

УДК 629.4.028.86

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ФРИКЦИОННЫХ АМОРТИЗАТОРОВ УДАРА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

© 2013 А.С. Васильев, А.П. Болдырев

Брянский государственный технический университет, г. Брянск

Поступила в редакцию 21.03.2013

Предложены пути модернизации фрикционных поглощающих аппаратов подвижного состава железных дорог. Представлены конструкции усовершенствованных поглощающих аппаратов. Приведены результаты экспериментальных исследований аппаратов и их узлов.

Ключевые слова: *автосцепка, фрикционный поглощающий аппарат, экспериментальные исследования*

На железных дорогах РФ уже долгое время наблюдается неблагоприятная тенденция, связанная с увеличением скоростей маневровых соударений. Правилами технической эксплуатации при маневровых операциях допускаются скорости соударения, не превышающие 5 км/ч, но фактические скорости значительно выше. Вследствие значительных продольных нагрузок в поезде возникают аварийные ситуации, приводящие к увеличению повреждения вагонов и грузов. Средством снижения продольных нагрузок, действующих на вагон, является амортизатор удара (поглощающий аппарат автосцепки). В настоящее время широко распространены фрикционные поглощающие аппараты. Актуальной задачей является их модернизация. Большая часть (75-90%) воспринимаемой аппаратами данного типа кинетической энергии соударяющихся вагонов преобразуется в тепловую энергию фрикционного взаимодействия деталей фрикционного узла и частично в потенциальную энергию сжатия пружин [1] или полимерных блоков подпорно-возвратного устройства (ПВУ). Основным недостатком фрикционных аппаратов – относительно низкие значения коэффициентов полноты силовой характеристики (0,23-0,32) и, соответственно, энергоёмкости (меньшие значения – для аппаратов с парой трения «сталь-сталь», большие значения – для пары трения «сталь-металло-керамика»). При применении пары трения «сталь-сталь» наблюдается специфический характер изменения продольных сил и склонность к заклиниванию [2].

Выявленные недостатки предполагается устранить, осуществляя исследования по трем направлениям. По первому направлению рекомендуется во фрикционной части усовершенствовать распорную систему для фрикционных пластин. Это позволит увеличить коэффициент трения фрикционных поверхностей (тем самым обеспечить

большую энергоёмкость аппарата), а также избавиться от скачкообразного изменения силы во время процесса ударного сжатия. По второму направлению предполагается модернизировать подпорно-возвратное устройство: уйти от малоэффективных пружин. В настоящее время уже используются аппараты (ПМКП-110, РТ-120), в которых вместо пружин пакет упругих полимерных элементов. Это обеспечит увеличение энергоёмкости всего аппарата и увеличит ресурс ПВУ. По третьему направлению рекомендуется использование во фрикционной части усовершенствованных фрикционных металлокерамических пластин. Это позволит повысить их износостойкость и коэффициент трения, уменьшить скачкообразное изменение силы ударного сжатия.

Авторами были разработаны конструкции новых перспективных поглощающих аппаратов автосцепки подвижного состава. Это фрикционно-полимерный и фрикционно-эластомерный аппараты, представленные на рис. 1а и рис. 1б соответственно. Каждый из поглощающих аппаратов содержит полый четырехгранный корпус 1, в котором расположены фрикционные подвижные пластины 2, распорный узел 3, толкатель 4, подпорно-возвратное устройство 5, массивная оправка 6. Распорный узел выполнен в виде цилиндра, внутри которого размещен шток. Цилиндр закрывает крышка, в которой располагаются уплотнения. Рабочие камеры цилиндра заполнены объёмно-сжимаемой композицией. Аппараты отличаются подпорно-возвратным устройством 5, которое для фрикционно-полимерного аппарата представляет собой комплект упругих полимерных блоков, а для фрикционно-эластомерного аппарата – цилиндр со штоком, заполненный объёмно-сжимаемой композицией.

