

P. K. RUDOV, I. YU. TARASEVICH

THE DESIGN TECHNIQUE FOR STEPLESS AXIAL PNEUMATIC MECHANICAL SPEED REGULATOR

The technique of calculating the parameters for stepless axial pneumatic mechanical speed regulator is presented. The stages and calculation performance sequence are considered. On the basis of the adjustment characteristics for brake application high-speed regulation device there have been made the calculations of main parameters for axial regulator composite mechanisms: divergent load, transmission and cam mechanisms.

Получено 24.10.2011

**ISSN 2227-1104. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 6. Гомель, 2012**

УДК 629.4.077-597.3

П. К. РУДОВ, И. Ю. ТАРАСЕВИЧ, Е. В. РУДОЙ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

СКОРОСТНОЙ РЕГУЛЯТОР ТОРМОЗНЫХ НАЖАТИЙ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Проведен анализ известных устройств скоростного регулирования тормозных нажатий, указаны их недостатки и область применения. Разработана тормозная система для вагонов железнодорожного транспорта, позволяющая увеличить тормозную эффективность за счет применения устройства бесступенчатого регулирования тормозных нажатий в зависимости от скорости, оснащенного осевым скоростным регулятором пневмомеханического действия.

В современных условиях развитие железнодорожного транспорта происходит быстрыми темпами. В настоящее время достигнуты высокие скорости движения пассажирских поездов на западноевропейских дорогах. Планируется повышение скоростей на Белорусской железной дороге и Российских железных дорогах.

Однако проблема повышения максимальных скоростей движения требует повышения тормозной мощности подвижного состава. Как показывают исследования, проведенные на Белорусской железной дороге, длина тормозного пути экстренного торможения пассажирских поездов, оборудованных как чугунными, так и композиционными тормозными колодками, даже при скоростях движения до 120 км/ч во многих случаях значительно превышает нормативные значения, определенные по номограммам [1]. Анализ скоростемерных лент позволил установить, что лишь в 25 % случаев экстренных торможений эффективность тормозов поезда находится в пределах нормы, то есть соответ-

ствуется единому наименьшему тормозному нажатию [2]. Аналогичные результаты были получены более двадцати лет тому назад ВНИИЖТом [3].

Одним из способов повышения тормозной эффективности вагонов, оборудованных чугунными тормозными колодками, является применение в тормозных системах устройств регулирования тормозной силы в зависимости от скорости движения. Известны различные варианты устройств скоростного регулирования тормозных нажатий. Проведем анализ некоторых из них.

Эксплуатируемые на железных дорогах стран СНГ электровагоны серий ЧС оборудованы системой одноступенчатого автоматического регулирования силы нажатия чугунных тормозных колодок в зависимости от скорости [4]. В состав тормозной системы входит блок «электровоздухораспределитель-воздухораспределитель» (№ 305-00 и 292-002), который при торможении воздействует на добавочный клапан *DAKO-D*, а он, в свою очередь, – на скоростное реле *DAKO-LR*. Это реле наполняет сжатым воздухом тормозные цилиндры. Работой скоростного реле управляет осевой центробежный датчик, который переключает его на режим повышенного давления при скорости движения более 80 км/ч. При скорости менее 80 км/ч в тормозных цилиндрах устанавливается пониженное давление.

Устройством скоростного регулирования снабжены также пассажирские вагоны международного сообщения, оборудованные тормозом *KE-GPR* с воздухораспределителем типа *KE_s* [5]. Это устройство состоит из осевого регулятора и двухступенчатого реле давления с переключателем режимов. Регулятор при скорости выше 90–100 км/ч обеспечивает в процессе торможения на скоростном режиме ПС(*R*), в зависимости от серии вагонов в тормозных цилиндрах давление 0,36–0,38 или 0,38–0,40 МПа, а при скорости ниже 90 км/ч – соответственно 0,16–0,18 или 0,21–0,23 МПа, что является предельным давлением соответственно на грузовом режиме Т(*G*) и пассажирском П(*P*).

Недостатком указанных выше устройств является одноступенчатое регулирование тормозной силы в зависимости от скорости, что лишь частично повышает степень использования сцепления. При этом остаются неиспользованные резервы по повышению тормозной эффективности.

