

МОДЕРНИЗАЦИЯ НЕПРЯМОДЕЙСТВУЮЩЕГО ТОРМОЗА ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Родионов А.В., Сливинский Е.В.

Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина (399770, г. Елец, Липецкой обл., ул. Коммунаров, 28) e-mail: main@elsu.ru

В настоящей статье представлены материалы по разработке перспективной конструкции непрямодействующего тормоза для локомотивов, грузовых и пассажирских вагонов, а также для других рельсовых транспортных средств специального назначения снабжённых устройствами для исключения их самодвижения в случае истощения тормоза. Конструкция такого тормоза защищена патентом РФ на изобретение. Все существующее на сегодняшний день тормозные устройства железнодорожного подвижного состава не имеют надёжного и простого по конструкции устройства позволяющего надёжно удерживать от самодвижения железнодорожный подвижной состав находящийся в отцепленном состоянии и расположенных на станционных путях или в пунктах их отстоя. В результате проведённых расчётов определены рациональные геометрические параметры указанного устройства.

Ключевые слова: Запасный резервуар, тормозная колодка, тормозной цилиндр, тормозная магистраль.

MODERNIZATION НЕПРЯМОДЕЙСТВУЮЩЕГО BRAKES FOR A RAILWAY ROLLING STOCK

Rodionov A.V., slivinsky E.V.

Yeletsky state University. I.A. Bunin (399770, Elets, Lipetsk region, street of Communards, 28) e-mail: main@elsu.ru

This article presents materials on the development of perspective design непрямодействующего brakes for locomotives, freight and passenger wagons and other rail vehicles for special purposes fitted with devices to prevent the self-propulsion in the event of brake exhaustion. The design of the brake is protected by the RF patent. All existing for today the braking devices of railway rolling stock do not have a reliable and simple in design of the device allows a secure hold of the self-propulsion of railway rolling stock is in отцепленном condition and located on station tracks or in the places of its sludge. As a result of the carried out calculations defined rational geometrical parameters of the specified device.

Keywords: Emergency tank, brake pad, brake cylinder, brake line.

Известно [1], что безопасность движения поездов – основное условие эксплуатации железных дорог, перевозок пассажиров и грузов и поэтому все организационно-технические мероприятия на железнодорожном транспорте должны отвечать требованиям безопасного и бесперебойного их движения. Безопасность движения на транспорте обеспечивается за счёт содержания в постоянной исправности всех железнодорожных сооружений, пути, подвижного состава, оборудования и механизмов, устройств СЦБ и связи путём их осмотров и предупредительного технического обслуживания. Одним из важнейших моментов в указанном направлении является безопасность производства различных работ на путях, которая обеспечивается комплексом применяемых на железнодорожном транспорте средств защиты, в том числе поездными и путевыми сигналами, различными ограждениями, оповещением звуковыми и световыми сигналами и т.д.. Особенность работы на железнодорожном транспорте состоит в расположении рабочих мест и рабочих зон в непосредственной близости с движущимся или готовым к движению подвижным составом. Так как рост грузооборота железных дорог сопровождается увеличением интенсивности движения поездов, повышением их массы скоростей движения, то в этом случае как следствие растёт протяжённость тормозных путей и увеличивается опасность наезда подвижного состава на работающих выполняющих функции технического обслуживания и профилактических работ, как на магистральных, так и на станционных путях.

Известно также [2], что при движении поезда под действием силы тяги локомотива, последняя расходуется на преодоление сил сопротивления, препятствующих движению состава. Когда машинист отключает силовую установку от привода колёсных пар, то силы тяги исчезают, однако после этого останов поезда не происходит, и его движение будет продолжаться за счёт ранее накопленной кинетической энергии. Однако в каждом конкретном случае необходима остановка поезда как в заранее определенных местах перегонов, так и в других непредвиденных и аварийных ситуациях. Поэтому на подвижном железнодорожном составе применяют устройства для искусственного увеличения сил сопротивления, которые называют тормозными устройствами, а создаваемые ими силы сопротивления – тормозными силами. Наиболее распространенными средствами для получения тормозных сил являются различные по конструкции тормоза, в которых затормаживание колес колесных пар происходит за счет возникновения сил трения между колодками, контактируемыми с бандажами колес или специальными дисками, жестко размещенными на осях колёсных пар.

