

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОГЛОЩАЮЩИХ АППАРАТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Железнодорожные вагоны, кроме полезных нагрузок, необходимых при транспортировке различного типа грузов, испытывают множество нагрузок паразитного характера, связанных с неровностями пути, разгоном, торможением и соударением вагонов. Эти нагрузки играют решающую роль в ограничении ресурса вагонов.

Увеличение ресурса связано с необходимостью значительного уменьшения уровня паразитных, а, следовательно, и общих нагрузок. Такой подход получил название амортизации нагрузок.

Одним из наиболее действенных вариантов амортизации принято считать изменение «рабочей характеристики» (для ж/д транспорта «силовой характеристики») машины или её отдельной силовой линии [1].

В данной работе не рассматривается вертикальная силовая линия вагона, амортизация тележек, буксовые амортизаторы и прочие устройства, снижающие динамические нагрузки на колесную пару вагона.

Здесь предпринята попытка анализа горизонтальных нагрузок, действующих на вагон (его автосцепку), и рассмотрены пути снижения горизонтальных сил паразитного характера.

Известны работы, в которых рассматриваются основные принципы амортизации, виды воздействий на машину (упругую систему) и основные типы амортизаторов [2, 3, 4].

Для транспортных, строительных и металлургических машин основными видами воздействий являются воздействие энергией и деформацией [5]. Применительно к случаю горизонтальных сил, действующих на автосцепку вагонов, следует, как основное, выделить воздействие энергией, то есть ударное воздействие.

В этом случае силовая характеристика вагона должна обладать энергоемкостью (запасаемой и рассеиваемой), которая превышает энергию столкновения.

В настоящее время считается общепринятым, что придать вагону необходимую силовую характеристику лучше всего путем установки на нем специального устройства – «поглощающего аппарата» (ПА). Это устройство по принципу действия является буфером (буферным устройством) [6].

Такие устройства содержат два элемента: первый - это упругий элемент (УЭ) или энергоаккумулятор, второй - фрикционный элемент или демпфер. Первый элемент запасает энергию, второй рассеивает её, превращая в тепло.

Поглощающие аппараты применяются около сотни лет и совершенствуются с изменением параметров вагонов. В то же время, некоторые из этих параметров, например габаритные размеры ПА, весьма консервативны - в течение десятков лет они остаются неизменными.

Поскольку растет масса вагонов и скорость их столкновения (например, на сортировочных горках), то возрастают и требования к энергосиловым характеристикам; они все время растут. В настоящее время эти требования сформулированы в отраслевом стандарте ОСТ 32.175 - 2001. «Аппараты поглощающие автосцепного устройства грузовых вагонов и локомотивов». В этом документе все поглощающие аппараты по своим основным техническим показателям делятся на четыре класса - Т0; Т1; Т2; Т3. Эти показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1

Нормативные показатели энергоемкости поглощающих аппаратов грузового подвижного состава ОСТ 32.175 - 2001

Наименование показателя	Класс поглощающего аппарата			
	T0	T1	T2	T3
Статическая энергоемкость, не менее, кДж ($E_{ст}$)	-	30	40	60
Номинальная энергоемкость, не менее, кДж (E_N)	40	70	100	140
Максимальная энергоемкость, не менее, кДж (E_M)	50	90	130	190
Номинальная энергоемкость в состоянии поставки, кДж	30	50	100	140
Конструктивный ход, мм	70...100	90...120	90...120	120

Из таблицы 1 видно, что для всех классов аппаратов введены ограничения по генерируемой при ударе силе и перемещению. Ограничения по перемещению связаны с функциональным назначением автосцепки, а именно, с возможностью потери автосцепкой своих функций на закруглениях пути. Это ограничение фигурирует в нормах как $\lambda_{max} \leq 120$ мм. Такое ограничение введено для всех классов аппаратов.

На силы горизонтального направления, возникающие при соударениях вагонов, введены две нормы: номинальная сила $F_n = 2000$ кН при энергоемкости аппарата класса T1, равной $U_n = 70$ кДж, и максимальная сила $F_m = 3000$ кН при энергоемкости $U_{max} = 90$ кДж.

Отметим, что введение двух одновременных ограничений не имеет убедительных оснований, и в некоторых случаях вводит в заблуждение.

Анализ применяемых в настоящее время поглощающих аппаратов позволяет на основании таблицы 1 оценить достоинства и недостатки существующих аппаратов.

