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- назначенный срок службы соединений безрезьбовых – 20 лет;
- назначенный срок службы уплотнительных элементов – 6 лет;
- гарантийный срок эксплуатации и хра-

нения – 6 лет с даты выпуска безрезьбового соединения;

– должна быть обеспечена герметичность материалов деталей при затяжке накладных гаек моментом при максимальном рабочем давлении

1,0 ± 0,02 МПа.

При значительных улучшениях эксплуатационных характеристик и повышении надежности работы тормозной системы поездов в целом, в процессе эксплуатации вскрыт ряд недо-

Таблица 2. Сравнительная характеристика соединений
Table 2. Comparative characteristics of joints

Наименование соединения Joint name	Номер соединения Joint sequence number	Наружный диаметр присоединяемых труб, мм External diameter of connected pipes, mm	Момент затяжки накладных гаек соединений безрезьбовых, Н · м Union nuts torque of threadless connections, N · m	Применяемость Applicability
Штуцер Union	4370	27 ± 0,3	150 ± 15	Соединение труб с резервуаром №295 воздухораспределителя грузового вагона Pipe connection with tank No. 295 of freight wagon air distributor
Ниппель Nipple	4371	27 ± 0,3	150 ± 15	Соединение труб с разобщительным краном грузового вагона, запасным резервуаром, тормозным цилиндром, авторежимом Pipe connection with uncoupling valve of a freight wagon, spare tank, brake cylinder, auto mode
Штуцер в сборе Union complete	4374	42 ± 0,4	200 ± 20	Соединения трубопровода тормозной магистрали с концевым краном Brake pipeline connections with end valve
Тройник Tee	4375	42 ± 0,4	200 ± 20	Соединение трубопровода тормозной магистрали с одновременным креплением его на раме грузового вагона и соединением с отводом к воздухораспределителю Brake pipeline connection with its simultaneous fastening on the frame of a freight wagon and connection with a branch to the air distributor
		–	150 ± 15	
Тройник в сборе Tee complete	4375-01	42 ± 0,4	200 ± 20	Соединение трубопровода тормозной магистрали с одновременным креплением его на раме грузового вагона и соединением с разобщительным краном Brake pipeline connection with its simultaneous fastening on the frame of a freight wagon and connection with a branch to the air distributor
		–	150 ± 15	
Ниппель Nipple	4378	–	–	Соединение тройника с разобщительным краном грузового вагона Tee connection with release valve of a freight wagon
Муфта Clutch	4379	42 ± 0,4	200 ± 20	Соединение труб между собой Connecting tubes to each other
Муфта Clutch	4379-1	27 ± 0,3	150 ± 15	Соединение труб между собой Connecting tubes to each other

статков [18]. Так, при высокой плотности, достигнутой безрезьбовыми соединениями (рис. 5), влага в воздухе, поступающем в тормозную систему, не удаляется через естественные микроутечки по причине их отсутствия. В период низких температур воздуха в тормозную систему водный конденсат попадает в виде ледяной пыли и по причине отсутствия естественных (для резьбовых соединений) микроутечек в максимальном количестве попадает в приборы воздухораспределителей вагонов, создавая большую нагрузку на средства фильтрации и тормозное оборудование вагона в целом (вымывание смазочных материалов, ведущее к эрозии металлов и других элементов тормозного оборудования).

Высокая плотность тяговой магистрали приводит к ложному срабатыванию датчика ТМ-418 в пути следования, спровоцированного неисправностями и несовершенством конструкции отдельных вагонов [19].

В поезде с высокой плотностью уравнильный поршень (рис. 6) находится в среднем положении, впускной клапан – в закрытом состоянии, поршень неподвижен и инертен к перемещениям для открытия впускного клапана.

Происходит это по причине того, что уравнильному поршню необходимо преодолеть собственную силу трения со стенками уравнильной камеры крана машиниста усл. № 395 [20]. В стабильном положении возникает сила адгезии между манжетой уравнильного поршня и стенками уравнильной камеры крана машиниста.

В ходе испытаний прототипа УКУС-ТМ, установленного на головной вагон состава грузовых вагонов, запитанного от установки автоматизированной системы диагностики тормозов АСДТ-5К, получены следующие сведения,

позволяющие установить влияние контролируемой непроизводительной локальной утечки сжатого воздуха на работу тормозного оборудования и тормозной системы грузового поезда в целом:

1. Влага в воздухе, поступающем в тормозную систему, интенсивно удаляется через утечку, созданную устройством. В период низких температур воздуха данная влага в виде ледяной пыли также будет удаляться через отверстие, сообщающее тормозную магистраль с окружающим воздухом, снизится нагрузка на средства фильтрации и тормозное оборудование вагона в целом (вымывание смазочных материалов, ведущее к эрозии металлов и других элементов тормозного оборудования) до 60 %.