В настоящее время в конструкциях локомотивов и вагонов нашли широкое применение пневматические тормозные устройства. Такие устройства носят название пневматические тормоза, так как при разрыве поезда или тормозной магистрали, а так же при

открытии крана экстренного торможения, автоматически приходят в действие. Благодаря более быстрому и эффективному действию, автотормоза увеличивают безопасность движения и позволяют значительно повысить скорость движения поездов [1,2].

Однако при длительных торможениях или стоянках поезда в отцепленном состоянии от локомотива давление воздуха в тормозных цилиндрах и запасных резервуарах вследствие имеющихся утечек постепенно уменьшается, что приводит к истощению тормоза и в итоге к серьёзным авариям (рис.1). Это является основным недостатком непрямого автоматического тормоза. Анализ существующих тормозных систем подвижного состава



Рис. 1 Железнодорожная авария

железных дорог показывает, что на сегодняшний день нет технического средства, позволяющего в случае утечки сжатого воздуха из запасных резервуаров и отсутствия тормозных башмаков, укладываемых на рельсы под колёса подвижного состава, исключать самодвижение его как на станционных путях, так и на путях в пунктах отстоя.

На протяжении ряда лет в ЕГУ им. И.А. Бунина на кафедре прикладной механики и инженерной графики на договорных началах с Институтом транспортной техники и организации производства Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ) проводится НИР направленная на повышение эффективности и безопасности движения подвижного состава и его модернизации. Одним из разделов такой НИР является тема, связанная с разработкой технических средств, исключающих самодвижение подвижного состава, как на магистральных и станционных путях, так и на путях его отстоя. Эта тема так же является одним из разделов НИРС, которая выполняется СКБ университета. Анализ многочисленных литературных источников, а так же отечественных и зарубежных патентов на изобретения (RU2106992C1, RU2143357C1, RU2094275C1, EP0410145A2, US5279395A, DE4235807A, RU2081768C1, DE2160879A1, RU2232094C1 и др.) позволил разработать перспективное техническое решение, позволяющие в автоматическом режиме осуществлять самоторможение подвижного состава в условиях описанных выше, на которое признано изобретением (RU2391238).

Так на рис.2. показана принципиальная схема тормозного оборудования пассажирского вагона, а на рис.3 укрупненный вид пальца фиксатора одного из штоков тормозного

цилиндра в сечении по АА. Пассажирский вагон состоит из кузова и тележек (на рисунках они не показаны), на которых размещено тормозное оборудование, состоящее из тормозной магистрали 1, связанной трубопроводом 2 с воздухораспределителем 3, снабженного

