

Глава 3

Задачи механики высокоскоростного транспорта

3.1. Динамика движения транспортных модулей по струнной направляющей

Весьма высокие требования, предъявляемые к прочностным параметрам скоростного транспорта типа СТС, требуют решения комплекса теоретических и прикладных задач. Одной из наиболее сложных проблем является оценка границ допустимых режимов движения, при которых обеспечиваются необходимые статические и динамические характеристики (деформации, напряжения, перемещения, ускорения, собственные частоты, плавность хода и др.), обеспечивающие нормальное функционирование транспортной системы при эксплуатации. Задачи динамики и устойчивости такого рода обсуждаются, например, в монографиях [12, 13, 17, 25, 35].

Анализ должен проводиться в вероятностной постановке, однако на начальных этапах возможен детерминированный подход. Основными задачами динамического анализа являются:

- определение частот и форм собственных колебаний;
- расчет амплитудно-частотных характеристик;
- исследование режимов вынужденных колебаний.

В большинстве случаев цель расчета динамических характеристик транспортного агрегата состоит в определении ускорений и перемещений в контролируемых точках конструкции с последующим сопоставлением полученных значений с нормами и техническими условиями. При расчетах на случайные воздействия требования к этим параметрам необходимо рассматривать в вероятностной формулировке.

Опыт проектирования конструкций показывает, что для рационально спроектированных систем хорошие результаты дают даже простые модели, позволяющие применить нетрудоемкие численные решения (объем расчетов пропорционален динамическому несовершенству конструкции). Рациональность конструкции в большой степени определяется спектром ее собственных частот. Следовательно, весьма важно обеспечить заданные динамические свойства на этапе начального проектирования.

Механическое воздействие на модуль СТС со стороны пути проявляется в виде кинематического вибрационного нагружения (детерминированного или случайного) элементов транспортного средства. Динамика этого воздействия определяется состоянием пути, скоростью движения и упруго-диссипативными свойствами подвески транспортного модуля. Сама направляющая СТС подвергается периодическому нагружению от движущихся модулей с последующим распространением энергии возмущения в виде различных волн.

Модуль. СТС позволяет реализовать чрезвычайно высокие скорости движения (свыше 500 км/ч). Так как интенсивность динамического воздействия пути на транспортный модуль с повышением скорости увеличивается, то требования к ходовой части последнего являются весьма высокими. Актуальность оптимизации параметров ходовых частей подвижного состава обусловлена тем, что создание амортизирующих устройств ограниченных размеров и веса, обеспечивающих безопасность движения, является достаточно сложной технической проблемой. К настоящему времени в области механики железнодорожного транспорта изучены различные вопросы колебаний элементов системы подвешивания, получены численные решения возникающих многомерных нелинейных динамических задач. При создании ходовой части подвижного состава используется теория виброзащиты транспортных машин и человека-оператора, изложенные, например, в работе Р.И. Фурунжиева [36].

Ряд положений, обсуждаемых в монографии В.А. Камаева [13] и относящихся к проблематике оптимизации ходовой части подвижного состава существующих конструкций железнодорожных локомотивов и вагонов, на мой взгляд, справедливы и для транспорта нового типа, каким является струнная транспортная система. Остановимся на них более подробно.

Своеобразие транспортных устройств как динамических объектов связано с тем, что источником колебаний является не только кинематические возмущения, возникающие при качении колес по направляющей, но и инерционные возмущения, возникающие при работе агрегатов. Установлено, что при качении колес, связанных жестко в колесные пары, в ряде случаев развиваются автоколебания. Исследование колебательного процесса усложняется вследствие высокого порядка математической модели системы при наличии нелинейных элементов. Определенное упрощение модели применительно к струнной транспортной системе связано с тем, что локомотив испытывает дополнительное воздействие от соседних вагонов или локомотива, а модуль рассматриваемой системы является функционально законченным транспортным объектом.