Для электропоездов ЭР9Е, эксплуатируемых на Белорусской железной дороге, в Белорусском государственном университете транспорта разработано устройство многоступенчатого скоростного регулирования тормозных нажатий [6]. На каждом головном вагоне установлен электронный регулятор тормозных нажатий РТНЭ. Электронный регулятор связан с датчиком давления, подключенным к тормозному цилиндру, и датчиком скорости, установленным на колесной паре. В блоке памяти регулятора заложена кривая регулирования давления в тормозных цилиндрах в зависимости от скорости движения. При экстренном торможении электронный регулятор управляет работой электропневматического тормоза. Сначала он повышает давление в

тормозных цилиндрах вагонов до максимального значения, допускаемого по условию безъюзового торможения при соответствующей скорости начала торможения. После этого устанавливается перекрыша. По мере снижения скорости электронный регулятор периодически в цепь электропневматического тормоза подает кратковременный сигнал на отпуск. Давление в тормозных цилиндрах снижается в соответствии с кривой регулирования с повышенного до 0,54–0,55 МПа при скорости 120 км/ч до штатного давления 0,36–0,38 МПа при скорости 30 км/ч за пять – восемь ступеней. Повышенное давление обеспечивается за счет питания электровоздухораспределителя из резервуара высокого давления, подключенного к напорной магистрали. При служебном торможении электровоздухораспределители питаются из запасных резервуаров, подключенных к тормозной магистрали. При этом максимальное давление в тормозных цилиндрах составляет 0,36–0,38 МПа.

Описанное устройство внедряется на электропоездах моторвагонного депо Минск-Северный. Оно позволило впервые в мире осуществить многоступенчатое регулирование давления в тормозных цилиндрах железнодорожного подвижного состава. Его недостатком является то, что оно обеспечивает регулирование тормозной силы лишь при работе электропневматического тормоза и может быть реализовано только на подвижном составе, имеющем напорную магистраль.

Пассажи́рские вагоны имеют однопроводную тормозную магистраль, поэтому повышенную силу нажатия тормозных колодок на них можно получить, увеличивая передаточное число тормозной рычажной передачи, диаметр тормозных цилиндров или их количество. При реализации многоступенчатого скоростного регулирования тормозной силы в [7] предлагается осуществлять питание тормозных цилиндров от электропневматического блока торможения при экстренном торможении или от воздухораспределителя через дифференциальное реле давления при служебном торможении. Подключение тормозных цилиндров производится к тому или иному устройству через переключаемый клапан. Работой электропневматического блока управляет электронный регулятор. По результатам сравнения сигналов скорости и давления с функционалом управления он подает команду электропневматическому блоку торможения на повышение, фиксацию или снижение давления. При уменьшении скорости происходит ступенчатое снижение давления в тормозных цилиндрах. Недостатками такого устройства являются необходимость в источнике электрического питания и значительное усложнение тормозной системы. При наличии блока «воздухораспределитель-электровоздухораспределитель» требуется установка электропневматического блока торможения, представляющего по сути дополнительный электровоздухораспределитель.

На следующем этапе совершенствования тормозных систем пассажирских вагонов разработано устройство бесступенчатого регулирования тормозной силы. Тормозная система снабжена электромагнитным пневматиче-

ским регулятором, вход которого сообщен с питающим резервуаром, а выход – с одной из управляющих камер двухступенчатого реле давления, питающего тормозные цилиндры. Вторая управляющая камера подключена к выходу воздухораспределителя. По мере снижения скорости изменяется величина подаваемого на силовой электромагнит напряжения, регулируемого блоком скорости по заданной программе. При уменьшении подаваемого напряжения уменьшается усилие, развиваемое силовым электромагнитом и соответственно давление в тормозном цилиндре [8]. Недостатком этой системы является существенная зависимость усилия на электромагните от точности его изготовления, что снижает точность обеспечения требуемой регулировочной характеристики скоростного регулирования.

Для пассажирских вагонов разработана также система скоростного регулирования с многокамерным тормозным цилиндром [9]. На высокой скорости движения сжатый воздух поступает во все камеры, а по мере ее снижения камеры последовательно сообщаются с атмосферой, обеспечивая ступенчатое снижение силы нажатия тормозных колодок. Недостатками являются сложность конструкции тормозного цилиндра и ограниченное количество ступеней регулирования.

Таким образом, каждая из указанных систем имеет достоинства и недостатки, а также свою ограниченную область применения. Поэтому целью работы является создание схемы унифицированного устройства бесступенчатого скоростного регулирования пневмомеханического действия, основанного на использовании осевого датчика с расходящимися грузами и адаптированного к тормозным системам различных видов подвижного состава.