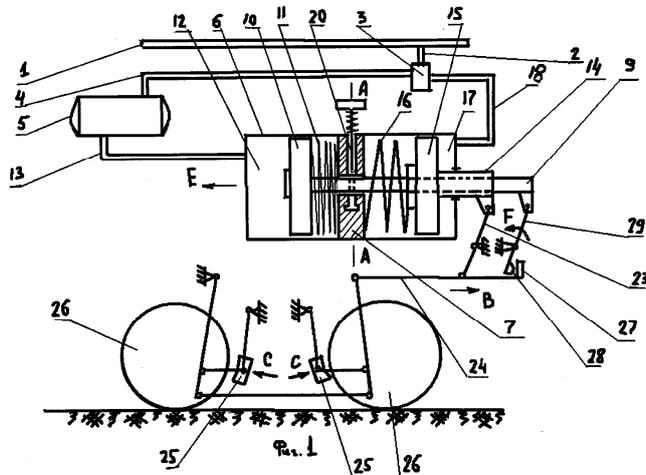


Рис.2 Принципиальная схема тормозного оборудования пассажирского вагона

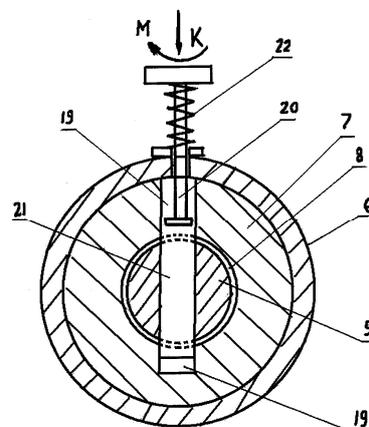


Рис.3 Укрупненный вид пальца фиксатора штока тормозного цилиндра

трубопроводом 4, присоединенным к запасному резервуару 5 и тормозному цилиндру 6. В тормозном цилиндре 6 расположена перегородка 7, в которой выполнено отверстие 8 и в нем размещен шток 9 дополнительного поршня 10, и последний подпружинен пружиной сжатия 11 относительно перегородки 7. Надпоршневая полость 12 тормозного цилиндра 6 с помощью трубопровода 13 присоединена к запасному резервуару 5. Шток 9 дополнительного поршня 10 подвижно установлен в полой штоке 14, который присоединен к основному поршню 15 также подпружиненному пружиной сжатия 16 относительно перегородки 7. Его подпоршневая полость с помощью трубопровода 18 соединена с воздухораспределителем 3. Внутри перегородки 7 выполнено отверстие 19 с подвижно размещенным пальцем фиксатора 20, такое же отверстие 21 имеется в штоке 9. Сам палец фиксатора 20 подпружинен относительно тормозного цилиндра 6 пружиной сжатия 22. Полый шток 14 с помощью двуплечего рычага 23 шарнирно связан с тягой управления 24 тормозными колодками 25, примыкающими к колёсам 26, а шток 9 взаимосвязан с этой же тягой управления 24 посредством упора 27 и кулачка 28, закрепленном на двуплечем рычаге 29.

Работает пассажирский вагон следующим образом. Если пассажирский вагон находится в составе поезда, который совершает движение, например, по перегону, его тормозное оборудование находится в таком положении, как это показано на рис.1. Это обеспечено тем, что сжатый воздух в тормозной магистрали 1, находясь под давлением, располагается в запасном резервуаре 5 и по трубопроводу 13 поступает в полость 12 тормозного цилиндра 6

удерживая дополнительный поршень 10 в крайнем правом положении, который полностью сжимает свою пружину сжатия 11. При служебном торможении снижают давление сжатого воздуха в тормозной магистрали 1 обычно на небольшую величину и тогда сжатый воздух из запасного резервуара 5 через воздухораспределитель 3 по трубопроводу 18 поступает в подпоршневую полость 17 основного поршня 15, который упруго деформируя свою пружину сжатия 16 перемещается совместно с полым штоком 14 в левую часть рис.1. Так как полый шток 14 шарнирно связан с двуплечим рычагом 23, то тяга управления 24 двигается в направлении стрелки В, способствуя в итоге прижиму тормозных колодок 25 к колесам 26 по стрелкам С. Одновременно давление воздуха попадает и в полости 12 тормозного цилиндра 6. Но оно настолько мало, что не может способствовать перемещению дополнительного поршня 10 в левую часть фиг.1 и он практически является неподвижным. После выполнения режима торможения давление сжатого воздуха в тормозной магистрали 1 поднимают, при этом воздухораспределитель 3 соединяет полость 17 тормозного цилиндра 6 с атмосферой и основной поршень 15 возвращается под действием пружины сжатия 16 в исходное положение, распуская тем самым тормозные колодки 25, которые перемещаются в обратном направлении стрелок С. Режим торможения закончен. При отцепе локомотива, например, на станционных путях, от поезда и рассоединении тем самым с ним тормозной магистрали 1, давление сжатого воздуха в ней падает и тогда основной поршень 15 подобно тому, как это описано выше перемещается также в левую часть рис.2. поворачивая своим пустотелым штоком 14 двуплечий рычаг 23, воздействуя по стреле В на тягу управления 24 тормозными колодками 25, поджимая тем самым их к колесам 25 пассажирского вагона. В этом случае тормоз пассажирского вагона является стояночным. Однако в результате длительной стоянки по ряду причин происходит истощение тормоза, то есть падение давления сжатого воздуха в запасном резервуаре 5, что вызовет падение давления в подпоршневой полости 17 основного поршня 15 и последний начнет перемещаться совместно с пустотелым штоком 14 в правую часть рис.2, что обеспечит в свою очередь движение тяги управления 24 тормозными колодками 25 в направлении, обратном стрелке В и отходу их от колес 26. Но этого не произойдет, так как падение давления сжатого воздуха в запасном резервуаре вызовет и падение давления в полости 12 тормозного цилиндра 6. В результате этого дополнительный поршень 10 под действием сжатой пружины сжатия 11 начнет перемещаться по стрелке Е, что вызовет его штоком 9 угловой поворот двуплечего рычага 29 по стрелке F, и тогда он своим кулачком 28 войдет в контакт с упором 27, ограничив тем самым движение тяги управления 24 тормозными колодками 25 в направлении, противоположном стрелке В, препятствуя распуску тормоза. Чем больше упадет давление воздуха в запасном резервуаре 5, тем больше получит угловой поворот по

