

УДК 629.4.015

Солоненко Владимир Гельевич – д.т.н., профессор (Алматы, КазАТК)

Секерова Шолпан Абилхасимовна – аспирант (Москва, МИИТ)

Адилханов Ержан Газизович – аспирант (Москва, МИИТ)

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СОВРЕМЕННЫХ ПОГЛОЩАЮЩИХ АППАРАТОВ

При торможении грузовых поездов возникают продольные - динамические усилия, которые могут достигать опасных (с точки зрения прочности и устойчивости вагонов от их выжимания) значений, особенно при нестационарных процессах, вызванных управлением движением поезда. Продольные силы могут привести к обрыву автосцепок. Известно, что их величины зависят от характеристик поглощающих аппаратов, типа воздухораспределителей, схем формирования, а также веса и длины поездов.

Данная статья посвящена анализу конструкций современных поглощающих аппаратов, так как именно от их параметров зависят величины продольно-динамических усилий в грузовом поезде.

Поглощающие аппараты автосцепного устройства должны снижать уровень продольных динамических сил, возникающих во время переходных процессов движения поезда и при маневрах. Поэтому, при выборе параметров поглощающих аппаратов необходимо стремиться к тому, чтобы во всех режимах движения поезда силы и ускорения были наименьшими.

В настоящее время наибольшее применение получили пружинно-фрикционные, гидрофрикционные, эластомерные, резинометаллические и гидрополимерные амортизаторы удара.

Пружинно-фрикционные аппараты. На вагонах железных дорог России и стран СНГ широко применяются шестигранные фрикционные поглощающие аппараты Ш-1-ТМ, Ш-2-В, Ш-2-Т, Ш-6-ТО4, пластинчатые поглощающие аппараты ПМКП-110, ПМКП-110-К23, а в США применяют шестигранные поглощающие аппараты фирмы «Miner» (Майнер), и пластинчатые фирм «Keystone» (Кейстоун) и «Westinghouse» (Вестингауз).

Наиболее надежным и экономичным амортизирующим устройством считается пружинно – фрикционный поглощающий аппарат, в котором можно достичь большой эффективности при малой отдаче и небольших габаритах. В пружинно – фрикционных аппаратах живая сила, развивающаяся в движущемся составе, расходуется на сжатие пружин и на преодоление силы трения деталей фрикционного аппарата, [1]. Пружинно-фрикционные поглощающие аппараты получили широкое применение за счет их основного достоинства – простоты конструкции и низкой стоимости, а также неприхотливости в эксплуатации. Однако, их существенным недостатком является невысокое значение коэффициента полноты $P=0,23\div 0,32$, и соответственно, энергоемкости; меньшие значения – для аппаратов с парой трения сталь-сталь, большие значения для пары трения сталь – металлокерамика. При применении пары трения сталь-сталь наблюдается специфический скачкообразный характер изменения продольных сил и склонность к заклиниванию.

А также известным недостатком серийных фрикционных аппаратов является невыгодная для условий работы поезда силовая характеристика: высокое начальное усилие и значительная зона застоя (антиклизис) приводят к слабой связи силы и хода аппарата; поэтому большую часть времени переходного процесса аппараты практически не работают, а динамические процессы поезда определяются в основном упругодиссипативными свойствами системы вагон – груз [2].

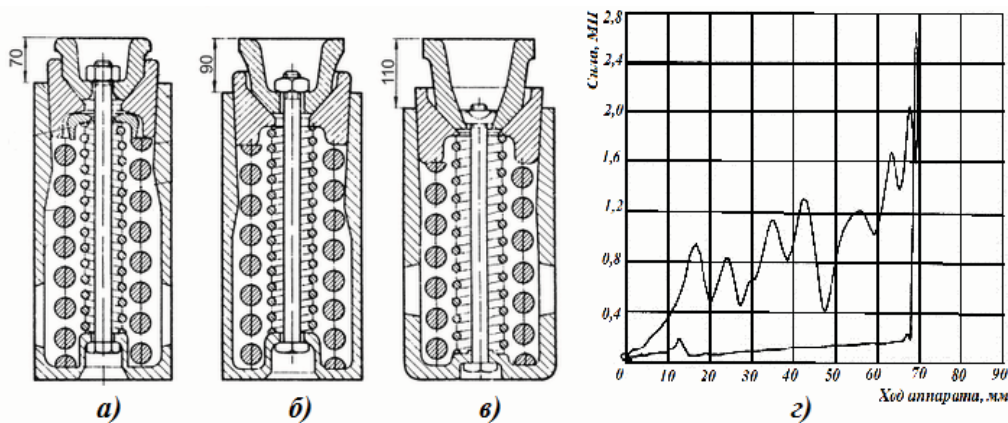
Согласно [3], сжатие аппарата Ш-1-ТМ на полный рабочий ход при соударении вагонов происходит при силе менее 2,5 – 3 МН. В составе поезда аппарат практически не реагирует на изменение силы, чем на 0,5 – 0,7 МН. Энергоемкость приработанного аппарата составляет 50кДж (рис. 1, а). Аппарат Ш-2-Т эксплуатируются на восьмиосных цистернах. Благодаря увеличению рабочего хода энергоемкость аппарата составляет 65 кДж (рис. 1, б).