Для подвижного состава, оборудованного чугунными колодками, предлагается использовать систему бесступенчатого скоростного регулирования тормозных нажатий новой конструкции. Особенностью этой системы является то, что регулирование тормозной силы происходит бесступенчато в зависимости от скорости движения транспортного средства и производится пневмомеханическим осевым скоростным регулятором. Принципиальная схема предлагаемой тормозной системы представлена на рисунке 1.

Тормозная система содержит тормозную магистраль 1 и соединенный с нею воздухораспределитель 2. К воздухораспределителю 2 подключены запасный резервуар 3, дополнительный резервуар 4 и двухступенчатое реле давления 5. Вход двухступенчатого реле 5 подключен к питающему резервуару 6, сообщенному с тормозной магистралью 1 через обратный клапан 7, а выход – с тормозным цилиндром 8. Управляющая камера 9 двухступенчатого реле 5 сообщена с воздухораспределителем 2 и ограничена большой 10 и малой 11 диафрагмами, связанными между собой штоком 12. диафрагма 11 разделяет управляющие камеры 9 и 13 реле давления 5, которое содержит впускной 14 и выпускной 15 клапаны. Тормозная система снабжена бесступенчатым осевым регулятором 16, вход которого сообщен с воздухораспределителем 2, а вы-

ход – с управляющей камерой 13 двухступенчатого реле давления 5. Осевой регулятор 16 снабжен расходящимися грузами 17, шарнирно закрепленными на стакане 18 и взаимодействующими с подвижным подшипником-упором 19, который посредством передаточного механизма и далее через пружину 20 взаимодействует с поршнем 21, управляющим подпружиненным впускным клапаном 22. Стакан 18 связан с осью 23 колесной пары. Передаточный механизм выполнен в виде зубчатой рейки 24, закрепленной на подвижном подшипнике-упоре 19 и взаимодействующей с зубчатым колесом 25 и закрепленным с ним на одном валу кулачком 26, который в свою очередь взаимодействует с упором 27. Подвижный подшипник-упор 19 установлен с возможностью осевого перемещения и подпружинен упругим элементом 28, а передаточный механизм, поршень 21 и впускной клапан 22 размещены в неподвижном корпусе 29. Впускной клапан 22 имеет возможность сообщать или разобщать между собой входную камеру 30 и выходную камеру 31, а поршень 21 выполнен с атмосферным каналом 32, посредством которого имеется возможность сообщения выходной камеры 31 с атмосферной камерой 33. Подшипник 34 обеспечивает возможность вращения стакана 18 и закрепленных на нем расходящихся грузов 17 относительно неподвижного корпуса 29.