стрелке F двуплечий рычаг 29 и тем самым тормозные колодки 25 будут надежно удерживать колеса 26 от вращения. После того, как локомотив произведет сцеп с пассажирским вагоном и тормозная магистраль 1, а также запасной резервуар 5 заполнятся сжатым воздухом, дополнительный поршень 10 и основной поршень 15 займут положение, показанное на рис.2, тяга управления 24 тормозными колодками 25 переместятся в направлении, обратном стрелке В и колёса 25 получат возможность свободного вращения. В дальнейшем описанные процессы могут повторяться неоднократно, В практике так же может возникнуть ситуация, когда необходимо произвести переформирование пассажирского состава или же перемещения отдельных вагонов в вагонных депо при их ремонте. В этом случае, до того, как вагон отцепят от локомотива, на каждом из вагонов палец фиксатора 20 перемещают по стрелке К, упруго деформируя пружину сжатия 22, и последний, перемещаясь в отверстие 19, входит в контакт с отверстием 21, выполненном в штоке 9, проходит его и входит в продолжение отверстия 19 перегородки 7. После чего палец фиксатора 20 поворачивают на угол 90 градусов по стрелке М, что исключает его выход из отверстия 21 в направлении, противоположном стрелке К. В этом случае исключено, в случае падения сжатого воздуха в полости 12 тормозного цилиндра 6, движение дополнительного поршня 12, а следовательно, и его штока 9, которые не могут привести в действие тягу управления 24 тормозными колодками 25 и поджать последние к колесам 25. После проведения ремонтных работ в депо пассажирские вагоны формируют в состав и как только произведут зарядку тормоза сжатым воздухом от локомотива, их пальцы фиксаторов 20 распускают и приводят в такое положение, как это показано на рис.3.

Анализ предложенного технического решения показывает, что наиболее ответственными деталями его являются пружина сжатия дополнительного поршня, пружина фиксатора и сам фиксатор, который нагружен усилием создаваемым пружиной сжатия дополнительного поршня и работает на срез (см.рис.2 и 3).

Для расчета рациональных геометрических характеристик таких деталей, например, применительно к четырехосному полувагону грузоподъемностью 60т, у которого нагрузка на ось составляет 20,0т воспользуемся результатами исследования, представленными в работе [2], где установлено, что для подобного вагона при давлении в тормозном цилиндре сжатого воздуха порядка $1,5 \text{ кгс/см}^2$ уклоне 10 ‰ может привести к самодвижению вагона так как момент сопротивления вращению колеса составляет $T_{mp} = 0,16 \text{ т}\cdot\text{м}$, а движущий момент несколько превышает его и составляет $T_I = 0,168 \text{ т}\cdot\text{м}$ Отсюда видно, что $T_I > T_{mp}$, что может привести к самодвижению вагона. Поэтому понятно, что пружина сжатия 11 дополнительного поршня (см. рис.1) должна развивать такое усилие, которое бы при давлении сжатого воздуха в его полости, несколько выше чем $1,5 \text{ кгс/см}^2$, переместила бы

поршень 10 по стрелке Е, а следовательно и поджав колодки к колёсам. В качестве цилиндра 6 (рис.2) выберем 12" цилиндр с площадью поршня 730мм^2 и тогда при давлении $1,5\text{кгс}/\text{см}^2$ он разовьёт усилие $P_y^D = 1,5 \cdot 730 = 1,1\text{т}$. Следовательно, приняв коэффициент запаса 1,2, пружина сжатия 11 должна развить усилие порядка $P = 1,32\text{т}$.

