

## Транспорт

УДК 621.838

DOI:

Е.В. Сливинский, С.Ю. Радин

### ИСКЛЮЧЕНИЕ САМОДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В СЛУЧАЕ ИСТОЩЕНИЯ ТОРМОЗА

Представлены материалы, касающиеся разработки перспективной конструкции, предназначенной для исключения самодвижения грузовых вагонов в случае истощения тормоза. Разработка рекомендована научно-исследовательским и промышленным структурам в области тяжёлого маши-

ностроения как в нашей стране, так и за рубежом с целью ее дальнейшего изучения и возможного внедрения в практику.

**Ключевые слова:** грузовой вагон, самодвижение, истощение тормоза, рычаг подвески, триангель, воздухораспределитель, запасный резервуар.

E.V. Slivinsky, S.Yu. Radin

### EXCLUSION OF FRIGHT CAR SPONTANEOUS MOTION IN CASE OF BRAKE DEPLETION

In the design of modern freight cars the automatic indirectly acting brake devices are widespread to change motion modes and freight cars location in parking. A substantial drawback of such a brake system is that in case of air leak from the control reservoir at a prolonged park of a single freight car or a group of cars without a locomotive and, hence, at pressure absence of compressed air in a brake conduit a brake dismissal may occur which may result in the spontaneous car

motion. In Bunin State University of Yelets there is developed at the level of an invention a promising design of an indirect-acting brake which excludes this drawback and a number of computations is carried out for its efficient design parameter substantiation.

**Key words:** freight car, spontaneous motion, brake depletion, suspension arm, break beam, air distributor, control reservoir.

#### Введение

В практике на железнодорожном подвижном составе широко используются автоматические непрямодействующие

тормозные устройства колодочной и дисковой конструкции (рис. 1).

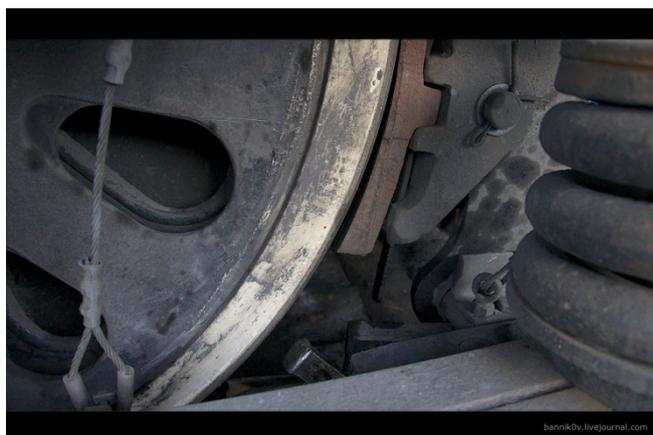
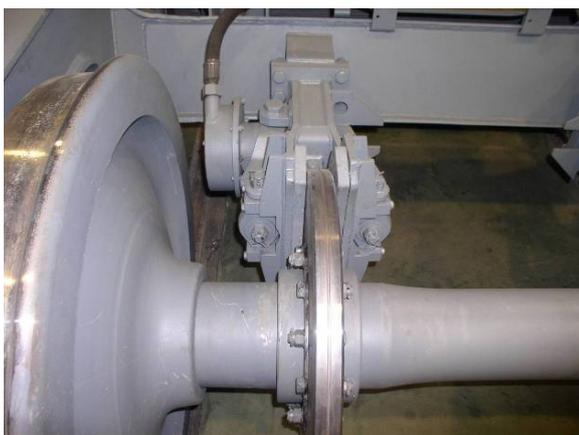


Рис. 1. Тормозные устройства

Обычно колодочное тормозное устройство железнодорожных вагонов состоит из рычажной передачи, которая включает в себя шарнирно соединённые между собой рычаги и подвески с триангельами и

тормозными колодками, управляемыми тормозным цилиндром, подключенным к запасному резервуару через воздухораспределитель, питаемый сжатым воздухом из подключённой к локомотиву тормозной

магистрала вагона. Существенным недостатком такого тормоза является то, что в случае утечки воздуха из запасного резервуара при длительной стоянке одиночного вагона или группы вагонов без локомотива и, следовательно, отсутствия давления сжатого воздуха в тормозной магистрали, может произойти роспуск тормозов, что приведёт к самодвижению вагонов. В практике, чтобы предупредить такое возможное явление, используют башмаки, которые укладывают вручную на рельсы под колёса вагонов.