Несмотря на множество конструкций поглощающих аппаратов, находящихся в эксплуатации, реально могут претендовать на соответствие классам T1; T2; T3 только аппараты двух типов. К ним относятся аппараты эластомерные и фрикционные.

Исходя из основного требования (см. табл.1) к ПА, а именно, к энергоемкости, соответствующей его значению, можно особо отметить ПА эластомерного типа, которые по принципу действия являются гидравлическими, то есть, по сути, являются демфирующими устройствами. Для обеспечения статической силы замыкания эти ПА содержат дополнительный упругий элемент малой энергоемкости.

Эти аппараты могут охватить (по силовым характеристикам) всю линейку требуемых классов ПА.

В то же время, экономическая целесообразность широкого внедрения этих ПА не очевидна.

Детали этих аппаратов изготовлены из высокопрочных материалов, высоки также требования к точности изготовления. Это приводит к сложной технологии и высокой цене ПА, которая вдвое превышает цену аппаратов других конструкций. К тому же, ресурс этих аппаратов оказался значительно меньше заявленного при том, что ремонтпригодность их в условиях вагонных депо полностью отсутствует, а ремонт этих ПА фирмой - изготовителем по затратам сопоставим с изготовлением новых аппаратов.

Именно экономические причины тормозят более широкое внедрение этих аппаратов и ограничивают его практически одним классом (ТЗ), где создание аппаратов других типов еще не освоено.

Фрикционные аппараты, к которым относятся пружинно-фрикционные и фрикционные с полимерным подпорным блоком, гораздо дешевле гидравлических и проще по устройству, к тому же они могут ремонтироваться в условиях вагонных депо. Эти аппараты в настоящее время совершенствуются в направлении увеличения энергоемкости.

Новые конструкции этих аппаратов имеют модернизированные подпорные и фрикционные блоки. В подпорных блоках вместо стальных цилиндрических винтовых пружин опробованы блоки полимерных элементов, работающих на сжатие и допускающих нагрузки порядка 300 – 400 кН вместо 180 кН для стальных пружин. Для фрикционных блоков прошли промышленное опробование керамические пластины, обладающие повышенным коэффициентом трения.

Типичным примером конструкции пружинно-фрикционных и полимерно-фрикционных аппаратов могут служить аппараты АПМ-110-К-23-01 и АМП-120-Т1. На этих аппаратах достигнуты требуемые параметры для класса Т1; несмотря на это, данные аппараты не лишены недостатков, характерных для всех фрикционных аппаратов [6, 7, 8].

1. Необходимые параметры достигаются после длительной приработки; в начале приработки основной параметр (энергоемкость) примерно в два раза меньше требуемой.
2. Эти аппараты имеют вогнутую (жесткую) силовую характеристику со скачками силы.
3. Параметры энергоемкости $U_n = 70$ кДж и $U_{max} = 90$ кДж достигаются при предельно допустимых силах $F_n = 2,0$ МН и $F_m = 3,0$ МН.

Несмотря на то, что все требования по энергосиловым параметрам удовлетворяются, подобные аппараты нельзя признать перспективными.

Для оценки эффективности поглощающих аппаратов нужно установить приоритеты их параметров. При этом нужно исходить из того, что основной задачей совершенствования и самого существования поглощающих аппаратов является увеличение ресурса вагона как объекта защиты от генерируемых при столкновении сил. Именно поэтому основным параметром, подлежащим контролю и ограничению, является сила, действующая на вагон.

Указанные в ОСТ 32.175-2001 фиксированные силы F_n и F_m позволяют работникам легче выполнить условия по энергоемкости (достаточно было бы одного условия, чтобы генерируемая сила не превышала предельно допустимой F_m).

В этом плане не совсем четко выглядит назначение аппаратов разных классов. Так, повышенная энергоемкость аппаратов ТЗ (до 190 кДж) позволяет проводить операции на сортировочных горках при повышенных скоростях (это для опасных грузов). И в то же время эта энергоемкость не спасает от перегруза вагонов.

Известно [8], что уже при сжимающей продольной силе $F = 3,2 \div 3,4$ МН в хребтовых балках вагонов появляются пластические деформации, то есть развивается разрушение. При разрешенном разбросе параметров $\Delta F_m = \pm 10 \div 15$ % введение предельной силы $F_m = 3,0$ МН следует считать необоснованным.

По сути нормирования силовых параметров для различных классов аппаратов (например, исходя из равенства $F_{M(T1)} = F_{M(T3)}$) получается, что при перевозках и песка, и взрывчатки допускаются совершенно одинаковые силы горизонтального удара по вагону.

