УДК 629.014.6

В.А. Лебедев

(г. Брянск, ФГБОУ ВО БГТУ)

**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МКЭ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ КУЗОВА ДВУХЭТАЖНОГО ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА**

*Выполнен сравнительный анализ результатов вибрационных испытаний подробной и упрощенной расчетных схем кузова двухэтажного пассажирского вагона.*

*Ключевые слова: метод конечных элементов, двухэтажный вагон, кузов, собственная частота, расчетная схема, модель.*

Методом конечных элементов выполнялось компьютерное моделирование вибрационных испытаний кузова двухэтажного пассажирского вагона модели 61-4465 [1]. Определялась собственная частота первого тонового изгибного колебания кузова в вертикальной плоскости. В соответствии с требованиями ГОСТ 34093-2017 [2], предъявляемыми к пассажирским вагонам, величина этой частоты должна быть ограничена наименьшим значением:

- для стендовых испытаний оборудованного кузова – 8 Гц;

- для предварительных расчётов (по соответствующей формуле) – 10 Гц;

- для уточненных расчетов с применением расчетных схем (в том числе МКЭ) – 9 Гц.

Уточненный расчет выполнялся на основе подробной конечно-элементной, пластинчатой модели металлоконструкции кузова (рисунок 1), по жесткостным и инерционным параметрам приближенной к реальному кузову [3]. Она состоит из более 72 тыс. элементов, связанных 65 тыс. узлами. В расчетной схеме учтено распределение массы брутто кузова по несущей конструкции. Также учитывалось влияние перегородок купейных и служебных помещений на изгибную жесткость кузова.

КЭ расчет модели показал искомое значение частоты в 10,3 Гц, что соответствует требованиями ГОСТ 34093-2017 и всего на 8,8% меньше результата натурных стендовых испытаний (11,3 Гц).



*Рисунок 1. Подробная КЭ модель кузова двухэтажного вагона*

Для сравнения была создана упрощенная модель кузова (рисунок 2), состоящая из 18 элементов и 19 узлов. Она представляющая собой КЭ расчетную схему в виде пространственной балки с кусочно-постоянными по длине геометрическими и массовыми характеристиками.

Поскольку кузов двухэтажного вагона имеет разную высоту сечения в средней (4,8 м) и концевых частях (4,2 м), то это было учтено в модели. Момент инерции сечения средней части кузова составил $J\_{Xср}=0,11 м^{4}$, для концевых частей (средний) – $J\_{Xср}=0,10 м^{4}$. Масса кузова брутто (59,1 т) учитывалась путем изменения плотности материала конечных элементов, который по жесткостным характеристикам соответствует стали.



*Рисунок 2. Упрощенная КЭ модель кузова двухэтажного вагона*

Наложение связей выполнялось аналогично подробной КЭ модели.

В результате расчёта балочной схемы собственная частота первого тонового изгибного колебания составила 11,6 Гц, что также соответствует требованиями ГОСТ 34093-2017 и является близкой к показателю стендовых испытаний (на 2,7% больше).

Проведя анализ результатов расчетов обоих схем можно сделать вывод. На начальном этапе проектирования пассажирских вагонов для общей оценки изгибной жесткости несущей конструкции кузова можно использовать упрощенные расчётные схемы. Но и при использовании более подробных моделей для оценки как общей, так и локальной картины напряженно-деформированного состояния частей кузова необходимо выполнять данный проверочный расчет.

Меньшее значение частоты колебаний для подробной схемы, в сравнении с упрощенной, может быть обусловлено податливостью материала в наиболее нагруженных зонах, в том числе и зоне опирания кузова.

**Список литературы**

*1. ОАО «Тверской вагоностроительный завод». – Режим доступа:* [*http://www.tvz.ru/*](http://www.tvz.ru/) *(дата обращения: 07.10.20).*

*2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 34093-2017. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Требования к прочности и динамическим качествам. – Москва :Стандартинформ, 2017. – 41 с. – Электрон. копия доступна на сайте Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL:* [*http://docs.cntd.ru/document/1200145835*](http://docs.cntd.ru/document/1200145835) *(дата обращения: 07.10.20).*

*3. Лебедев, В.А. Обоснование динамической модели упругого кузова двухэтажного пассажирского вагона / В.А. Лебедев, В.В. Кобищанов, Д.Я. Антипин, С.Д. Коршунов // Вестник БГТУ, 2015. – №4.–с. 50-53.*

*Материал поступил в редколлегию 12.10.20.*