

УДК 625.245.6

*Андрей Никитченко*

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЯ ПОГЛОЩАЮЩЕГО АППАРАТА КЛАССА Т1**

*Рассмотрены вопросы применения для грузовых вагонов высокоэнергоемких поглощающих аппаратов, позволяющих обеспечить сохранность перевозимого груза и самого вагона. Отмечено, что при проектировании амортизаторов удара с новыми парами трения необходимо учитывать особенности физико-механических свойств порошкового металлокерамического материала.*

Наблюдающийся в последние годы рост экономики и, соответственно, объемов перевозок железнодорожным транспортом требует от перевозчиков обеспечения своевременной и качественной доставки грузов. Это может быть достигнуто при условии эксплуатации современных надежных грузовых вагонов, удовлетворяющих возросшим требованиям народного хозяйства. Программа развития грузового вагоностроения на 2004-2010 г.г. предусматривает создание вагонов нового поколения с улучшенными потребительскими свойствами и технико-экономическими параметрами. Одно из направлений при проектировании таких конструкций – повышение надежности и долговечности автосцепного устройства, в том числе за счет применения высокоэнергоемких поглощающих аппаратов, позволяющих обеспечить сохранность перевозимого груза и самого вагона.

В результате совместной работы ВНИИЖТа и ряда научных организаций разработан отраслевой стандарт ОСТ32.175-2001 “Аппараты поглощающие автосцепного устройства грузовых вагонов и локомотивов. Общие технические требования”, который предусматривает разделение поглощающих аппаратов по основным техническим показателям на 4 класса: Т0, Т1, Т2, Т3.

В настоящее время серийно выпускаются:

- аппараты класса Т0 (ПМК-110-К-23 и Ш-6-ТО-4), которые могут использоваться только при регламентных ремонтных работах на вагонах, установка их на вагоны новой постройки запрещена;
- аппараты класса Т2 (73ZW и АПЭ-90-УВ3), устанавливаемые на нефтебензиновые цистерны и вагоны для перевозки ряда химических продуктов;
- аппараты класса Т3 (73ZW12 и АПЭ-120И), которые устанавливаются на специализированные вагоны и цистерны, перевозящие опасные и дорогостоящие грузы.

Наиболее широкое применение должны найти аппараты класса Т1, которые могут устанавливаться на все виды неспециализированного подвижного состава, а также на вагоны, предназначенные для эксплуатации в маршрутных поездах

© *Никитченко А.А., 2007*

постоянного формирования. Специализированные вагоны, перевозящие опасные и дорогостоящие грузы, которые могут быть подвержены воздействию больших продольных сил, должны оборудоваться аппаратами классов Т2 и Т3. Класс обычно оговаривается техническими условиями на специализированный вагон. Так, для нефтебензиновых цистерн и вагонов для перевозки ряда химических продуктов необходимо, как минимум, использовать аппараты класса Т2. Для цистерн, перевозящих сжиженный газ, опасные химические продукты, контейнерных платформ или специализированных вагонов оборонного назначения требуются аппараты класса Т3. Большинство грузовых вагонов, эксплуатируемых в настоящее время, оборудованы фрикционными поглощающими аппаратами, при сжатии которых основная часть воспринятой энергии затрачивается на работу сил трения. Такие аппараты получили широкое распространение благодаря простоте конструкции, низкой стоимости изготовления, а также минимуму затрат на обслуживание в эксплуатации. Производство, ремонт и эксплуатация таких аппаратов хорошо отлажены, имеются успехи в повышении ресурса и надежности их работы. С конца 1980-х годов потребность в поглощающих аппаратах для всех типов вагонов была удовлетворена за счет пластинчатых металлокерамических аппаратов ПМК-110А, ПМК-110А-К23, а для вагонов постройки УВЗ – аппаратов Ш-6-ТО-4. Аппараты ПМК и Ш-6-ТО-4 и в настоящее время являются базовыми для неспециализированного подвижного состава. Однако они не отвечают требованиям, предъявляемым к аппаратам класса Т1. Их номинальная энергоемкость составляет 60-65 кДж, а максимальная энергоемкость (при силе до 3 МН) существенно ниже регламентируемой величины 90 кДж. Пониженные энергоемкость и стабильность работы фрикционных амортизаторов ПМК обусловлены недостаточной эффективностью пружинного возвратно-подпорного комплекта, аппарата – Ш-6-ТО-4 – неудовлетворительными фрикционными характеристиками пары трения сталь-сталь.

