

УДК 539.3

В.А.Востриков (асп., каф. КТМ), К.П.Манжула, д.т.н., проф., К.В.Елисеев, асс.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПО ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ТРАССЕ

Исследования конструкции на динамические нагрузки является важным аспектом перед началом её эксплуатации. Целью этой работы было численное исследование поведения конструкции аттракциона при динамическом воздействии движущегося поезда. Необходимо было проверить возможность безопасной эксплуатации конструкции и при необходимости дать рекомендации по ее усилению.

Расчетная модель состоит из двух частей – непосредственно корпуса аттракциона и поезда. При расчетах использовались пакеты Ansys v8.1 (расчет напряженно-деформированного состояния пирамиды, а также расчет собственных частот и форм колебаний) и LSTC Ls-Dyna v970 (расчет модели пирамиды и движущегося по пространственному пути поезда)

Общий вид модели представлен на рис. 1.

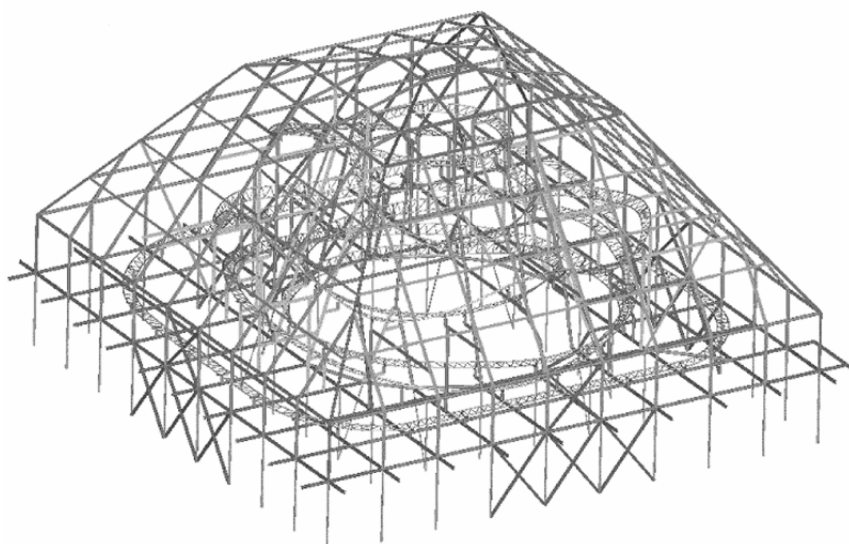


Рис. 1. Общий вид модели.

Модель пирамиды была создана при помощи пакета Altair HyperMesh v6.0. Были использованы оболочечные и балочные элементы. Число оболочечных элементов – 49032, балочных – 5921. Общее число узлов – 52784. Оболочечные элементы использовались для создания пути, балочные – для создания несущей конструкции. Характерный размер балочного элемента – 1000 мм, оболочечного – 155 мм. В модели 13 различных сечений балок.

После создания, модель была импортирована в формат входного файла LSTC Ls-Dyna и Ansys. Все детали модели поезда были сделаны высокой жесткости, так как не было необходимости рассматривать напряженно-деформированное состояние вагонов. Отдельно были учтены массы пассажиров. При расчетах учитывались силы тяжести, давления снега и ветра. Поезд имеет в своем составе 12 вагонов. Полная масса одного вагона составляет 420 кг.

При расчете динамических конструкций, в первую очередь, следует обратить

внимание на собственные частоты и формы исследуемого сооружения. Это связано с тем, что в случае действия периодических нагрузок с частотой, близкой к собственной частоте конструкции, возникает явление резонанса – колебания с большими амплитудами, а при малом трении в конструкции – с неограниченным ростом амплитуд и последующим разрушением. Предварительные исследования показали, что применительно к сооружению «Пирамида» имеют место следующие периодические воздействия:

1. Движение поезда по пути с периодической структурой;
2. Колебания подвески поезда при движении из-за малых боковых зазоров между путем и колесами;
3. Вращение сидений при движении поезда;
4. Прерывистый спуск при аварийном останове поезда.

Полученные результаты показывают, что с точки зрения резонанса, наиболее опасны стержни с длинными неподкрепленными участками. Это хорошо согласуется с натурными экспериментами, когда при движении поезда вверх происходят колебания верхних балок с формой колебаний, близкой двум первым собственным формам, а при движении вниз – третьей. Наиболее приемлемый способ борьбы с резонансными явлениями – введение дополнительных подпирющих балок, ортогональных собственным колебаниям пирамиды с низшими частотами.

Расчеты показывают, что изгибные напряжения в наиболее нагруженном элементе конструкции составляют порядка 25 МПа и касательные напряжения от кручения – 27 МПа (динамическая составляющая без учета статических напряжений).

Проведенные расчеты показали, что для обеспечения нормальной эксплуатации конструкции необходимо ее усиление. Предложен вариант создания дополнительного «кольца», что исключит колебания балок по первым собственным частотам.