Аппарат Ш-2-В имеет менее жесткую характеристику. При соударении вагонов он сжимается на полный ход при силе 2 МН и обеспечивает безопасное соударение вагонов массой брутто 100т со скоростью 8 км/ч (рис.1, в). Повышенной энергоемкостью обладает пружинно-фрикционный аппарат Ш-6-ТО-4, при котором возможно соударение вагонов со скоростью 9 км/ч.

В настоящее время в поглощающих аппаратах используются не только пара трения сталь-сталь, но и используются аппараты с накладками из различных порошковых материалов.

Применение порошковых материалов позволяет получить более высокие коэффициенты полноты силовой характеристики (до 0,40) при достаточно высокой стабильности работы и долговечности. В аппаратах ПМК-110А и ПМК-110К-23 несколько меньший коэффициент полноты ($\Pi=0,32$) обусловлен использованием комбинированной пары трения (при сохранении на двух поверхностях трения из шести пары сталь-сталь).

Классификационный признак аппарата, оценивающий его связь с тяговым хомутом, приобрел смысл в связи с повышенным интересом к конструкции, в которой корпус аппарата объединен с тяговым хомутом в одну отливку (аппараты Ш-6-ТО-4, ПОУМ-120, ПМК-120), ПФ-4). Это позволяет при сохранении существующего расстояния между передним и задним упорами увеличить пространство для размещения пружинного комплекта, расположив его между плоскостями заднего упора, что дает возможность существенно повысить энергоемкость и ход аппарата [2].



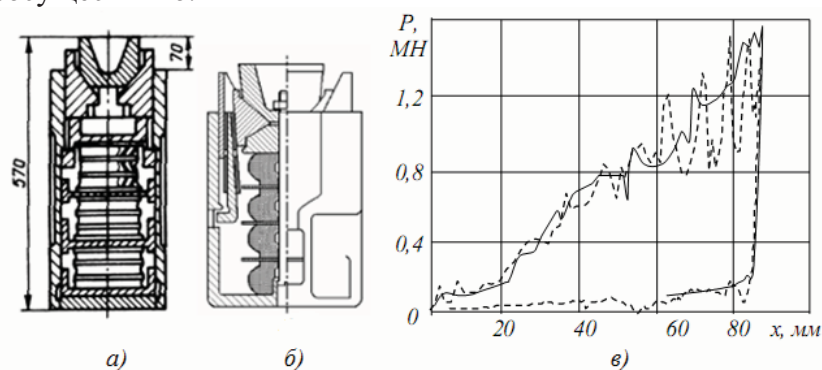
а – Ш-1-ТМ; б – Ш-2-Т; в – Ш-2-В; г – силовая характеристика поглощающего аппарата Ш-2-В.

Рисунок 1 – Пружинно-фрикционные поглощающие аппараты

Комбинированные фрикционные поглощающие аппараты. Конструкции таких аппаратов получают все большее распространение. Поглощение энергии в таких аппаратах в основном происходят на поверхности трения, однако использование современных высокоэффективных полимерных материалов, а также применение в качестве рабочих элементов гидравлических и других амортизаторов значительно улучшают силовые характеристики поглощающих амортизаторов удара.