Введение разных классов аппаратов с одинаковой максимальной силой противоречит их основному назначению, согласно которому ограничение силы должно быть связано с опасностью перевозки груза, то есть наименьшей силой F_M должна быть сила для аппаратов класса ТЗ. В этом плане параметры классов ПА требуют доработки.

Еще один важный вопрос требует срочного решения - это вопрос об оценке качества поглощающего аппарата. Имеется в виду возможность сравнимой оценки аппаратов одного класса, но разных конструктивных исполнений.

Рассмотрим этот вопрос на примере самого массового ПА, соответствующего классу Т1.

Поскольку влияние аппарата на работу вагона зависит от силовой характеристики ПА, то конструктивные особенности пока опустим и рассмотрим возможные силовые характеристики.

На рис.1 показаны две характеристики аппаратов класса Т1.

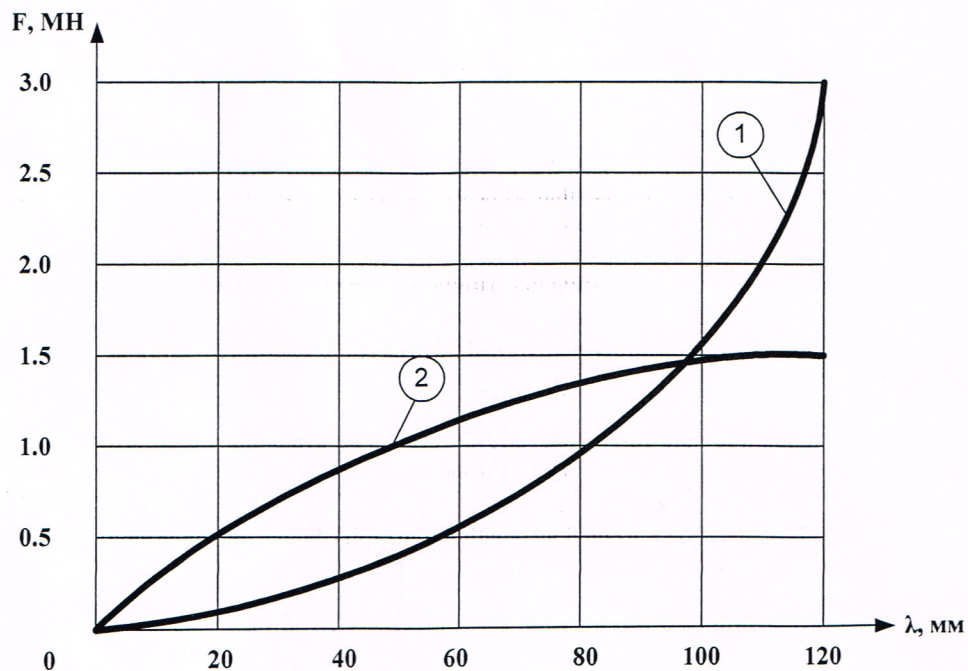


Рис.1. Силовые характеристики (нагружение) поглощающих аппаратов класса Т1: 1 - жесткая характеристика; 2 - мягкая характеристика.

Обе эти характеристики обеспечивают требуемую энергоемкость $E = 90$ кДж; при этом максимальная осадка составляла $\lambda = 120$ мм. Обе характеристики полностью соответствуют стандарту ОСТ 32.175-2001.

Однако они сильно отличаются величиной генерируемой нагрузки F_M ; для первого варианта она составляет $F_M = 3,0$ МН, для второго $F_M = 1,5$ МН.

Такая большая разница приводит к разной прочности аппаратов и разным ресурсам вагонов с этими аппаратами. В то же время, нигде не упоминается, какой из этих аппаратов более перспективен, хотя с точки зрения амортизации нагрузок этот вопрос очевиден.

Более совершенным следует считать такой аппарат (и такой вариант амортизации), который в большей степени снижает генерируемые паразитные нагрузки.

Из рисунка 1 видно, что более перспективной характеристикой является характеристика 2, то есть выпуклая характеристика. Площадь её (которая характеризует энергоёмкость) может быть представлена формулой:

$$U_{\max} = \alpha \cdot F_m \cdot \lambda_m. \quad (1)$$

Здесь F_m и λ_m - максимальные значения силы и осадки аппарата (на силовой характеристике это её габаритные размеры);

α - коэффициент заполнения характеристики (можно считать его коэффициентом качества силовой характеристики аппарата).