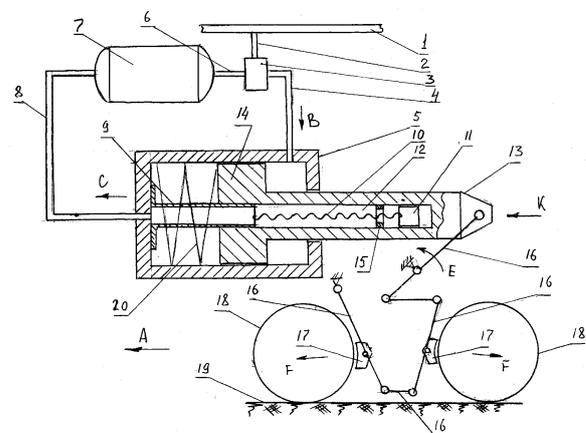
### Описание перспективной конструкции непрямодействующего тормоза для грузовых вагонов

На протяжении ряда лет кафедрой МитП ЕГУ им. И.А. Бунина совместно с Елецким участком Белгородского отделения ЮВЖД (филиала ОАО «РЖД») на договорных началах проводилась НИР, направленная на повышение эффективности использования и безопасности движения подвижного состава. Одним из разделов этой НИР является тема, связанная с разработкой технических средств, исключающих возможность самодвижения локомотивов и вагонов, причём таких, работа которых осуществляется в автоматическом режиме по мере истощения тормоза.

Анализ значительного числа отечественных и зарубежных библиографических и патентных источников позволил разработать на уровне изобретения (RU2551860) перспективную конструкцию тормоза, позволяющую в случае его истощения исключить возможность самодвижения грузовых вагонов.

Тормоз грузового вагона (рис. 2) состоит из тормозной магистрали 1, связанной трубопроводом 2 с воздухораспределителем 3, который с одной стороны при помощи трубопровода 4 соединен с тормозным цилиндром 5, а с другой - трубопроводом 6 с запасным резервуаром 7. Запасный резервуар 7 при помощи трубопровода 8 связан с пустотелым стержнем 9, который одним своим концом жестко присоединен к тормозному цилиндру 5, а другим прикреплен к винтовой пружине растяжения 10, закрепленной на плунжере 11, подвижно установленном в полости 12

Несмотря на эффективность такого рода фиксации подвижного состава, у нее есть недостатки. Во-первых, операция установки башмаков вручную небезопасна, и, во-вторых, известны случаи, когда станционные работники забывают установить башмаки и, следовательно, самодвижение вагонов не исключено. В то же время известны случаи, когда те же работники забывают убрать башмаки, и тогда при начальном движении подвижной состав сходит с рельсов.



штока 13 поршня 14. В полости 12 выполнен упор 15. Шток 13 через рычажную передачу 16 связан с тормозными колодками 17, взаимодействующими с колесами 18 колесных пар, перемещающихся по рельсовому пути 19. Поршень 14 подпружинен возвратной пружиной сжатия 20 относительно стенки тормозного цилиндра 5.

Рис. 2. Принципиальная схема тормоза грузового вагона

Работает тормоз грузового вагона следующим образом. При поступательном движении грузового вагона, например по стрелке А, все детали его тормозного устройства находятся в положении, показанном на рис. 2. При этом тормозная магистраль 1 и запасный резервуар 7 заряжены сжатым воздухом с давлением порядка 0,6 МПа. В то же время сжатый воздух из запасного резервуара 7 поступает в трубопровод 8 и пустотелый стержень 9, а также в полость 12 штока 13 поршня 14. Под действием такого давления сжатого возду-

ха плунжер 11 находится в положении, показанном на рис. 2, упруго деформируя при этом винтовую пружину растяжения 10.