На рис. 2, а. представлена конструкция резинофрикционных амортизаторов удара РФ1 и РФ2. При использовании комплекта резинометаллических элементов значительно повышается энергоемкость возвратно-подпорного устройства и снижается коэффициент

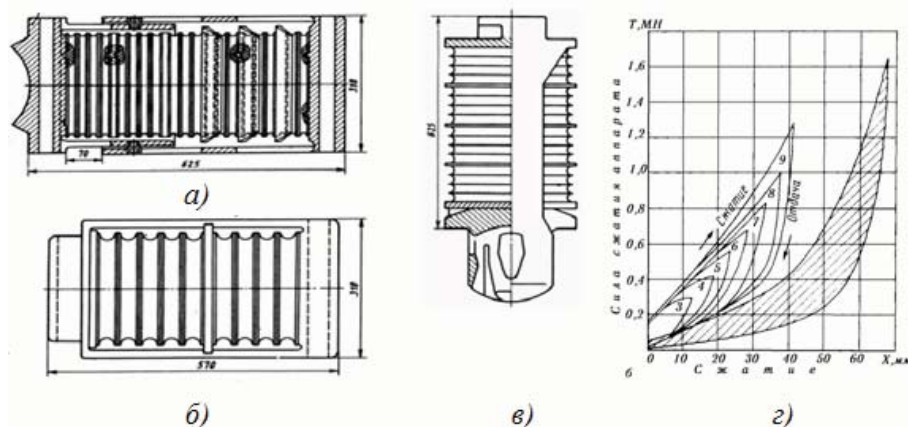
передачи фрикционной клиновой системы. Вследствие значительной относительной деформации резины силовая характеристика подпорной части существенно нелинейна и является жесткой. В аппаратах типа РФ с ходом 70 мм относительная деформация достигла предельных значений $\epsilon=25\div27\%$; использование резинового подпора для аппаратов с ходом, превышающим 100 мм, без значительного увеличения размеров практически неосуществимо.



а – РФ1(2), б – ПМКП-110, в – силовые характеристики аппарата ПМКП-110
 ————— – расчетная; - - - - - – экспериментальная
 Рисунок 2 – Полимернофрикционные аппараты

Комбинированные аппараты, в которых в качестве возвратно-подпорного устройства используются элементы из полиэфирных термо-эластопластов: Беласт (Беларусь), Nutral (фирмы "Дюпон" США), Durel (фирмы ELN Германия) являются более перспективными. В отличие от элементов из резины и полиуретана в этом случае удаётся изготавливать блоки без использования металлических пластин, что значительно повышает надежность конструкции. Конструкция такого аппарата ПМКП-110 (разработка БГТУ – Брянск) представлена на рис.2, б.

Резинометаллические и полимерные амортизаторы. Аппараты данного типа в конструкции очень просты, их силовая характеристика является стабильной, а также эффективная работа при движении поезда обусловили широкое использование резинометаллических поглощающих аппаратов. Аппараты Р2-П, Р5-П применяются в пассажирских вагонах, в электро-, – дизель поездах, аппараты Р4-П используется на тяговых агрегатах, эксплуатируемых на рудных разработках. Коэффициент полноты аппаратов данного типа $0,28\div0,33$, и их главным недостатком является относительно малая энергоёмкость с ходом аппарата $70\dots90$ мм $x_{п}$ ($E = 40\dots45$ кДж), а также невозможность увеличить ход до $100\div120$ мм без значительного увеличения размеров амортизатора.



а – Р-4П; б – Р-2П; в – Р-5П; г – силовая характеристика поглощающего аппарата Р-4П.
 Рисунок 3 – Резинометаллические амортизаторы

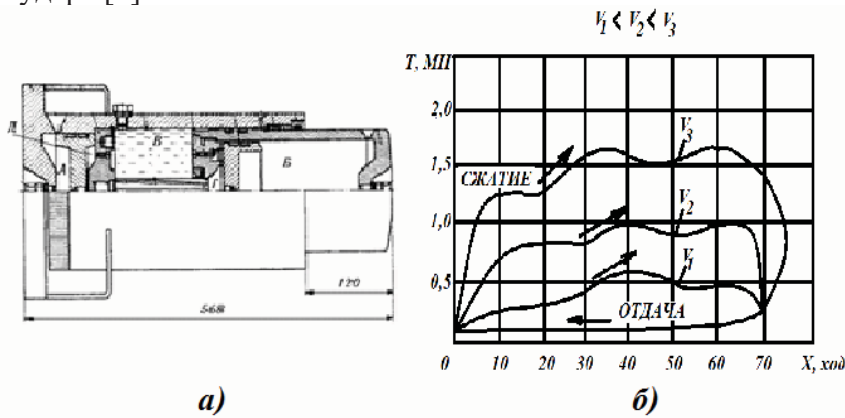
Гидроамортизаторы. В данном типе амортизатора энергия удара поглощается силами трения при дросселировании рабочего элемента через отверстия. Гидроамортизаторы обладают высоким коэффициентом полноты ($\Pi = 0,55 \div 0,70$), а поглощаемая энергия составляет 160 кДж, его основным преимуществом перед остальными аппаратами является то, что его характеристики близки к характеристикам «идеального» аппарата, а следовательно меньшие продольные силы. Однако, самыми главными недостатками этих аппаратов являются их сложная конструкция, высокая стоимость, трудоемкость изготовления, необходимость значительных капиталовложений для организации их массового производства и ремонтного обслуживания и т.д. [2].