Теоретически этот коэффициент может принимать значения

$$0 \leq \alpha \leq 1,0. \quad (2)$$

Практически этот диапазон меньше. Анализ действующих поглощающих аппаратов даёт следующий диапазон значений:

$$0,2 \leq \alpha \leq 0,8. \quad (3)$$

Этот коэффициент, по сути, является коэффициентом качества силовой характеристики. Наименьшие значения коэффициента качества имеют пружинно - фрикционные аппараты, как с подпорными блоками из стальных пружин, так и с применением полимерных подпорных блоков.

Так, поглощающие аппараты АМП-120-Т1 имеют коэффициент качества $\alpha = 0,25$ при предельных значениях силы $F_m = 3,0$ МН и осадки $\lambda = 120$ мм. Такие показания (по силе) не соответствуют реализации достаточного ресурса вагона. Для поглощающих аппаратов гидравлического типа, например Z73, этот коэффициент в три раза больше, что позволяет в заданных неизменных размерах аппарата получить существенно большую энергоёмкость или соответственно уменьшить силу F_m , что позволяет повысить ресурс вагона.

Проблема выбора типа поглощающего аппарата была бы окончательно решена, если бы не экономические проблемы, так как «эластомерные» (то есть гидравлические) аппараты дороги и неремонтопригодны в условиях вагонных депо.

Поэтому основной проблемой создания эффективного поглощающего аппарата следует считать разработку аппарата с коэффициентом качества $\alpha \geq 0,5$ и ценой до 500\$, что вдвое меньше, чем цена гидравлического аппарата.

ВЫВОДЫ

1. Поглощающие аппараты вагонов и локомотивов по принципу действия представляют собой буферные устройства, воспринимающие внешнее воздействие энергией и генерирующие горизонтальную силу.
2. Исходя из необходимости продления ресурса вагона, силовая характеристика ПА должна обладать большей энергоёмкостью в заданных параметрах: максимальная сила - максимальная осадка. Этому требованию соответствуют только аппараты гидравлического типа.
3. Кроме того, аппараты должны быть экономичными в изготовлении и эксплуатации - этому требованию соответствуют аппараты фрикционного типа.
4. Основной задачей совершенствования поглощающих аппаратов является разработка аппаратов с высоким качеством силовой характеристики $\alpha \geq 0,5$ и низкой ценой до 500\$.

Перечень ссылок

1. *Артюх Г.В.* Особенности применения эластомеров для снижения динамических нагрузок в металлургических машинах / *Г.В. Артюх* // Защита металлургических машин от поломок. - Мариуполь, 1997. - Вып. 2. - С.155 - 158.
2. *Артюх Г.В.* Амортизация нагрузок в металлургических машинах / *Г.В. Артюх* // Защита металлургических машин от поломок. - Мариуполь, 1999. - Вып. 4. - С.160 - 165.
3. *Артюх В.Г.* Нагрузки и перегрузки в металлургических машинах / *В.Г. Артюх.* - Мариуполь: ПГТУ, 2008. - 246с.
4. *Большаков В.И.* Испытания резинометаллических деталей металлургических машин / *В.И. Большаков* // Защита металлургических машин от поломок. - Мариуполь, 2003. - Вып. 7. - С.114 - 123.
5. *Артюх Г.В.* Уменьшение вредных нагрузок в металлургических машинах / *Г.В. Артюх* // Теория и практика металлургии. - 2002. - № 5-6. - С. 48-57.
6. *Богомаз Г. И.* Оценка параметров поглощающего аппарата АПМ-110-К-23 грузового вагона при ударных нагружениях / *Г. И. Богомаз, В. М. Бубнов, Н. Е. Науменко, А. А. Никитченко* // Техн. механика. – 2006. – №2. – С. 64 – 68.
7. *Богомаз Г. И.* Оценка параметров фрикционно-полимерного поглощающего аппарата / *Г. И. Богомаз, В. М. Бубнов, Н. Е. Науменко, А. А. Никитченко, И. Ю. Хижа* // Заліз. трансп. України. – 2007. – №6. – С. 48 -50.
8. *Никитченко А.А.* Удосконалення конструкцій поглинаючих апаратів автотягачів з метою зменшення навантаженості вантажних вагонів / *А. А. Никитченко* // автореферат - Дніпропетровськ, 2010. - С. 24.

Рецензент: д.т.н., профессор В.Э. Парунакян

Статья поступила 18.02.2014