



Метод оценки состояния железнодорожного пути



Валерий КРУГЛОВ
Valery M. KRUGLOV

Александр ХОХЛОВ
Alexander A. HOHLOV



Андрей САВРУХИН
Andrey V. SAVRUHIN

Алексей НЕКЛУДОВ
Alexey N. NEKLUDOV



Рассматриваются особенности мониторинга состояния железнодорожного пути с позиции обеспечения безопасности движения на основе результатов компьютерного моделирования. Получены числовые значения ускорений подпрыгивания и ускорений галопирования вагона с учетом экспериментальных данных о значениях амплитуд и длин неровностей.

Круглов Валерий Михайлович – доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).

Хохлов Александр Алексеевич – доктор технических наук, профессор МИИТ.

Саврухин Андрей Викторович – доктор технических наук, начальник управления НИР МИИТ.

Неклюдов Алексей Николаевич – кандидат технических наук, доцент МИИТ.

Технические средства, применяемые для контроля состояния железнодорожного пути, обеспечивают проведение периодического освидетельствования условий его содержания и поддержания ресурса. Они не позволяют проводить мониторинг в режиме on-line, что необходимо с позиции обеспечения безопасности движения, соблюдения максимально допустимых скоростей движения поездов исходя из их массы и вида грузов.

Непрерывный мониторинг, между тем, предполагает возможность постоянной оценки качества текущего состояния пути, выявлять формирующиеся отклонения от нормируемых параметров в процессе эксплуатации. Кроме того,

Ключевые слова: железнодорожный путь, методика первообразных функций, расщепление фазовых пространств, ускорение подпрыгивания, ускорение галопирования, мониторинг пути.

ежедневное количественное определение амплитуд и длин неровностей дает объективное представление о кинетике технических характеристик рельсового и земляного полотна во времени, потребностях в сроках и видах ремонтов, обосновывает ограничения скорости движения подвижного состава по критериям безопасности движения и максимальной эффективности реализации перевозочного процесса.

Существующая сегодня измерительная техника (в виде акселерометров) позволяет проводить регистрацию ускорений и других проявлений динамических сил, возникающих в процессе движения. И в этой ситуации анализ параметров взаимодействия подвижного состава и пути дает основания фиксировать отмеченное приборами возмущающее воздействие, по величинам функций определять технические характеристики верхнего строения пути: геометрические неровности пути, просадку рельсов и т. д., то есть давать оценку состоянию железнодорожного пути, предусматривать необходимый уровень восстановительных работ. Здесь же вероятно выявлять наличие ползунов, дисбаланс колес и других отклонений в техническом состоянии подвижного состава.

Решение задачи по оценке текущего состояния пути по результатам регистрации ускорений кузова вагона связано с потребностью интегрирования функций ускорений на первом этапе и функций скорости на втором, т. е. речь идет об интегрировании ускорений и скоростей в различных точках интервалов движения, что предполагает получить план и профиль пути с учетом всего спектра наблюдаемых или ожидаемых неровностей. Интервальный подход позволяет при использовании интервалов различной величины определять средние, минимальные и максимальные характеристики неровностей (амплитуды, длины), что обеспечивает возможность расчетным способом находить критические скорости с позиции интересов безопасности движения в любом интервале скоростей от 1 до 1000 км/ч для всех типов подвижного состава.

В работах [1, 2, 3] изложена основная методика поиска первообразных функций неровностей на железнодорожном пути по известным значениям их производных.

Для поиска первообразных функций используются итерационные методы нахождения искомым функций дифференциальных уравнений, когда они представлены в виде суммы членов степенного ряда.

При решении задачи применено эквивалентное преобразование исходных систем дифференциальных уравнений, применена методика расщепления фазовых пространств и получены полностью автономные отделившиеся уравнения, описывающие различные виды колебаний рельсового экипажа [2, 3].

В целях оценки состояния железнодорожного пути и установления безопасной скорости движения подвижного состава получены зависимости для определения динамической нагруженности и безопасности движения подвижного состава при перемещении по различным неровностям рельсового пути.

Расчетные зависимости получены для z_k и \dot{z}_k , φ_k и $\dot{\varphi}_k$, P_{d1} , P_{d2} где соответственно: z_k , φ_k — функции подпрыгивания и галопирования кузова вагона;

\dot{z}_k , $\dot{\varphi}_k$ — функции ускорений подпрыгиваний и галопирования кузова вагона; P_{d1} и P_{d2} — динамические силы.