Гидроамортизаторы различаются по виду используемого рабочего элемента при дросселировании и способу создания квазистатической силы сопротивления.

Наиболее распространенным является применение различных масел в качестве рабочего элемента, в основном, используется масло АМГ-110.

Можно отметить, среди гидравлических поглощающих аппаратов с применением газа наиболее эффективными считаются гидрогазовые поглощающие аппараты типа ГА-100М с ходом 70 мм и ГА-500 с ходом 120мм [7], разработанные в МИИТе под руководством З.О. Каракашьяна. Эти аппараты имеют гидравлическую и две газовые камеры и обеспечивают необходимую конечную силу упругого сопротивления при низком усилии начальной затяжки (рис. 4.а.).

Известно, что гидрогазовые поглощающие аппараты не обеспечивают требуемой надежности работы и долговечности из-за трудности герметизации газа и жидкости низкой вязкости, на подвижном составе наибольшее применение получили фрикционные, гидрофрикционные, эластомерные, резинометаллические, гидрополимерные амортизаторы удара [2].



а – схема гидрогазового аппарата ГА-500;
 б – силовая характеристика гидрогазового поглощающего аппарата ГА-100.
 Рисунок 4 – Гидрогазовый аппарат ГА-500

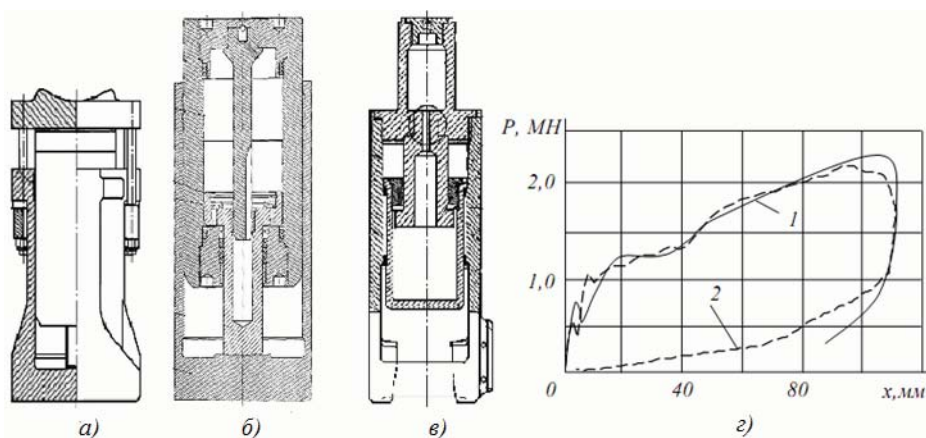
Эластомерные поглощающие аппараты. В настоящее время к наиболее перспективным поглощающим аппаратам относятся аппараты, в котором используются в качестве рабочего элемента объемно сжимаемый высоковязкий полимер (эластомер). Эластомер, обладая высокой вязкостью, одновременно может выполнять функцию упругого и демпфирующего элемента. Сжимаемость материала в замкнутом объеме достигает 15÷20% при давлении 250÷500 МПа. Это позволяет использовать его как гидропружину в режиме квазистатического сжатия, а применение различных видов дросселирования дает возможность значительно повысить силу сопротивления амортизатора при больших скоростях сжатия аппарата. Таким образом, эластомерные поглощающие аппараты дают характеристику весьма близкие к гидравлическим

амортизаторам. Амортизаторы, использующие эластомеры при равных габаритных размерах по сравнению с другими аппаратами имеют высокую энергоемкость при сравнительно простой конструкции. В то же время высокие давления требуют обеспечения прочности рабочих цилиндров и герметичности конструкции.

Цистерны, которые перевозят особо опасные грузы, должны оборудоваться эластомерными поглощающими аппаратами. Можно выделить эластомерные амортизаторы, разработанные в России: АПЭ-120-И, АПЭ-95-УВЗ, ЭПА-120, а также Польский аппарат фирмы «Камах» 73ZW (рис.5). Конструкции аппаратов отличаются количеством и размерами рабочих камер, исполнением дроссельных элементов и выполнением корпуса, объединенного с хомутом.