2. Пульсирующие утечки – утечки, вызванные неисправностями и локальными неисправностями в работе тормозного оборудования отдельных вагонов при искусственно сниженной плотности, не приведут к срабатыванию датчика ТМ 418.

3. В поезде с искусственно сниженной плотностью уравнильный поршень крана машиниста (см. рис. 5) опущен вниз, а впускной клапан открыт для компенсации утечек тормозной магистрали из питательной магистрали локомотива.

4. Добавочная разрядка для крана машиниста становится дополнительной утечкой, которая без скачкообразного изменения давления компенсируется через открытый впускной клапан.

Заключение

В данной статье авторами рассмотрены утечки, возникающие в тормозной сети поезда, причины их возникновения, а также их влияние на общую обеспеченность поезда автотормозами. В ходе разработки прототипа были сформированы



Рис. 5. Безрезьбовые соединения элементов тормозной сети грузового вагона в разрезе
Fig. 5. Threadless connections of the elements of the braking network of a freight wagon in the section

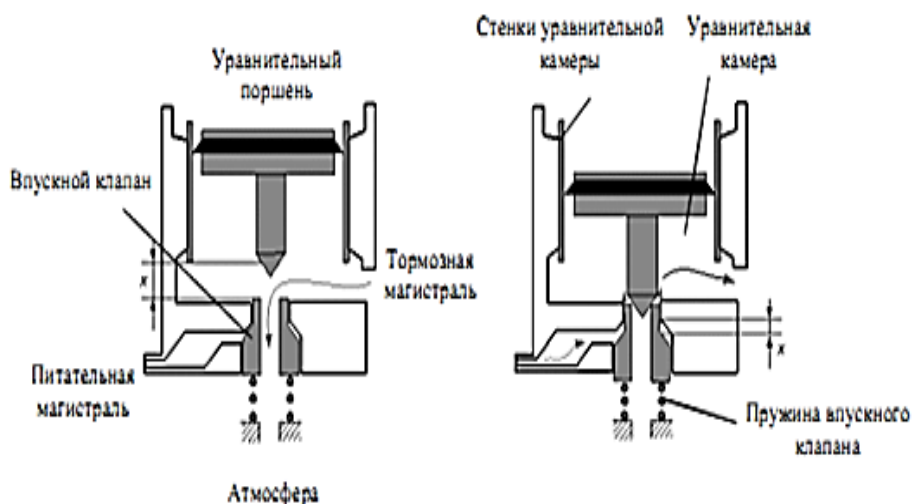


Рис. 6. Уравнительная часть крана машиниста усл. № 395
(x – величина кольцевого зазора между впускным клапаном и седлом поршня, который реализует сообщение тормозной магистрали с питательной магистралью)

Fig. 6. The equalizing part of the crane operator cond. No 395
(x is the value of the annular gap between the intake valve and the piston seat, which implements the communication of the brake line with the feed line)

рованы технические требования к элементам тормозной системы вагона, соблюдение которых обеспечивает штатную работу внедряемого устройства. После разработки устройства и формирования технических требований к тормозному оборудованию вагона, учитывающих особенности наличия устройства в тормозной системе. Авторами статьи даны рекомендации по оптимальной организации работы производственного

контингента после внедрения УКУС-ТМ. Успешно проведены эксплуатационные испытания, состоящие в апробации работы УКУС-ТМ. В вопросе эффективности и качества функционирования тормозной системы поезда рассмотрена возможность замены резьбовых соединений в тормозном оборудовании вагонов и локомотивов на безрезьбовые соединения.