В случае необходимости снижения скорости грузового вагона или его останова машинист локомотива широко известным в данной области техники способом снижает давление сжатого воздуха в тормозной магистрали 1, что позволяет воздухораспределителю 3 перекрыть трубопровод 6 и в открывшийся в нем трубопровод 4 подать сжатый воздух по стрелке В в тормозной цилиндр 5. Это в итоге обеспечивает движение по стрелке С поршня 14, который, во-первых, сжимает возвратную пружину сжатия 20 и, во-вторых, обеспечивает угловой поворот рычажной системы 16 по стрелке Е и поджим тормозных колодок 17 к колесам 18 по стрелкам F. После того как снова возникла необходимость поступательного движения вагона, машинист (также широко известным в данной области техники способом) поднимает давление сжатого воздуха до нормативного значения, что позволяет воздухораспределителю 3 соединить трубопровод 4 с атмосферой, а через открывшийся трубопровод 6 подать сжатый воздух в запасный резервуар 7, обеспечив его зарядку. Это позволит поршню 14 и его штоку 13 под действием ранее сжатой возвратной пружины 20 переместиться в направлении, обратном стрелке С, что обеспечит перемещение тормозных колодок 17 в направлении, обратном стрелке F, и тогда колеса 18 колесных пар окажутся незаторможенными.

Предположим теперь, что грузовой вагон отцеплен от локомотива и находится в заторможенном состоянии, как это было описано выше для служебного его торможения. В этом случае за счет возможной утечки воздуха из тормозного цилиндра 5, а следовательно, и запасного резервуара 7 произойдет снижение давления в полости 12 штока 13 поршня 14, что позволит ему переместиться по стрелке К к плунжеру 11, который войдет в контакт с упором 15. Такое взаимодействие плунжера 11 и упора 15 будет способствовать удерживанию штока 13 и поршня 14 под действием рас-

тянутой винтовой пружины растяжения 10 в крайнем левом положении, что при сжатом состоянии возвратной пружины сжатия 20 обеспечит поджим тормозных колодок 17 к колесам 18 колесных пар. Иными словами, самодвижение грузового вагона будет исключено. При необходимости использования грузового вагона в движении к нему прицепляют локомотив, машинист которого известным способом производит зарядку тормозной магистрали 1, что позволит воздухораспределителю 3 соединить тормозной цилиндр 5 с атмосферой через трубопровод 4. Его поршень 14 под действием ранее сжатой возвратной пружины сжатия 20 возвратится совместно со штоком 13 в крайнее правое положение, противоположное стрелке К, а плунжер 11 под действием сжатого воздуха, поступающего от запасного резервуара 7 по трубопроводу 8, займет положение, показанное на рис. 2, растянув при этом винтовую пружину растяжения 10. Последнее действие позволяет тормозным колодкам 17 отойти от колес 18 колесных пар, получив тем самым возможность вращения. Далее описанные процессы могут повторяться неоднократно.

Технико-экономическое преимущество предложенного технического решения в сравнении с известными очевидно, так как оно позволяет в случае истощения тормоза надежно удерживать рельсовые транспортные средства в заторможенном состоянии.

Проанализируем описание предложенного технического решения (рис. 2). Видно, что основным узлом конструкции является шток 13 с расположенным в нём плунжером 11, снабжённым упором 15 и винтовой пружиной растяжения 10, которые, по сути дела, образуют бесштоковый пневмоцилиндр одностороннего действия. Причём торцевыми крышками его являются как шток 13, так и торцевая поверхность пустотелого стержня 9 с примыкающим к нему упором 15 (рис. 2). Поэтому расчёт основных параметров такого пневмоцилиндра выполним в следующей последовательности.

Конструктивная особенность тормозных устройств на подвижном составе, как

это было отмечено выше, заключается в том, что для того чтобы привести тормоз в действие, необходимо понизить давление в тормозной магистрали на определенную величину. Ясно, что режимы падения давления и темп его понижения при медленном, служебном и экстренном торможении значительно отличаются от стояночного режима, когда такое понижение связано с самопроизвольными утечками сжатого воздуха из тормозных цилиндров. Выполним расчет и анализ данных параметров для этого режима применительно к четырехосному полувагону грузоподъемностью 60 т, у которого нагрузка на ось составляет 20 т. Известно [1], что тележка такого вагона (их на вагоне две) имеет две колёсные пары, к колёсам которых примыкают тор-

$$F_{mp} = \frac{K}{2} f_{ск} = 4,5 \cdot 0,18 = 0,81 \text{ т,}$$

где  $f_{ск}$  - коэффициент трения скольжения чугуна по стали, равный 0,18 [2].

