

* *
*

УДК 534.131

DOI: 10.17223/00213411/64/3/54

QIANG ZHAO¹, MINGWEI PIAO²

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВЗАИМОСВЯЗИ БОКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ПОЕЗДА НА ОСНОВЕ СИНГУЛЯРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Механизм связанных боковых колебаний является основным законом колебательной неустойчивости высокоскоростного поезда. Основная причина неустойчивости – конструктивные недостатки прототипа применяемой колесной тележки стандарта ICE3. Вследствие этого данное оборудование пассажирских поездов не создает необходимых и достаточных условий для обеспечения устойчивости и безопасности при работе в режиме высокоскоростной железной дороги. Основываясь на предыдущих исследованиях, данная работа развивает теоретическую демонстрацию и экспериментальную проверку механизма боковых колебаний высокоскоростного поезда. В соответствии с концепцией жесткости системы и статистических характеристик гауссовского процесса предлагается новая концепция сингулярного коэффициента для описания нестационарных и негауссовских процессов. В сочетании с результатами ходовых испытаний добротности колебаний высокоскоростного транспортного средства выводы хорошо согласуются с результатами экспериментов и динамического моделирования. Применение сингулярного коэффициента позволяет выделить три характеристических параметра для определения механизма связи поперечных колебаний высокоскоростного поезда, а именно: достаточную энергию возбуждения, среду передачи колебаний и возможность резонанса связи. Углубленный анализ междумодовых связей высокого порядка и остаточной силы циклически деформируемого тела приводит к новой концепции сингулярного коэффициента. Моделирование жестко-гибкой связи отражает основные статистические характеристики нестационарных и негауссовских процессов, а также выявляет механизм связи поперечных колебаний высокоскоростного поезда.

Ключевые слова: высокоскоростной поезд, жестко-упругая муфта, вибромужа, динамическое моделирование, турбулентность на поворотах.

Введение

При применении длинномерных высокоскоростных железнодорожных поездов опасность боковых связанных колебаний заключается в том, что они обладают склонностью к самовозбуждению. Например, высокодобротный боковой резонанс сцепки под транспортным средством вызывает структурную усталость в опорной системе фартука, создающей проблемы для безопасности. И если рыскание двигателя имеет особенности динамического поведения, то это приводит к проблеме безопасной работы ведущей колесной пары.

В мировой практике технология применения скоростных железных дорог достигла высокого уровня, однако все еще существует много противоречивых моментов в их эксплуатации. С точки зрения развития высокоскоростных колесно-рельсовых технологий скоростная, высокоскоростная и сверхскоростная железные дороги [1–4] взаимно связаны, но в то же время технически различны, что породило следующие технологические инновации: 1) упругое ограничение позиционирования колесной пары, фокусированное на проблеме ее самоустойчивости; 2) жесткое ограничение позиционирования колесной пары, фокусированное на управлении неустойчивым змеевидным движением (вилянием) тележки; 3) использование колесных пар с независимым вращением колес или с магнитной подвеской для полного устранения проблемы боковой устойчивости.

Таким образом, применение высокоскоростных железных дорог в своих трех основных технических аспектах, а именно: железнодорожное полотно, железнодорожные транспортные средства и условия эксплуатации, наряду с очевидными техническими преимуществами, требует преодоления негативных последствий.

В настоящее время высокоскоростные тележки используют технологию демпфирования колебаний конструктивными демпфирующими ограничителями, подавляющими низкочастотные колебания тележки, но в то же время усиливающими негативные эффекты в диапазоне более высокочастотных колебаний виляния [5, 6]. Например, тележки серии ICE3 имеют повышенный высокочастотный импеданс: чем больше вибрация головной части, тем сильнее будет боковое возмущение корпуса поезда в области задней тележки. Поэтому подавляющее виляние (anti-snake – «анти-змеиный») высокочастотный импеданс служит источником соответствующего возбуждения, формирующего связанные боковые колебания между корпусом транспортного средства и ходовой

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>