Несмотря на указанные недостатки и наличие более эффективных поглощающих аппаратов (эластомерных, гидравлических), совершенствование конструкции аппаратов фрикционного типа сохраняет свою актуальность. Можно выделить три основных направления совершенствования конструкций фрикционных аппаратов: применение современных фрикционных материалов на поверхностях трения, использование высокоэффективных возвратно-подпорных устройств, разработка новых способов создания давления на поверхностях трения.

Низкие энергоемкость и стабильность работы амортизаторов со стальными поверхностями трения обусловлены значительной вариацией фрикционных свойств пары трения сталь – сталь и склонностью к схватыванию. Случайный характер образования связей при схватывании усугубляет неустойчивость работы аппарата.

Следует отметить, что свойственное работе пары трения сталь – сталь значительное пластическое деформирование поверхностей, сопровождающееся глубинным вырыванием частиц материала в микро- и макрообъемах и образованием наростов, ограничивает срок службы корпусов поглощающих аппаратов. Установка на одной из стальных поверхностей (обычно на клине) изготавливаемого из бронзы специального пояса твердого смазочного материала несколько уменьшает воздействие схватывания, однако не дает должного эффекта по повышению износостойкости материалов.

Значительный эффект можно получить при использовании специальных фрикционных материалов, работающих в паре со стальными поверхностями.

Многочисленные опыты показали, что решение задачи может быть получено лишь при применении порошковых металлокерамических материалов. Специфика условий эксплуатации не позволила использовать для этих целей серийные фрикционные порошковые сплавы, используемые в тормозных узлах. Стремление улучшить свойства порошковых материалов привело к разработке специального материала для условий работы амортизатора удара.

Лучшими из исследованных материалов были признаны К-11, К-23, К-17, имеющие относительно простые составы и при хороших фрикционных свойствах обладающие достаточной износостойкостью. Новым парам трения несвойственно схватывание, рабочие поверхности не имеют вырывов или наростов, на стальных поверхностях, работающих в паре с порошковым материалом, наблюдается полировальный эффект. При проектировании амортизаторов удара с новыми парами трения необходимо учитывать особенности физико-механических свойств порошкового материала. Фрикционный порошковый материал целесообразно использовать как накладки на несущие стальные детали, поверхности трения для уменьшения давления необходимо увеличивать до максимально возможного значения. Во избежание скалывания кромок элемента из порошкового материала необходимо предусмотреть на основной несущей детали специальные выступы (рис. 1). Твердость порошкового материала невелика, поэтому соприкасающиеся с ней стальные поверхности для сокращения времени приработки и уменьшения приработочного изнашивания должны быть механически обработаны, причем конструкция аппарата должна обеспечивать удобство и малую трудоемкость такой обработки. Элементы из порошкового материала желательно устанавливать на съемных деталях, это позволяет полностью или частично освободить корпус аппарата от функции трения и, следовательно, исключить или уменьшить его износ.

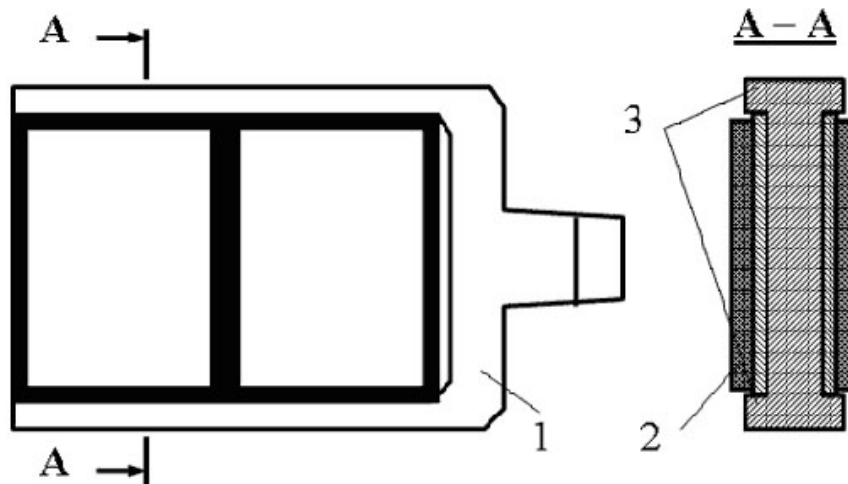


Рис. 1. Пластина с элементами, выполненными из порошкового материала:  
1 – пластина; 2 – элементы; 3 – "разгружающие" выступы

Порошковий фрикционный материал на основе железа (условная марка К-23) используется для фрикционных устройств и обеспечивает при высоких удельных давлениях (50-70 МПа) и значительных скоростях скольжения (2-3 м/с) достаточно высокие и стабильные значения коэффициентов трения при достаточной износостойкости. Порошковый фрикционный сплав К-23 представляет собой сплав на основе железа с добавлением графита, кремнезема и легирующих материалов – олова и дисульфида молибдена, получаемый в результате прессования и спекания.