Будем считать, что шток 13 (рис. 2) имеет наружный диаметр  $d_{III} = 80$  мм, а внутренний -  $d_B = 60$  мм, следовательно, диаметр  $d_{III}$  плунжера 11 также будет равен 60 мм. В то же самое время плунжер 11 будет находиться в крайнем правом положении, растянув пружину растяжения, так как чтобы разместить указанные детали в тормозном цилиндре 5 и сохранить такой же размер поршня со стороны его подпоршневой части, как у серийного поршня, а рабочую площадь  $S = 730 \text{ см}^2$ , необходимо чтобы внутренний диаметр тормозного цилиндра стал равным  $d_{II} = 384$  мм. В этом случае его шток диаметром  $d_{III} = 80$  мм при давлении сжатого воздуха  $p = 0,35$  МПа разовьет усилие  $P_y = pS = 3,5 \cdot 730 = 2,5$  т. Тогда, зная силу нажатия на все четыре оси колесных пар тележек полувагона  $\sum K = 9 \cdot 4 = 36$  т, можно определить передаточное число рычажной передачи тормоза:  $U = \frac{\sum K}{P_y} = \frac{36}{2,5} = 14,4$ .

Предположим, что давление сжатого воздуха за счет различных утечек упало до 0,15 МПа, тогда  $P_y = 1,5 \cdot 730 = 1,1$  т и  $\sum K = P_y \cdot U = 1,1 \cdot 14,4 = 15,8$  т. Следовательно, в этом случае сила нажатия на одно колесо  $K = 15,8 / 8 = 1,9$  т, а сила трения

возможные колодки, поджимаемые к ним с силой нажатия  $K$  и создающие тем самым силы торможения  $F_{mp}$  при расположении вагона как на уклонах (под определённым углом  $\gamma$  по отношению к горизонту), так и на прямолинейных участках железнодорожного пути.

Предположим, что полувагон находится в отцепленном от локомотива состоянии на площадке станционного пути. При этом давление сжатого воздуха в тормозном цилиндре  $p = 0,35$  МПа. Примем, что коэффициент нажатия тормозных колодок  $\delta = 0,45$ . Тогда сила нажатия на одну ось  $K = P \cdot \delta = 20 \cdot 0,45 = 9$  т, а на одно колесо - 4,5 т. Следовательно, сила трения  $F_{mp}$  между каждым колесом и его тормозной колодкой будет равна:

$F_{mp} = K \cdot f_{ск} = 1,9 \cdot 0,18 = 0,35$  т. При этом плунжер 11 будет находиться ещё в крайнем правом положении, растянув винтовую пружину растяжения 10 (рис. 2).

Если полувагон расположен на уклоне  $\gamma$ , как это описано выше, то понятно, что самодвижение его при давлении сжатого воздуха 0,35 МПа будет исключено. Теперь предположим, что для давления  $p = 0,35$  МПа уклон составил 10 ‰. Однако и на этом уклоне полувагон получить самодвижение не может, так как  $P_y = pS = 3,5 \cdot 730 = 2,5$  т.

Произведем подобные вычисления при давлении сжатого воздуха 0,15 МПа и уклоне 10 ‰. В этом случае, как показали ранее проведённые расчёты [4], момент на колесе, вызывающий начало возможного движения,  $T_I = 0,16$  т·м. При имеющемся моменте трения, создаваемого им,  $T_{mp} = 0,35 \cdot 0,45 = 0,16$  т·м уже возникает опасность, что тормоз не сможет удержать вагон от самодвижения. Отсюда видно, что если  $T_I = T_{mp}$ , то и незначительное последующее снижение давления может привести к самодвижению вагона. Поэтому понятно, что винтовая пружина растяжения 10 (рис. 2) должна развить такое усилие, чтобы при данном давлении сжатого воздуха в полости, связанной с запасным резервуаром (в котором упало давление, как