Аппараты работают следующим образом. Под действием усилия, передаваемого от автосцепки массивной оправке 6 и фрикционным подвижным пластинам 2 через упорную плиту 7, они перемещаются, приводя в движение толкатель 4 и подпорно-возвратное устройство 5. Благодаря наклону стенок корпуса 1 под действием удара

Васильев Алексей Сергеевич, аспирант. E-mail: asv.bstu@gmail.com

Болдырев Алексей Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Динамика и прочность машин». E-mail: apb.tu-bryansk@gmail.com

включается в работу распорный узел, при этом объёмно-сжимаемая композиция за счёт уменьшения общего объема камер сжимается, а также продавливается из камеры сжатия в камеру расширения через кольцевой зазор между цилиндром и штоком и через калиброванные отверстия в штоке, создавая распорное усилие между фрикционными подвижными пластинами 2 и корпусом 1. За счёт наклона стенок корпуса 1 и фрикционных подвижных пластин 2 при перемещении пластин внутрь корпуса распорный узел дополнительно сжимается. По мере внедрения штока в цилиндр сила прижатия фрикционных подвижных пластин к корпусу увеличивается. После прекращения действия силы удара фрикционные подвижные пластины возвращаются в первоначальное положение толкателем 4. Под действием усилия, передаваемого от автосцепки массивной оправке 6 и фрикционным подвижным пластинам 2, и подпорного усилия со стороны подпорно-возвратного устройства 5 создается давление на главных поверхностях трения фрикционного поглощающего аппарата, что при их взаимном перемещении приводит к поглощению энергии удара. Основная часть энергии удара поглощается на главных поверхностях трения: поверхностях прилегания фрикционных подвижных пластин 2 к корпусу 1. Частично энергия поглощается на вспомогательных поверхностях трения: поверхностях соприкосновения упорной плиты 7, воспринимающей удар, и фрикционных подвижных пластин 2, и поверхностях толкателя 4 с поверхностями фрикционных подвижных пластин 2. Часть энергии воспринимается подпорно-возвратным устройством 5.

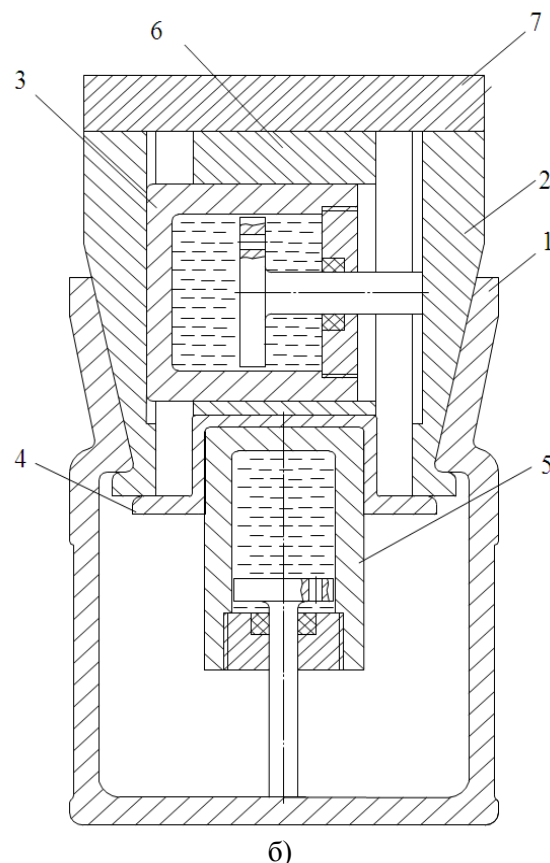
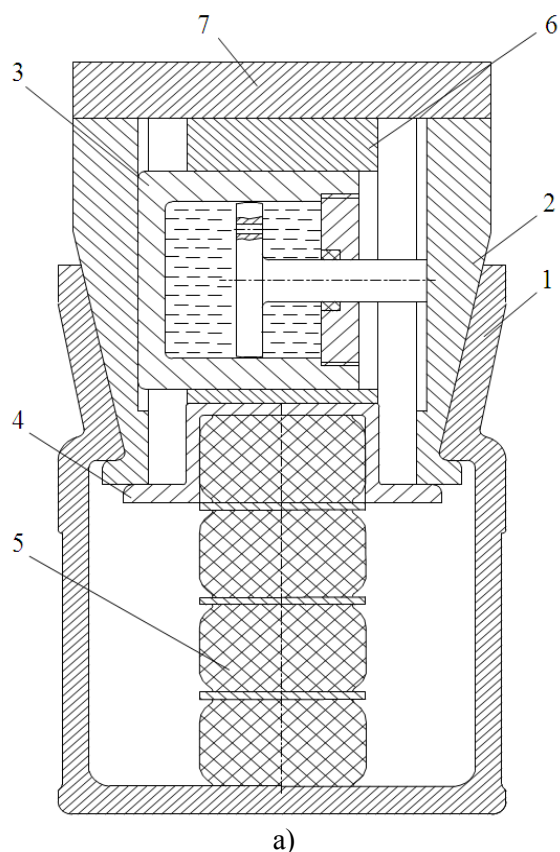