Считаем, что материал для пружины служит Сталь 60С2 с $[\tau] = 72\text{кгс}/\text{мм}^2$.

Примем индекс пружины $c = 6$ и тогда определим диаметр витка пружины по формуле [3]

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{k c P}{[\tau]}} = 1,6 \sqrt{\frac{1,24 \cdot 6 \cdot 1320}{72}} = 19\text{мм},$$

где, k – коэффициент учитывающий кривизну витков и равный 1,24.

Определим средний и наружный диаметры пружины :

$$D_{cp} = c d = 6 \cdot 19 = 114\text{мм}, \quad D_n = D_{cp} + d = 114 + 19 = 133\text{мм}.$$

Определим жёсткость одного витка и всей пружины в целом по формулам:

$$C_1 = 1000 d / c^3 = 1000 \cdot 19 / 6^3 = 87,96\text{кгс} / \text{мм},$$

$$C_{np} = (P_2 - P_1) / h = (1320 - 30) / 200 = 6,45\text{кгс} / \text{мм},$$

Число рабочих витков пружины и максимальную её деформацию также установим по зависимостям:

$$n = C_1 / C_{np} = 87,96 / 6,45 = 14,$$

$$f = P / C_{np} = 1320 / 6,45 = 204,65\text{мм},$$

Определим численное значение шага пружины:

$$t = \frac{P}{n} + d = \frac{1320}{14} + 19 = 25,5\text{мм}.$$

Пружину сжатия, которая используется в конструкции фиксатора выберем из справочника исходя из того что усилие на фиксаторе, создаваемое человеком с точки зрения охраны труда и техники безопасности не должно превышать 15кгс . Геометрические характеристики такой пружины следующие: рабочее усилие $13,5\text{кгс}$, диаметр витка $2,5\text{мм}$, наружный диаметр $20,0\text{мм}$, шаг $5,0\text{мм}$, длина $54,0\text{мм}$, материал проволока Н по ГОСТ5047-75.

Расчёт геометрических параметров пальца фиксатора произведём считая, что он подвержен срезу под действием усилия сжатой пружины сжатия $P = 1,32\text{т}$ Диаметр сечения в этой плоскости выбран $30,0\text{мм}$, и тогда касательные напряжения в этом сечении определяются:

$$\tau_{cp} = \frac{4P}{\pi \cdot d_i^2} = \frac{4 \cdot 13200}{3,14 \cdot 30^2} = 18,7 \text{ МПа} \leq [\tau] = 20 \text{ МПа} ,$$

Видно, что допускаемые напряжения $[\tau_{cp}]$ для стали 45, из которой будет изготовлен палец фиксатора, выше, чем расчетная величина. Следовательно, в этом случае условие прочности будет выполнено, и срез пальца исключён полностью исключен.

Предложенная разработка рекомендуется специализированным НИИ и профильными СКБ, а так же КБ заводов тяжёлого машиностроения для возможного использования предложенного технического решения в различных конструкциях железнодорожного подвижного состава. В то же время, результаты исследования переданы руководству Управления ЮВЖД как практические рекомендации по повышению безопасности движения локомотивов и вагонов

Библиография

1. Асадченко В.Р. Автоматические тормоза подвижного состава: Учебное пособие для ВУЗов ж-д транспорта М.: Маршрут, 2006. - 392 с.
2. Богданович В.Б., Второв А.К. Пособие по обслуживанию тормозов вагонов. — М.: Транспорт, 1981.—150 с.
3. Гузенков П.Г. Детали машин. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1975.-464с.
4. Железнодорожный транспорт: Энциклопедия /Гл. ред. Н.С. Конарев. – М.: Большая Российская энциклопедия 1994. -559 ст.
5. Крылов В.И. Тормоза локомотивов – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 461 с.