

ние силы не очень существенно отличается от силы при соударении одиночных вагонов (при заданных условиях она достигает 2,4 МН), однако время удара существенно больше и есть повторное нагружение с довольно высоким уровнем силы.

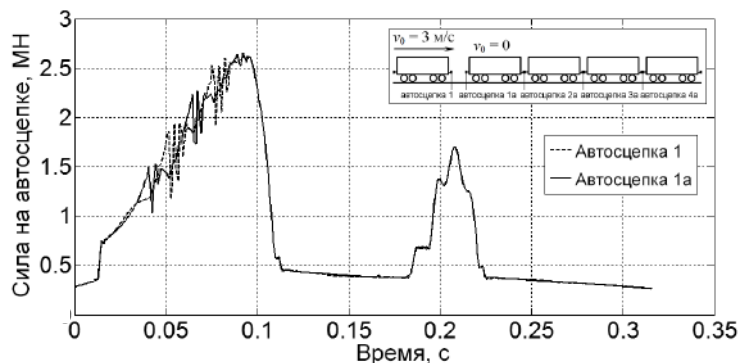


Рисунок 3 – Зависимость силы на автосцепке при ударе одиночного вагона в сцеп

При соударении сцепов максимальные силы на центральной автосцепке (той, на которую приходится удар при формировании состава) возрастают до 15 % от значения максимальной силы при соударении одиночных вагонов (таблица 1), однако количество повторных ударов существенно растет.

Таблица 1 – Максимальные значений силы на автосцепках за время удара

В килоньютонах

Случай соударения	Номер автосцепки (см. рис. 2с)										
	1, 1а	2	2а	3	3а	4	4а	5	5а	6	6а
3-в-3	2935	1873	1810	1121	1096	–	–	–	–	–	–
4-в-4	2894	2109	2114	1641	1559	928	920	–	–	–	–
5-в-5	2895	2411	2394	2111	2090	1576	1497	853	848	–	–
6-в-6	2967	2532	2527	2385	2377	1934	1897	1265	1131	824	818

Из таблицы видно, что на второй и последующих автосцепках за той, на которую приходится удар, максимальная сила заметно снижается, но при больших сцепках даже на третьей автосцепке уровень продольных сил превышает 2,3 МН.

Следует сказать, что все эти выводы справедливы лишь для однородных сжатых сцепов. Наличие зазоров в автосцепках и существенное различие в массах вагонов могут повлиять на распределение сил при ударе, и это требует дополнительных исследований.

УДК 656.225.073.437

НАГРУЖЕННОСТЬ ТОРЦЕВЫХ СТЕН ВАГОНОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ ПРИ УДАРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

А. В. ПИГУНОВ, П. М. БУЙЛЕНКОВ, П. М. АФАНАСЬКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

До недавнего времени несущая способность конструкций вагонов оценивалась в соответствии с требованиями «Норм ...» [1] в редакции 1996 года. С 1 июля 2017 года в силу вступил ГОСТ 33211–2014 «Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам» [2]. Одним из наиболее неблагоприятных режимов нагруженности кузовов вагонов является удар. При этом инерционная нагрузка, действующая на торцевые стены вагонов для перевозки сыпучих грузов, в обоих документах определяется по формуле

$$N_{\text{и.сып}} = 0,35N \frac{m}{m_{\text{ваг}}}, \quad (1)$$

где N – продольная сила приложенная к вагону, Н; m – грузоподъемность вагона, кг; $m_{\text{ваг}}$ – максимальная расчетная масса вагона, кг.

Данная формула применяется для всех типов вагонов, в которых перевозятся сыпучие грузы, т. е. для хопперов и полувагонов без каких-либо различий.

В «Нормах...» [1] предусмотрено применение еще одной формулы для определения силы инерции массы груза, равной 0,35 грузоподъемности вагона:

$$N_{и} = ma_x, \quad (2)$$

где m – масса груза с учетом коэффициента равного 0,35; a_x – нормированная величина продольного ускорения (замедления), $a_x = 3,5g$.