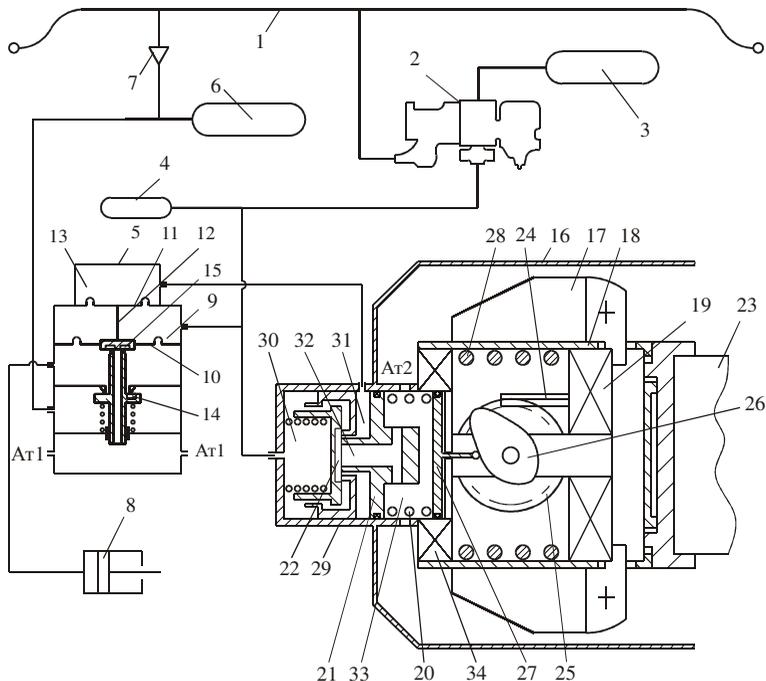


Рисунок 1 – Схема тормозной системы со скоростным регулированием

Принцип работы предлагаемого скоростного регулятора тормозных нажатий основан на использовании центробежных сил, действующих на грузы 17 при вращении колесной пары. Расходящиеся грузы через передаточный механизм управляют клапанами исполнительного устройства скоростного регулятора, который устанавливает давление в его выходной камере в зависимости от скорости движения транспортного средства. Давление в тормозных цилиндрах определяется давлениями, создаваемыми воздухораспределителем и предлагаемым осевым регулятором, что позволяет реализовать силу прижатия тормозных колодок по заранее установленной зависимости от скорости движения поезда.

Работа тормозной системы осуществляется следующим образом. При зарядке сжатый воздух из тормозной магистрали 1 поступает в запасный резервуар 3 и в питающий резервуар 6. Дополнительный резервуар 4, камера 9 реле давления 5 и камера 30 осевого регулятора 16 сообщены через воздухораспределитель 2 с атмосферой. Тормозной цилиндр 8 через реле давления 5 также сообщен с атмосферой. При движении вагона расходящиеся грузы 17 под действием центробежных сил поворачиваются, перемещая подшипник-упор 19. Это подшипник через передаточный механизм и пружину 20 и поршень 21 воздействует на впускной клапан 22, открывая его. Камеры 30 и 31 осевого регулятора 16 сообщены между собой. При стоянке вагона подшипник-упор 19 находится в крайнем правом положении и впускной клапан 22 закрыт. При движении вагона величина перемещения подшипника-упора 19 и соответственно величина открытия впускного клапана 22 зависит от скорости.

При торможении срабатывает воздухораспределитель 2, и воздух из запасного резервуара 3 поступает в резервуар 4, камеру 9 реле давления 5 и в камеру 30 осевого регулятора 16. При этом открывается клапан 14, и сжатый воздух из резервуара 6 через реле давления 5 поступает в тормозной цилиндр 8. В начальный момент торможения на высокой скорости расходящиеся грузы 17 занимают соответствующее положение, при котором впускной клапан 22 открыт. Сжатый воздух перетекает по пути из камеры 30 в 31 и далее – в 13. При повышении давления в камере 31 поршень 21 перемещается вправо до тех пор, пока впускной клапан 22 не закроется. Конечное давление в тормозном цилиндре 8 зависит от величины давлений в управляющих камерах 9 и 13. При снижении скорости движения уменьшаются центробежные силы инерции, действующие на расходящиеся грузы 17. Под действием пружины 28 подшипник-упор 19 и закрепленная на нем зубчатая рейка 24 перемещаются вправо, поворачивая зубчатое колесо 25 и кулачок 26, в результате чего под действием пружины 20 упор 27 также перемещается вправо. Усилие пружины 20 на поршень 21 ослабевает, он перемещается вправо, отходя от впускного клапана 22. Воздух из управляющей камеры 13 двухступенчатого реле 5 и из выходной камеры 31 через канал 32 поступает в атмосферу. По мере снижения давления в камере 13 приоткрывает-

ся клапан 15 реле давления 5, плавно выпускает воздух из тормозного цилиндра 8. Необходимая регулировочная характеристика обеспечивается геометрической формой кулачка 26. На низкой скорости движения избыточное давление в управляющей камере 13 отсутствует, и давление в тормозных цилиндрах определяется величиной давления в управляющей камере 9. При этом давление в тормозном цилиндре 8 будет меньше давления, создаваемого воздухораспределителем 2. Степень уменьшения давления зависит от соотношения площадей подвижных перегородок 10 и 11.

В процессе отпуска воздух из дополнительного резервуара 4, камер 9 и 30 через воздухораспределитель 2 уходит в атмосферу.

Предлагаемая тормозная система позволяет более полно использовать запас по сцеплению между колесами и рельсами за счет бесступенчатого регулирования тормозной силы. Расчеты показывают, что использование указанной системы позволит сократить длину тормозного пути пассажирского поезда на 15–30 % при скорости начала торможения 80–160 км/ч. Устройство может быть использовано практически на любом виде подвижного состава, оборудованном чугунными тормозными колодками.