и в тормозном цилиндре), переместить плунжер 11 влево и тем самым упором 15 удержать шток 13 в положении, когда тормозные колодки 17 плотно прижаты к колёсам колёсных пар. Следовательно, винтовая пружина растяжения 10 должна создать усилие порядка 1,32 т (коэффициент

### Заключение

В заключение следует отметить, что различные типы подвижного состава могут быть снабжены описанным устройством с учетом его массовых и конструктивных характеристик. Используя представленную методику расчета, можно рассчитать рациональные геометрические и кинематические параметры предложенного устройства, исключающего возможность самодвижения вагонов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вагоны. Конструкция, теория и расчет / под ред. Л.А. Шадура. - М.: Транспорт, 1980. - 439 с.
2. Крылов, В.И. Тормоза локомотивов / В.И. Крылов. - М.: Трансжелдориздат, 1963. - 461 с.
3. Заплетохин, В.А. Конструирование деталей механических устройств: справочник / В.А. Заплетохин. - Л.: Машиностроение, 1990. - 669 с.
1. *Cars. Design, Theory and Computation* / under the editorship of L.A. Shadura. – Transport, 1980. – pp. 439.
2. Krylov, V.I. *Locomotive Brake Systems* / V.I. Krylov. – M.: Tranzheldorizdat, 1963. – pp. 461.
3. Zapletokhin, V.A. *Design of Mechanism Parts: reference book* / V.A. Zapletokhin. – L.: Mechanical Engineering, 1990. – pp. 669.

### Сведения об авторах:

**Сливинский Евгений Васильевич**, д.т.н., профессор кафедры механики и технологических процессов Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина, e-mail: [evgeni\\_sl@mailo.ru](mailto:evgeni_sl@mailo.ru).

**Slivinsky Yevgeny Vasilievich**, D. Eng., Prof. of the Dep. of Mechanics and Engineering Procedure, Bunin State University of Yelets, e-mail: [evgeni\\_sl@mailo.ru](mailto:evgeni_sl@mailo.ru).

запаса примем равным 1,2). Выбираем из справочника [3] пружину со следующими характеристиками:  $D_{нар} = 60$  мм;  $D_{ср} = 138$  мм; диаметр прутка - 18 мм, шаг  $t = 40$  мм, длина  $L = 200$  мм, материал - сталь 60С2 (по ГОСТ 2590-51). Рабочее усилие такой пружины составляет 1,4 т.

Результаты исследования переданы руководству Елецкого участка Белгородского региона ЮВЖД (филиала ОАО «РЖД») в виде экспресс-отчёта по выполненной части вышеуказанной НИР, а также рекомендуются к использованию соответствующим НИИ, специализированным КБ и промышленным предприятиям, проектирующим и изготавливающим грузовой подвижной состав, как в нашей стране, так и за рубежом.

4. Сливинский, Е.В. Модернизация пневматического тормоза пассажирских вагонов электропоездов / Е.В. Сливинский, В.И. Киселёв, В.В. Теслин // Системы управления, технические системы: пути и методы исследования: материалы межвуз. науч.-практ. конф. - Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2012. - Вып. 4. - 204 с.
4. Slivinsky, E.V. Airbrake updating of electric train coach cars / E.V. Slivinsky, V.I. Kiselyov, V.V. Teslin // *Systems of Control, Engineering Systems: Ways and Methods of Investigations: Proceedings of the Inter-College Scientif.-Pract. Conf.* – Yelets: Bunin State University of Yelets, 2012. – Ed. 4. – pp. 204.

*Статья поступила в редколлегию 23.11.2016.  
Рецензент: к.т.н., доцент ЕГУ им. И.А. Бунина  
Елецких С.В.*

**Радин Сергей Юрьевич**, к.т.н., доцент кафедры механики и технологических процессов Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина, тел.: 8 910 251 36 55.

**Radin Sergey Yurievich**, Can. Eng., Assistant Prof. of the Dep. of Mechanics and Engineering Procedure, Bunin State University of Yelets, Phone: 8 910 251 36 55.