Во время квазистатического нагружения перемещение поршня внутри цилиндра приводит к повышению давления в результате объемного сжатия аппарата. Характер изменения этой зависимости определяется объемом эластомера, площадью поперечного сечения поршня и коэффициентом сжимаемости. При ударных режимах нагружения сжатие эластомерного поглощающего аппарата происходит с более высокой скоростью, при этом на поршне возникают дополнительные силы сопротивления в результате гидравлических процессов перетекания эластомера через зазоры и дроссельные отверстия, все это предусмотрено конструкцией.

Польский поглощающий аппарат фирмы «КАМАХ» соответствует нормам ГОСТ 3471, ААР – 901 и МСЖД 524. Аппарат 73ZW является сменным модулем, который заменяет ранее применяемые фрикционные или гидравлические аппараты. Поглощающие аппараты 73ZW оборудованы высокоэффективным эластомерным амортизатором, и дополнительно работающим с ним параллельно в диапазоне больших сил упругим элементом из твердого эластомера. Аппарат отличается большой прочностью и безотказностью действия в широком диапазоне температур от -60°C до $+50^{\circ}\text{C}$.



а – 73ZW; б – АПЭ-95-УВЗ; в – ЭПА-120, г – силовые характеристики аппарата ЭПА-120:
1 – расчетная, 2 – экспериментальная.

Рисунок 5 – Эластомерные поглощающие аппараты

Эластомерные поглощающие аппараты DC-12A компании Dammange-Gearrette (Даманж – Жаррет, Франция), а также фирм «Майнер» и «Вестингауз» (США) являются самыми распространенными аппаратами в мировой практике.

Известно, что эластомерные поглощающие аппараты, также как и гидравлические, по техническим показателям (энергоемкости) значительно превосходят фрикционные поглощающие аппараты и имеют стабильную характеристику в условиях повторных нагружений, однако свойства эластомера и характеристика аппарата зависят от температуры. Этот недостаток присущ и полимерным, в том числе резиновым аппаратам и упругим элементам.

Выводы

Обзор конструктивных особенностей поглощающих аппаратов показывает, что недостатком серийных фрикционных аппаратов является невыгодная для условий работы поезда силовая характеристика. Усовершенствованные поглощающие аппараты имеют большую энергоёмкость, обладают большей стабильностью в работе и характеризуются более полной силовой характеристикой, так, например, энергоёмкость модернизированных поглощающих аппаратов увеличена на 20-30%, а возможная скорость соударения достигает 9 км/час. Перспективные поглощающие аппараты являются более эффективными с точки зрения снижения продольных усилий, возникающих в автосцепных устройствах при переходных режимах движения поезда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вершинский С.В., Данилов В.Н., Хусидов В.Д. Динамика вагона: Учебник для вузов ж.-д. трансп./ Под ред. С.В. Вершинского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М., Транспорт, 1991, 360 с.
2. Болдырев А.П. «Научные основы совершенствования поглощающих аппаратов автосцепки». Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Брянск 2006, 361с.
3. Гребенюк П.Т. «Нестационарные процессы торможения»./Труды ВНИИЖТ. – М.: Интекст, 2006. – 96с.
4. ГОСТ 3475-81 «Устройство автосцепное подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм. Установочные размеры».
5. Автосцепное устройство подвижного состава железных дорог/ В.В. Коломийченко, В.И. Беляев, И.Б. Феоктистов, Н.А. Костина. – М.: Транспорт, 2002. – 230 с.
6. Беспалов Н.Г. Поглощающие аппараты для перспективных условий эксплуатации железных дорог. // Проблемы перспективной автосцепки. Труды ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1980. – Вып. 626, стр. 32-42.
7. Першин В.Я. «Исследование гидрогазового поглощающего аппарата автосцепки с квазимягкими упругими характеристиками». Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 1978. – 152с.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК

УДК 656.13 (075)

Кобдиков Мадениет Аримбекович – д.т.н., профессор (Алматы, КазАТК)
Айхимбеков Бактигельды Емелович – к.т.н., начальник УДП ДВД (Астана)
Айтжанова Жанар Сериковна – магистрант (Алматы, КазАТК)

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ

Одна из значительных проблем организации дорожного движения – обеспечение транспортной безопасности на железнодорожных переездах. С начала 2010 года по вине водителей автотранспортных средств произошло уже 4 дорожно-транспортных происшествий, три из них с грузовыми поездами.

За период с 2005 по 2009 годы на железнодорожных переездах из-за недостаточной информации – 12%, невнимательности водителей – 24% и пешеходов – 8% происходят дорожно-транспортные происшествия. Чтобы сократить число ДТП требуется оснащение