В Национальный центр интеллектуальной собственности Республики Беларусь и в Федеральную службу по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам Российской Федерации на предлагаемую тормозную систему поданы заявки на выдачу патентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Галай, Э. И.** Эффективность тормозных средств пассажирских поездов / Э. И. Галай, П. К. Рудов, Е. Э. Галай // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля: науковий журнал. – 2004. – № 8. – С. 88–92.

2 **Галай, Э. И.** Анализ эффективности торможения пассажирских поездов по результатам записей системы КЛУБ-У / Э. И. Галай, П. К. Рудов, Е. А. Карс // Проблемы безопасности на транспорте : материалы IV Международ. науч.-практ. конф., Гомель, 2007 г. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. В. И. Сенько. – Гомель: БелГУТ, 2007. – С. 59–60.

3 **Эффективность тормозных средств** / А. В. Казаринов [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 1990. – № 8. – С. 33–36.

4 **Крылов, В. И.** Автоматические тормоза подвижного состава : учеб. для учащихся техникумов ж. д. трансп. / В. И. Крылов, В. В. Крылов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1983. – 360 с.

5 **Иноземцев, В. Г.** Автоматические тормоза : учеб. для вузов / В. Г. Иноземцев, В. М. Казаринов, В. Ф. Ясенцев. – М. : Транспорт, 1981. – 464 с.

6 **Эффективный тормоз для электропоездов** / Э. И. Галай [и др.] // Локомотив. – 2005. – № 4. – С. 22–26.

7 **Тормозная система железнодорожного транспортного средства**: пат. 2292278 Российской Федерации, МПК7 В 60Т 13/36, 13/66, 15/36 / Э. И. Галай, П. К. Рудов; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № 2004129540/11; заявл. 07.10. 04,

опубл. 27.01.07 // Официальный бюл. / Федеральная служба по интеллектуал. собств., патентам и тов. знакам. – 2007. – № 3.

8 Тормозная система железнодорожного транспортного средства: пат. 2317902 Российской Федерации, МПК7 В 60Т 8/58, 13/36 ; / Э. И. Галай, П. К. Рудов; С. В. Рыбаков; заявитель и патентообладатель УО «Белорус. гос. ун-т трансп.». – № 2006107952/11 ; заявл. 13.03.06 ; опубл. 27.02.08 // Официальный бюл. / Федеральная служба по интеллектуал. собств., патентам и тов. знакам. – 2008. – № 6.

9 Тормозная система железнодорожного транспортного средства: пат. 2415037 Российской Федерации, МПК7 В 60Т 13/26, 15/18, В 61Н 13/20; / Э. И. Галай, П. К. Рудов; И. Л. Заенчковский; заявитель и патентообладатель УО «Белорус. гос. ун-т трансп.». – № 2009140285/11 ; заявл. 30.10.09 ; опубл. 27.03.11 // Официальный бюл. / Федеральная служба по интеллектуал. собств., патентам и тов. знакам. – 2011. – № 9.

P. K. RUDOV, I. YU. TARASEVICH, E. V. RUDOJ

PNEUMATIC MECHANICAL SPEED REGULATOR FOR BRAKE PRESSING FORCE

The analysis of known speed regulation devices for brake application shows the area of application and their drawbacks. The railway car braking system which allows to increase braking efficiency at the expense of applying the stepless brake application regulation with the speed device equipped with axial high-speed mechanical regulator has been worked out.

Получено 24.10.2011

**ISSN 2227-1104. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 6. Гомель, 2012**

УДК 521.1

Л. Л. СОКОЛОВ, Г. А. КУТЕЕВА

Санкт-Петербургский государственный университет, Россия

О ТРАЕКТОРИЯХ ВОЗМОЖНЫХ СОУДАРЕНИЙ АСТЕРОИДОВ С ЗЕМЛЕЙ

Приведены характеристики связанных с резонансными возвратами возможных соударений с Землей астероидов 2007 VK184, 2011 AG5. Рассмотрены возможные соударения с Землей астероида Апофис. Большая часть этих соударений рассчитана в Астрономическом институте им. В. В. Соболева СПбГУ, некоторые приведены в работах сотрудников НАСА. Результаты, полученные разными исследователями, хорошо согласуются.

Сегодня общепризнанна актуальность проблемы астероидно-кометной опасности (или безопасности). Обсуждение ее можно встретить не только в научных трудах, но и в средствах массовой информации. Известный «Тунгусский метеорит» упал в 1908 году, к счастью, в глухую тайгу, площадь