Список литературы

1. Иванов П.Ю., Корсун А.А., Емельянов Д.О. Существующие способы управления тормозным нажатием с повышенной эффективностью // Научные междисциплинарные исследования : сб. ст. XV междунар. науч.-практ. конф. Саратов, 2021. С. 28–36.
2. Математическая модель работы тормозной системы поезда в процессе торможения с учетом динамики коэффициента трения колодки о колесо и сцепления с рельсом в компьютерной среде / А.А. Корсун, П.Ю. Иванов, С.П. Круглов и др. // Вестн. Ростов. гос. ун-та путей сообщ. 2022. № 2 (86). С. 104–113.
3. Мануилов Н.И., Иванов П.Ю., Дульский Е.Ю. Анализ влияния человеческого фактора на безотказную работу тормозного оборудования поездов // Наука вчера, сегодня, завтра. 2016. № 12-2 (34). С. 48–57.
4. Карвацкий Б.Л. Общая теория автотормозов. М. : Трансжелдориздат, 1947. 300 с.
5. Пат. 2744643 Рос. Федерация. Способ опробирования автотормозов в грузовых поездах и устройство для его реализации / А.В. Ромашов, Л.В. Мартыненко, В.Н. Железняк и др. № 2019139509 ; заявл. 03.12.2019 ; опубл. 12.03.2021, Бюл. № 8. 11 с.
6. Об утверждении правил по охране при техническом обслуживании и ремонте грузовых вагонов : распоряжение ОАО «РЖД» № 2423/р от 16.11.2018 г. (ред. 30.09.2022). Доступ из справ.-прав. системы АСПИЖТ в локал. сети.
7. Американские железнодорожные энциклопедии: вагоны / под ред. П.И. Травина. М. : Трансжелдориздат, 1937. 844 с.
8. Иноземцев В.Г., Казаринов В.М., Ясенцев В.Ф. Автоматические тормоза. М. : Транспорт, 1981. 464 с.
9. Правила технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава : утв. Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества : протокол от 6-7 мая 2014 г. № 60 (приложение № 18). Доступ из справ.-прав. системы АСПИЖТ в локал. сети.
10. Крылов В.П., Крылов В.В. Автоматические тормоза подвижного состава. М. : Транспорт, 1983. 360 с.
11. Пархомов В.Т. Устройство и эксплуатация тормозов. М. : Транспорт, 1994. 208 с.
12. Ачбегов Н.А., Фокин М.Д., Ясенцев В.Ф. Электропневматические тормоза. М. : Транспорт, 1974. 232 с.
13. Иноземцев В.Г., Абашкин П.В. Тормозное и пневматическое оборудование подвижного состава. М. : Транспорт, 1984. 344 с.

14. Общее руководство по ремонту тормозного оборудования вагонов 732-ЦВ-ЦЛ : утв. на 54-м заседании Совета по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества (п. п. 29.3 п. 1 протокола от 18-19.05.2011 г.). Доступ из справ.-прав. системы АСПИЖТ в локал. сети.
15. Афонин Г.С., Барщеников В.Н., Кондратьев Н.В. Автоматические тормоза подвижного состава. М. : Академия, 2010. 317 с.
16. Асадченко В.Р. Расчет пневматических тормозов железнодорожного подвижного состава. М. : Маршрут, 2004. 120 с.
17. Венцевич Л.Е. Тормоза подвижного состава железных дорог. М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2010. 560 с.
18. Крылов В.И., Клыков Е.В., Ясенцев В.Ф. Тормоза подвижного состава. М. : Транспорт, 1980. 271 с.
19. Асадченко В.Р. Автоматические тормоза подвижного состава. М. : Маршрут, 2006. 392 с.
20. Астахов П.Н., Гребенюк П.Т., Скворцова А.И. Справочник по тяговым расчетам. М. : Транспорт, 1973. 256 с.