Рис. 1. Конструкции перспективных фрикционных поглощающих аппаратов

Для испытаний проектируемых аппаратов были изготовлены их детали. Статические испытания проводились на прессе ПММ-250, где с помощью измерительного комплекса МИС-026 (НПП «Мера», РФ) фиксировалась статическая характеристика. Скорость сжатия аппарата не превышала 1-2 мм/с. Температура в помещении составила +20-25°C. Схема проведения испытаний приведена на рис. 2.

Испытываемый образец 1 размещался на столе пресса 2. На плунжере аппарата устанавливался цилиндр 3 с тензометрическим датчиком 4. На цилиндр 3 опускалась верхняя траверса пресса 5. При помощи нагружающего устройства пресса стол 2 поднимался вверх, чем обеспечивалось статическое сжатие. Для регистрации хода использовался реохордный датчик перемещений 6. Для регистрации результатов испытаний использовалась ПЭВМ в сочетании с измерительно-испытательным комплексом МИС-026 (НПП «Мера», РФ). В качестве испытываемого образца последовательно выступали распорный узел и ПВУ аппаратов. Результаты статических испытаний распорного узла, ПВУ фрикционно-эластомерного и ПВУ фрикционно-полимерного аппаратов приведены на рис. 3-5 соответственно. Сравнение экспериментальных и расчётных силовых характеристик показало, что разница между ними, как по максимальной силе, так и по ходу не превышает 4%.

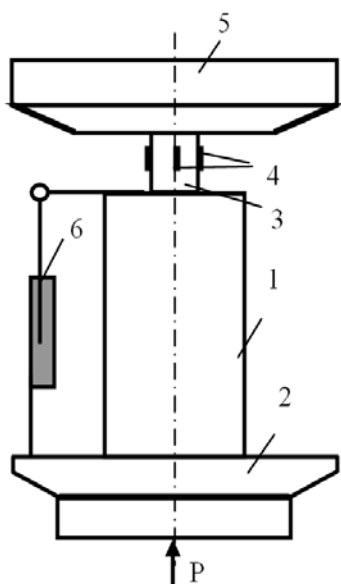


Рис. 2. Схема статических испытаний

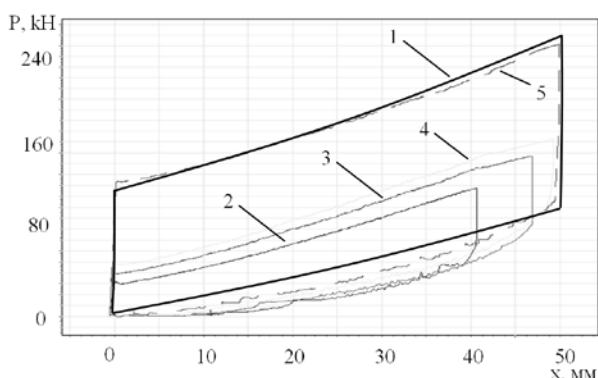


Рис. 3. Силовая характеристика распорного узла: расчётная при начальном давлении 130 МПа (1), экспериментальная при начальном давлении 29 МПа (2), 44 МПа (3), 52 МПа (4), 130 МПа (5)