Область применения – металлокерамические элементы поглощающих аппаратов различных моделей, представляющие собой стальные пластины с припеченными брикетами из порошкового фрикционного сплава К-23. Возможно также применение материала в других высоконагруженных фрикционных узлах.

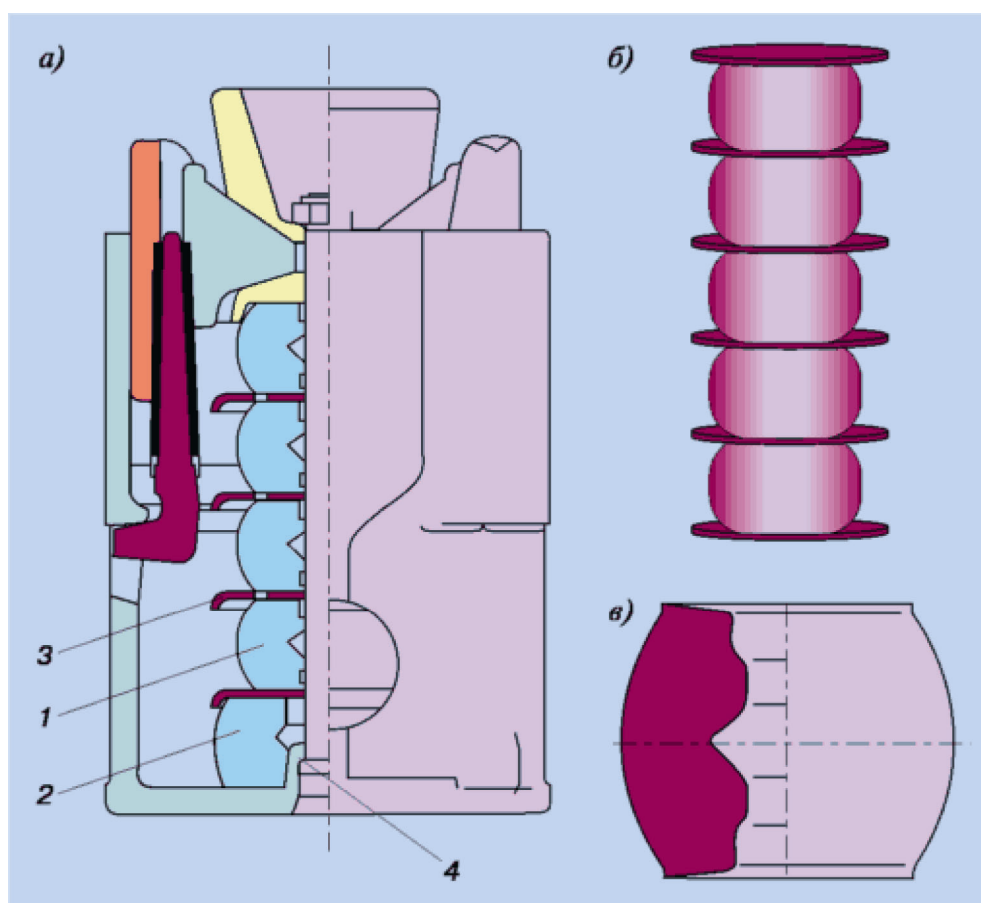
Существенно повысить эффективность амортизирующих устройств можно в комбинированных фрикционных поглощающих аппаратах, получающих все большее распространение. Первые попытки создания комбинированных аппаратов ориентировались на замену пружин резинометаллическими элементами. Однако при значительной относительной деформации резины силовая характеристика резинометаллических элементов подпорной части существенно нелинейна, что снижает ее энергоемкость, а использование резинового подпора для аппаратов с ходом, превышающим 100 мм, стандартных габаритов автосцепного устройства практически неосуществимо. Попытки использовать вместо резиновых элементы из полиуретана также не увенчались успехом вследствие их низкой надежности, а также недопустимого увеличения жесткости при низких температурах.