По формуле (1) расчетная величина нагрузки, действующей на торцевую стену при ударе, составит 905,9383 кН (или 92,38 тс) для модели 12-119 (тара – 22,5 т, грузоподъемность – 69 т), а для модели 12-132 (тара – 24, грузоподъемность – 70 т) – 894,562 кН (91,22 тс). При этом грузоподъемность первой модели меньше на одну тонну. Применяв эту же формулу, для вагонов-хопперов различных моделей, мы получили следующие значения нагрузок на торцевые стены: для модели 11-740 (имеющей массу тары 20 т и грузоподъемность 64 т) – 914,960 кН (93,3 тс), для модели 19-9774 (имеющей массу тары 23,5 т и грузоподъемность 70,5 т) – 901,035 кН (91,88 тс).

Из полученных результатов видно, что у полувагона с большей грузоподъемностью нагрузка на торцевую стену меньше, так как и для вагона-минераловоза модели 19-9774, имеющего грузоподъемность больше на 6,5 т, нагрузка, приходящаяся на торцевую стену, меньше, чем у модели 11-740.

Рассчитав с использованием формулы (2) значения инерционной нагрузки для перечисленных выше моделей вагонов, получим: для полувагонов модели 12-119 и 12-132 – соответственно 828,956 и 840,920 кН (или 84,53 и 85,75 тс); для вагонов-хопперов моделей 11-740 и 19-9774 – 768,841 и 846,314 кН (78,4 и 86,3 тс).

Полученные результаты с использованием формул (1) и (2) отличаются по величинам нагрузок для одних и тех же моделей вагонов, но и имеют различную зависимость от грузоподъемности. В первом случае она получается обратной, а во втором – прямо пропорциональной.

Оценка прочности перечисленных выше моделей вагонов производилась с использованием пакета прикладных программ DSMFem. Для этого были разработаны расчетные конечно-элементные модели кузовов. При создании расчетных моделей использовались плоские пластинчатые 3- и 4-угольные конечные элементы.

После проведения прочностных расчетов на нагрузки, возникающие при ударе хоппера модели 11-740, расчетные напряжения превысили допустимые, которые равны пределу текучести материала. Следовательно, в процессе эксплуатации на торцевой стене вагона должны наблюдаться остаточные деформации как минимум листов обшивки. Однако обследование технического состояния кузовов, выработавших назначенный срок службы, никаких деформаций элементов торцевых стен не выявило. Отсюда можно сделать вывод, что полученные значения нагрузок являются завышенными.

Далее была проведена серия прочностных расчетов, при каждом из которых уменьшалась величина нагрузки, действующей на торцевую стену до тех пор, пока расчетные напряжения не стали меньше допустимой величины. Полученная величина инерционной нагрузки позволила определить корректирующий коэффициент ($k = 0,64$), равный отношению нагрузки, при которой вагон удовлетворяет условиям прочности при ударе к определенной по формуле (1). Адекватность коэффициента была проверена на вагоне-хоппере модели 19-9774. Выполненный расчет показал, соответствие ее современным требованиям к прочности. При увеличении нагрузки эквивалентные напряжения превысили допустимые.

Таким образом, можно сделать вывод, что приведенная в ГОСТе и «Нормах...» формула не позволяет определить адекватную величину нагрузки, действующей на торцевую стену вагонов-хопперов при ударах. С величиной нагрузки для полувагонов можно согласиться, но непонятно почему она уменьшается с увеличением грузоподъемности вагона, хоть и на небольшую величину. По нашему мнению, распределение давления на торцевые стены также требует подробного изучения для различных типов вагонов и не должно определяться с использованием унифицированной зависимости.

Список литературы

1 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

2 ГОСТ 33211-2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам : межгос. стандарт. – Введ. 2016–17–01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 31 с.