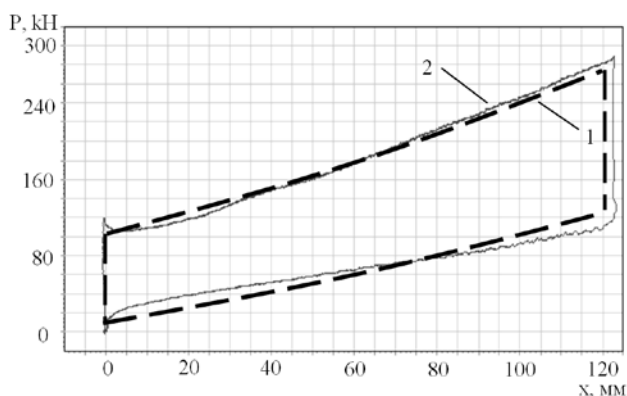


Рис. 4. Силовая характеристика ПВУ фрикционно-эластомерного аппарата: расчётная (1) и экспериментальная (2)

С целью совершенствования фрикционных свойств аппаратов были проведены экспериментальные исследования новых образцов металлокерамических пластин (К-30 и ЭМК). Металлокерамика К-30 представляет собой фрикционный материал, содержащий металлические и неметаллические компоненты. Технология изготовления материала

включает прессование с давлением порядка 700 МПа и последующий сложный процесс спекания под давлением в течение длительного времени. Пластины ЭМК выполнены из биметалла, который получается высокопроизводительным методом прокатки. Этим методом шихта заданного состава накатывается на подготовленный никелированный стальной лист, полученный биметалл спекается в проходных печах. Преимуществом метода прокатки перед прессованием является то, что волокна в порошковом слое направлены в сторону движения.

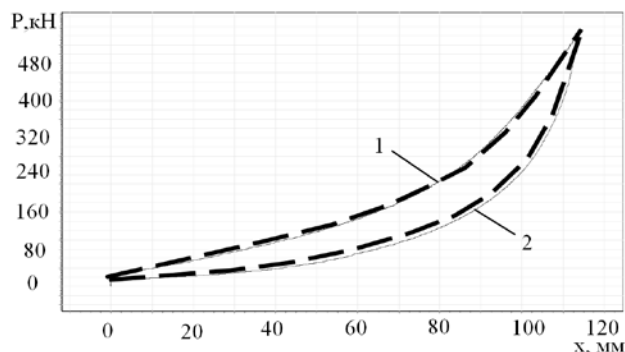


Рис. 5. Силовая характеристика ПВУ фрикционно-полимерного аппарата: расчётная (1) и экспериментальная (2)

Испытания новых металлокерамических элементов проводились для серийного фрикционного аппарата ПМКП-110 на ударном стенде. Схема стенда приведена на рис 6. Ударная тележка 3 массой 44 т поднимается лебедкой 7 на горку 6, а затем на определенной высоте 5, в зависимости от требуемой скорости соударения, отцепляется и накатывается на упор 2, закрепленный в массивном бетонном основании 1. Скорость соударения фиксируется пикетами 8. Ударная тележка и неподвижный упор оборудованы серийным автоцепным устройством. Испытуемый аппарат устанавливается в неподвижном упоре, на ударной тележке используется жесткий стержень.

В ходе испытаний с помощью измерительно-вычислительного комплекса МИС-026 регистрировались во времени изменения силы сжатия и хода аппарата при различных скоростях накатывания ударяющей тележки. Регистрация силы осуществлялась с помощью динамометрической автоцепки посредством тензорезисторных датчиков, соединенных по безизгибной схеме для измерения продольных сил. Ход амортизатора измерялся с помощью реохордного датчика больших перемещений. В результате испытаний были получены стабильные силовые характеристики. Исследовались также поверхности металлокерамических элементов и контактирующих с ними подвижных пластин. В таблице 1 представлены результаты испытаний на износостойкость элементов ЭМК и К-30 в сравнении с серийными металлокерамическими элементами К-23.