Колеблющиеся конструкции подвижного состава являются весьма инерционными, поэтому первообразные возмущающие функции со стороны обычно представляют суммы гармонических воздействий с разной длиной волны и частотой колебаний. На коротких неровностях железнодорожного пути, где не успевают затухнуть собственные колебания, имеет место сложный переходный процесс, при котором волновые процессы могут переходить в ударные. Для поиска первообразных функций неровностей с использованием полученных зависимостей применяются итерационные процессы выравнивания зафиксированных в эксперименте данных с полученными расчетными результатами.

Расчеты показывают, что транспортные экипажи имеют различное динами-



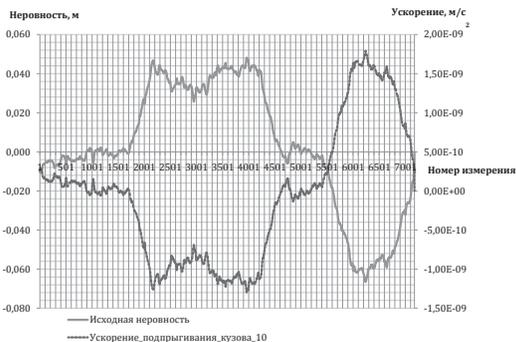


Рис. 1. Ускорения подпрыгивания подвижного состава.

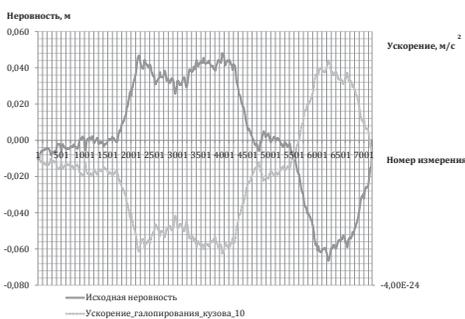


Рис. 2. Ускорения галопирования подвижного состава.



Рис. 3. Изменения ускорений подпрыгивания подвижного состава в зависимости от скоростей движения.

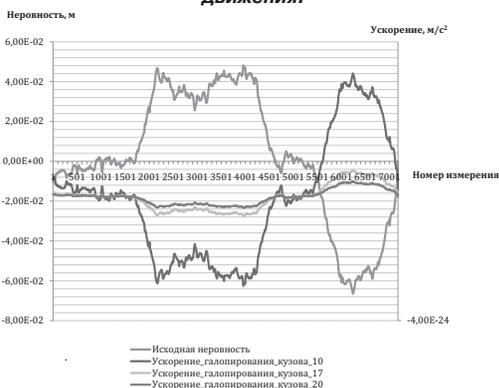


Рис. 4. Изменения ускорений галопирования подвижного состава в зависимости от скоростей движения.

ческое воздействие на железнодорожный путь в зависимости от конструкции транспортного средства, особенностей реализации демпфирующих способностей гасителей колебаний, приводящих к затуханию, гашению колебательных процессов. Оценка динамических воздействий позволяет для транспортного экипажа установить условия возникновения опасных ситуаций, угрожающих безопасности движения различных типов подвижного состава, обеспечивать функциональную стратегию гарантированной безопасности перевозочного процесса на железных дорогах.

На рис. 1 и 2 представлены результаты компьютерного моделирования колебаний подпрыгивания и галопирования при движении вагона по участку пути, сведения о текущем состоянии которого были переданы учеными Сибирского государственного университета путей сообщения и использовались в качестве исходных данных. По заданным на участке пути неровностям рельсового пути (кривая 1, рис. 1 и 2) и были определены соответствующие этим неровностям возникающие ускорения подпрыгивания и галопирования (кривая 2, рис. 1 и 2). На рисунках по оси ординат слева отложена размерность неровности (в м), а справа — размерность ускорений (м/с^2), по оси абсцисс обозначены контрольные точки через каждые 0,1 м пути с неровностями.

Как следует из графиков рис. 1 и 2, колебания ускорений подпрыгивания и галопирования кузова экипажа полностью коррелируются с характером и значениями неровностей на пути. Поэтому величины ускорений или динамических сил, регистрируемых при перемещении подвижного состава, могут полностью характеризовать реальные качественные признаки железнодорожного пути и служить основанием для оценки текущего его состояния и соответствия условиям безопасности.