References

1. Ivanov P.Yu., Korsun A.A., Emel'yanov D.O. Sushchestvuyushchie sposoby upravleniya tormoznym nazhatiem s povyshennoy effektivnost'yu [Existing methods of brake pressure control with increased efficiency]. *Sbornik statei XV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauchnye mezhdistitsiplinarnye issledovaniya»* [Proceedings of XV International Scientific and Practical Conference «Scientific interdisciplinary research»]. Saratov, 2021, pp. 28–36.
2. Korsun A.A., Ivanov P.Yu., Kruglov S.P., Osipov D.V., Emel'yanov D.O. Matematicheskaya model' raboty tormoznoi sistemy poezda v protsesse tormozheniya s uchetom dinamiki koeffitsienta treniya kolodki o koleso i stsepleniya s rel'som v komp'yuternoi srede [A mathematical model of the operation of the train braking system during braking, taking into account the dynamics of the friction coefficient of the pad on the wheel and the coupling with the rail in a computer environment]. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya* [Bulletin of the Rostov State Transport University], 2022, no. 2 (86), pp. 104–113.
3. Manuilov N.I., Ivanov P.Yu., Dul'skii E.Yu. Analiz vliyaniya chelovecheskogo faktora na bezotkaznyuyu rabotu tormoznogo oborudovaniya poezdov [Analysis of the influence of the human factor on the trouble-free operation of train braking equipment]. *Nauka vchera, segodnya, zavtra* [Science yesterday, today, tomorrow], 2016, no. 12-2 (34), pp. 48–57.
4. Karvatskii B.L. Obshchaya teoriya avtotormozov [The general theory of auto brakes]. Moscow: Transzheldorizdat Publ., 1947. 300 p.
5. Romashov A.V., Martynenko L.V., Zheleznyak V.N., Kushkov M.G., Sosnov N.Yu. Patent RU 2744643 C1, 12.03.2021.
6. Rasporyazhenie OAO «RZhD» № 2423/r ot 16.11.2018 g (red. 30.09.2022) «Ob utverzhenii pravil po okhrane truda pri tekhnicheskoy obsluzhivaniy i remonte gruzovykh vagonov» [Order of JSC «Russian Railways» No 2423/r dated November 16, 2018 «On approval of the rules on labor protection during maintenance and repair of freight wagons» (ed. September 30, 2022)].
7. Amerikanskie zheleznodorozhnye entsiklopedii: vagony [American railway encyclopedias: wagons]. Ed. By Travin P.I. Moscow: Transzheldorizdat Publ., 1937. 844 p.
8. Inozemtsev V.G., Kazarinov V.M., Yasentsev V.F. Avtomaticheskie tormoza [Automatic brakes]. Moscow: Transport Publ., 1981. 464 p.
9. Pravila tekhnicheskogo obsluzhivaniya tormoznogo oborudovaniya i upravleniya tormozami zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava: utv. Sovetom po zheleznodorozhnomu transportu gosudarstv-uchastnikov Sodruzhestva, protokol ot 6-7 maya 2014 g № 60 (prilozhenie № 18) [Rules for the maintenance of brake equipment and brake control of railway rolling stock : approved by the Council for Railway Transport of the Commonwealth Member States, Protocol no 60, dated May 6–7, 2014 (Annex no 18)].
10. Krylov V.P., Krylov V.V. Avtomaticheskie tormoza podvizhnogo sostava [Automatic brakes of rolling stock]. Moscow: Transport Publ., 1983. 360 p.
11. Parkhomov V.T. Ustroystvo i ekspluatatsiya tormozov [Device and operation of brakes]. Moscow: Transport Publ., 1994. 208 p.
12. Achbegov N.A., Fokin M.D., Yasentsev V.F. Elektropnevmaticheskie tormoza [Electropneumatic brakes]. Moscow: Transport Publ., 1974. 232 p.
13. Inozemtsev V.G., Abashkin P.V. Tormoznoe i pnevmaticheskoe oborudovanie podvizhnogo sostava [Brake and pneumatic equipment of rolling stock]. Moscow: Transport Publ., 1984. 344 p.
14. Obshchee rukovodstvo po remontu tormoznogo oborudovaniya vagonov 732-TsV-TsL: utv. na 54-m zasedanii Soveta po zheleznodorozhnomu transportu gosudarstv – uchastnikov Sodruzhestva (p.p. 29.3 p. 1 protokola ot 18-19.05.2011 g.) [General manual for the repair of braking equipment of wagons 732-TsV-TsL : approved at the 54th meeting of the Council for Railway Transport of the Commonwealth Member States (item 29.3 item 1 of the Protocol dated May 18–19, 2011)].
15. Afonin G.S., Barshchenkov V.N., Kondrat'ev N.V. Avtomaticheskie tormoza podvizhnogo sostava [Automatic brakes of rolling stock]. Moscow: Akademiya Publ., 2010. 317 p.
16. Asadchenko V.R. Raschet pnevmaticheskikh tormozov zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava [Calculation of pneumatic brakes of rolling stock]. Moscow: Marshrut Publ., 2004. 120 p.
17. Ventsevich L.E. Tormoza podvizhnogo sostava [Brakes of rolling stock of railways]. Moscow: UMTs ZhDT Publ., 2010. 560 p.
18. Krylov V.I., Klykov E.V., Yasentsev V.F. Tormoza podvizhnogo sostava [Brakes of rolling stock]. Moscow: Transport Publ., 1980. 271 p.
19. Asadchenko V.R. Avtomaticheskie tormoza podvizhnogo sostava [Automatic brakes of rolling stock]. Moscow: Marshrut Publ., 2006. 392 p.
20. Astakhov P.N., Grebenyuk P.T., Skvortsova A.I. Spravochnik po tyagovym raschetam [Handbook of traction calculations]. Moscow: Transport, 1973. 255 p.

Информация об авторах

Дульский Евгений Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры вагонов и вагонного хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: e.dulskiy@mail.ru.

Иванов Павел Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электроподвижного состава, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: savl.ivanov@mail.ru.

Ромашов Антон Викторович, аспирант кафедры вагонов и вагонного хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: Patifonik@bk.ru.

Емельянов Денис Олегович, аспирант кафедры вагонов и вагонного хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: emel'yanovdenis1995@mail.ru.

Information about the authors

Evgenii Yu. Dul'skii, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Wagons and Wagon Facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: e.dulskiy@mail.ru.

Pavel Yu. Ivanov, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Electric Rolling Stock, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: savl.ivanov@mail.ru.

Anton V. Romashov, Ph.D. student of the Department of Wagons and Wagon Facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: Patifonik@bk.ru.

Denis O. Emel'yanov, Ph.D. student of the Department of Wagons and Wagon Facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: emel'yanovdenis1995@mail.ru.