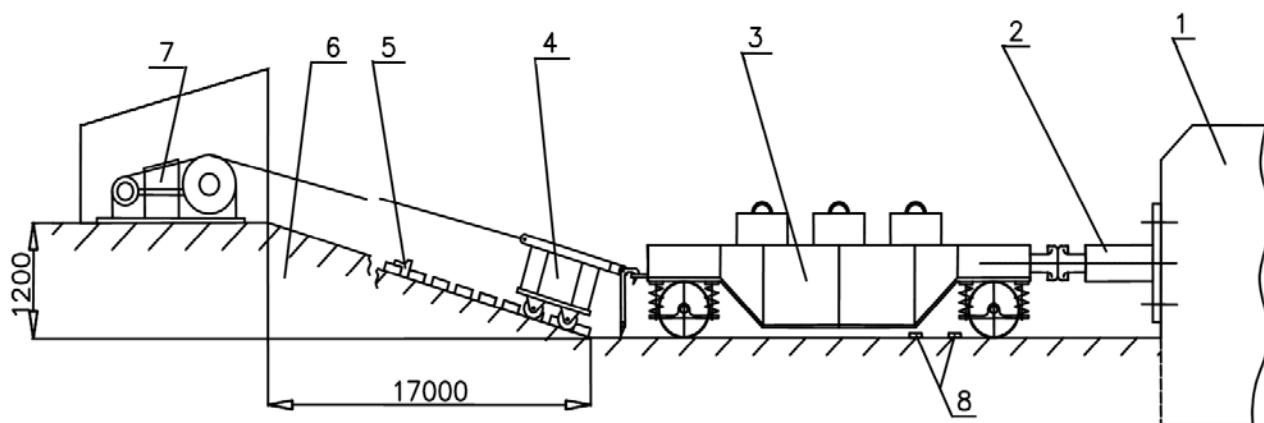


Рис. 6. Схема ударного стенда

Таблица 1. Сравнительная оценка металлокерамических элементов

Металло-керамика	Введенная энергия, МДж	Средний линейный износ, мм	Интенсивность износа, мм/МДж
К-30	23,68	0,578	0,024
ЭМК	21,2	0,756	0,0357
К-23	23,0	0,500	0,023

Интенсивность изнашивания металлокерамических элементов ЭМК превысила интенсивность изнашивания серийных К-23 в 1,69 раза. В результате осмотра после испытаний выявлены повреждения в виде сколов, неравномерность износа, а также отслоения от металлического основания. Интенсивность износа металлокерамики К-30 на 20% ниже серийной К-23. Для К-30 характерна равномерность износа. Таким образом, целесообразно ввести в эксплуатацию новые металлокерамические элементы К-30.

Выводы:

1. Разработаны эффективные конструкции перспективных фрикционных поглощающих аппаратов.

2. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили адекватность имеющихся математических моделей проектируемых аппаратов, расхождения по максимальной силе сжатия и ходу не превышают 4%.

3. Экспериментальные исследования новых образцов фрикционных металлокерамических элементов подтвердили целесообразность их внедрения.

4. Для решения вопроса о серийном выпуске аппаратов требуются дальнейшие исследования, включающие оптимизацию конструкций и проведение экспериментов, связанных с ударом в неподвижный недеформированный упор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Манашкин, Л.А. Гасители колебаний и амортизаторы ударов рельсовых экипажей (математические модели): монография / Л.А. Манашкин, С.В. Мямлин, В.И. Приходько. – Днепропетровск: АРТ - Пресс, 2007. 196 с.
2. Болдырев, А.П. Расчет и проектирование амортизаторов удара подвижного состава / А.П. Болдырев, Б.Г. Кеглин. – М.: Машиностроение-1, 2004. 199 с.

THE EXPERIMENTAL STUDIES OF MODERN FRICTIONAL BLOW SHOCK-ABSORBERS OF THE RAILROADS ROLLING STOCK

© 2013 A.S. Vasilyev, A.P. Boldyrev

Bryansk State Technical University, Bryansk

Ways of modernization the frictional absorbing devices of the railroads rolling stock are offered. Designs of developed absorbing devices are presented. Results of experimental studies of devices and their units are given.

Key words: *automatic coupling, frictional absorbing device, experimental studies*

Aleksey Vasilyev, Post-graduate Student. E-mail: asv.bstu@gmail.com
 Aleksey Boldyrev, Doctor of Technical Sciences, Professor at the
 Department "Machines Dynamics and Durability". E-mail:
 apb.tu-bryansk@gmail.com