ООО “НПП Дипром” совместно с ВНИИЖТом и ООО “ПК Бежицкий сталелитейный завод” разработан и защищен патентом РФ новый амортизатор удара для железнодорожных вагонов ПМКП-110. Он создан на базе серийного аппарата ПМК-110А, подпорные пружины которого заменены полимерными элементами (рис. 2). Использование полимерного упругого блока повышает полноту и энергоемкость силовых характеристик амортизатора. Это достигается за счет повышения жесткости подпорного комплекта, что позволяет уменьшить управляющие углы клиновой системы и, соответственно, стабилизировать трение на вспомогательных поверхностях. Кроме того, демпфирующие свойства полимеров значительно снижают фрикционные автоколебания, сопровождающие ударное сжатие.

Наибольшую трудность при разработке аппарата вызывает выбор полимерного материала. К нему предъявляется ряд специфических требований, среди которых наиболее важными являются достаточная энергоемкость, высокая эластичность и морозостойкость. Ранее были предприняты попытки использования для этой цели различных типов резины и полиуретана, однако их невысокая эластичность и низкая морозостойкость привели к поиску новых полимерных материалов. Например, в поглощающем аппарате модели ПМКП-110, разработанном сотрудниками ООО “Дипром”, используется материал Durel (фирмы ELN Германия). В поглощающем аппарате, разрабатываемом ООО “ГСКБВ”, предполагается использовать отечественные материалы, разрабатываемые фирмой “Юстани, ЛТД”. Специалистами ООО “ГСКБВ” совместно с Институтом технической механики (г. Днепропетровск) уточнены математические модели фрикционно-полимерных поглощающих аппаратов.

В данных моделях, как и работах [1-3], силовая система рассматривается как безынерционное усилительное звено, в котором связь между входом (силой сжатия

аппарата) и выходом (силой сжатия подпора) устанавливается мгновенно. Кроме того, учтено изменение коэффициентов трения на главных поверхностях в зависимости от скорости скольжения. Также перспективным направлением расчета силовых характеристик поглощающих аппаратов является применение метода конечных элементов (МКЭ). Используя стандартный набор твердотельных и контактных конечных элементов, на которые разбита конструкция поглощающего аппарата, можно с достаточной точностью моделировать взаимодействие узлов и деталей поглощающего аппарата. При этом будут учтены такие параметры, как жесткость клиньев и корпуса, энергия упругих деформаций металлических и термопластовых элементов, их демпфирующие и инерционные свойства, а также зависимость коэффициентов трения от скорости относительного перемещения трущихся поверхностей.



**Рис. 2. Поглощающий аппарат ПМКП-110:**

а – конструктивная схема, где 1 – полимерные элементы, 2 – опорный элемент, 3 – центрирующие пластины, 4 – корпус; б – полимерный упругий блок из материала Durel; в – конструкция упругого полимерного элемента

Расчет переходных динамических процессов, реализованный в программном комплексе ANSYS, используется для определения динамического поведения системы при действии любых зависящих от времени нагрузок. Данный тип расчета

может использоваться для определения изменяющихся во времени перемещений, деформаций, напряжений и сил в модели, вызываемых комбинацией статических и гармонически изменяющихся нагрузок. Масштаб времени нагружения должен быть таким, чтобы учитывать влияние инерции и демпфирования.

Основное применяемое уравнение движения при исследовании переходных динамических процессов имеет следующий вид:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{F(t)\},$$

где  $[M]$ ,  $[C]$ ,  $[K]$  – матрицы масс, демпфирования и жесткости;  $\{\ddot{u}\}$ ,  $\{\dot{u}\}$ ,  $\{u\}$  – векторы узловых ускорений, скоростей и перемещений;  $\{F(t)\}$  – вектор нагрузок.

Для любого текущего значения времени  $t$  эти уравнения можно считать набором уравнений статического равновесия, которые учитывают силы инерции ( $[M]\{\ddot{u}\}$ ) и силы демпфирования ( $[C]\{\dot{u}\}$ ). Комплекс ANSYS для решения этой системы уравнений использует метод усреднения по ускорениям, называемый методом Ньюмарка.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Никольский Л.Н.* Фрикционные амортизаторы удара. – М.: Машиностроение, 1964. – 167 с.
2. *Никольский Л.Н., Цеглин Б.Г.* Амортизаторы удара подвижного состава. – М.: Машиностроение, 1986. – 144 с.
3. *Болдырев А.П., Цеглин Б.Г.* Расчет и проектирование амортизаторов удара подвижного состава. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 198 с.

**Поступила 9 июля 2007 г.**