На рис. 3 и 4 показаны изменения ускорений колебаний подпрыгивания и колебаний галопирования в зависимости от скорости подвижного состава (кривые 2, 3 и 4 соответствуют скоростям движения 10, 16, 20 м/с, кривая 1 — заданная исходная неровность пути).

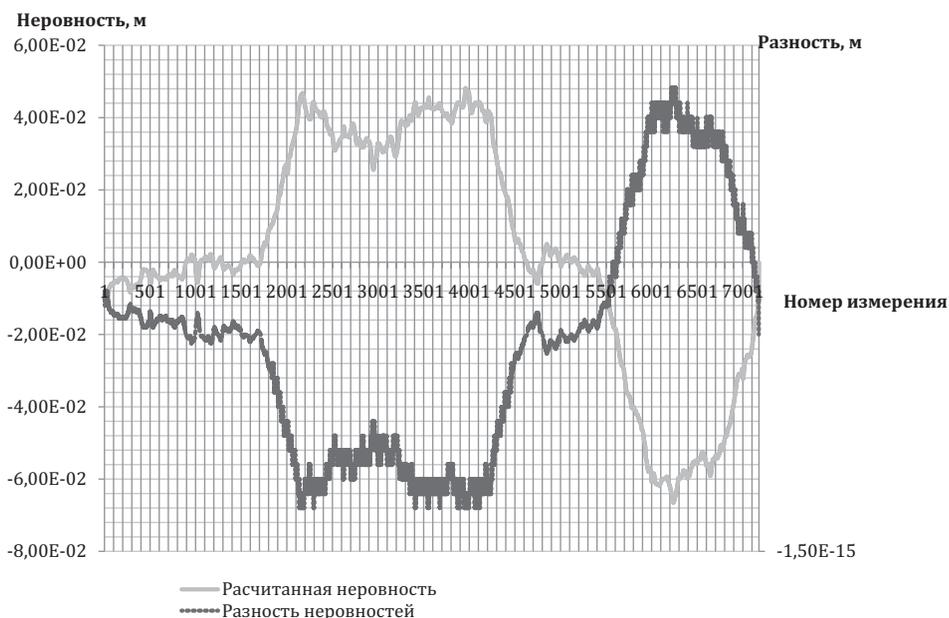


Рис. 5. Сравнение результатов исходных и расчетных по определению профиля пути.

На рис. 5 представлены результаты сравнения исходных и расчетных данных по определению профиля пути по измеренным динамическим характеристикам. Результаты расчетов практически полностью совпадают с исходным состоянием железнодорожного пути (кривые «Исходная неровность» и «Расчитанная неровность» совпали).

Таким образом, разработанный метод и программное обеспечение, по нашему мнению, позволяют на основе анализа динамических процессов при движении подвижного состава получать картину текущего состояния пути. По рассчитываемым значениям амплитуд и длин

неровностей представляется возможным оценивать условия безопасного движения подвижного состава с учетом скоростей движения и его технических характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Круглов В. М., Хохлов А. А., Саврухин А. В. Модель динамического взаимодействия подвижного состава и пути//Мир транспорта.— 2011.— № 5.
2. Хохлов А. А., Гарашук Р. В., Корнев Л. Г. Экономика при расщеплении фазовых пространств//Мир транспорта.— 2010.— № 3.
3. Хохлов А. А., Саврухин А. В. Технический аудит и построение менеджмента гарантированной безопасности эксплуатации колес подвижного состава//Труды X научно-практической конференции «Безопасность движения поездов».— М.: МИИТ, 2009.

ON A METHOD TO OBSERVE TRACK CONDITIONS

Kruglov, Valery M. – D.Sc. (Tech), professor, vice-rector for scientific studies of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

Hohlov, Alexander A. – D.Sc. (Tech), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

Savruhin, Andrey V. – D.Sc. (Tech), professor, head of research department of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

Neklyudov, Alexey N. – Ph. D. (Tech), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

The authors study particularities of traffic safety aimed track condition monitoring based on computer-aided simulation. They have obtained numerical values for railway car bouncing and rocking acceleration, taking into account experimental data on amplitude and length values of the track irregularities.

Key words: railway track, method of primitive functions, splitting of phase space, bouncing acceleration, rocking acceleration, track observation, monitoring.

Координаты авторов (contact information): Круглов В. М. – kruglov@niit-miit.ru, Хохлов А. А. – (495) 684–2829, Саврухин А. В. – savruhin@niit-miit.ru, Неклюдов А. Н. – alexis_skin@mail.ru

