

В просчитанных вариантах моделирования наиболее интенсивные воздействия на полотно проявляются в процессе переходных режимов – трогания поезда или переключения режима тяги. При этом для периодов наиболее интенсивного воздействия на полотно характерны нестационарные колебательные режимы, сопровождающиеся интенсивными ударными короткоимпульсными нагрузками. Длины импульсов и их интенсивность в значительной мере зависят от жесткостных свойств сцепки и люфтовых зазоров в ней. Наиболее интенсивные динамические воздействия имеют характер высокочастотных пиковых проявлений на интервалах времени, измеряемых сотыми и тысячными долями секунды.

В отдельных случаях нестационарные переходные колебания самоорганизуются в выраженные периодические высокочастотные процессы с периодически меняющейся амплитудой колебаний. При этом периоды изменения высокочастотной амплитуды (пульсация амплитуды) и их максимальные значения практически постоянны. Явления подобного рода, свойственные нелинейно связанным многомассовым колебательным системам, впервые были описаны и объяснены Энрико Ферми как следствия межмодального энергетического обмена, в процессе которого амплитуды колебаний на отдельных частотах периодически могут достигать больших значений, поглощая энергию других колебательных мод.

Анализ условий экстремальности динамических проявлений становится в значительной степени более трудоемким, требующим установления причинно-следственных связей в рамках многомерных и многофакторных процессов в условиях дискретизации переменной времени.

УДК 656.212

ОЦЕНКА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СОРТИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

О. И. ТАРАНЕЦ

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. академика В. Лазаряна (ДИИТ), Украина*

Важнейшим элементом в технологии перевозочного процесса на железных дорогах Украины является переработка вагонов на сортировочных станциях. От качества работы и технических характеристик сортировочных устройств этих станций зависит безопасность технологического процесса расформирования и формирования составов, сохранность грузов, а соответственно рентабельность и конкурентоспособность железных дорог на рынке транспортных услуг.

Ключевую роль в работе сортировочных станций играют сортировочные горки. Автоматизация сортировочного процесса расформирования составов является основным направлением повышения производительности сортировочных горок, повышением качества процесса расформирования составов, эффективного использования технических средств, улучшения условий труда, уменьшения затрат на расформирование составов. В то же время автоматизация сортировочных горок является достаточно дорогим мероприятием, которое требует вложения значительных средств. Поэтому в условиях существования различных систем автоматизации горочных процессов возникает вопрос технико-экономического обоснования их внедрения и сравнения конкурирующих вариантов решений. В соответствии с Правилами и нормами проектирования сортировочных устройств конкурирующие варианты конструкции сортировочной горки должны быть оценены путем моделирования процесса расформирования потока составов. Однако в настоящее время отсутствует не только программное обеспечение, которое может решать подобные задачи, но и соответствующая нормативная база, математические модели и методический подход в целом. В то же время техническое обеспечение сортировочных горок является существенно изношенным и морально устаревшим, поэтому задачи его модернизации и реконструкции являются достаточно актуальными.

В современных условиях анализ конструкции и технического обеспечения сортировочных горок выполняется на основании скатывания расчетной группы отцепов при их известных параметрах и условиях окружающей среды. Подобный подход дает возможность оценить лишь работоспособность сортировочной горки и не позволяет определить технико-экономические показатели ее функционирования, ставить и решать задачи совершенствования их конструктивных параметров и алгоритмов управления. Для получения таких показателей необходимо перейти от детерминированного подхода к стохастическому.

Для комплексной оценки сортировочных горок в ДИИТе разрабатывается имитационная модель, которая позволяет имитировать все элементы горочного технологического цикла вместе с процессом накопления вагонов в сортировочном парке. Общая модель горки учитывает случайный характер нового удельного сопротивления движению вагона, сопротивления стрелок и кривых, окружающей среды и ветра, а также неточность реализации заданных скоростей выхода из тормозных позиций.

Модель горки включает модели путевого развития, технологического процесса, передвижения объектов, системы управления стрелками и замедлителями и информационную. Одной из задач, решаемых с помощью разработанной модели, является оценка системы управления прицельным регулированием скорости отцепов на парковых тормозных позициях (ППП). При отсутствии на сортировочной горке устройств для уточнения характеристик отцепов нормативная скорость подхода одного вагона к другому на сортировочных путях достигается за счет нормирования скорости выхода вагона с ППП в соответствии с его весовой категорией и расстоянием до точки прицеливания. Выполненные при помощи разработанного программного комплекса исследования показали, что обеспечение нормативных скоростей соударения вагонов при отсутствии системы уточнения ходовых параметров отцепа приводит к значительному ухудшению показателей заполнения сортировочных путей. В практических условиях нормативная скорость соударения вагонов не обеспечивается и с вероятностью 60 % превышает норматив, что недопустимо с точки зрения безопасности. Разработанный программный комплекс использован также для оценки влияния конструктивных особенностей горки и сортировочного парка на условия прицельного регулирования скорости и оценки эффективности методов уточнения информации о ходовых свойствах отцепов и условиях скатывания (взвешивание, определение ускорения движения на участках, измерение скорости ветра и др.).

Кроме того, в процессе моделирования фиксируются затраты на маневровую работу, которая связана с расформированием составов, осаживанием вагонов на сортировочных путях, и «ликвидацию» запусков, а также затраты электроэнергии на перевод стрелок и замедлителей. Учитывая, что эти показатели имеют соизмеримую экономическую оценку, то наличие данной модели позволяет сравнивать варианты конструкции сортировочных горок и организации их работы, а также решать различные оптимизационные задачи, направленные на повышение эффективности и безопасности сортировочного процесса.

УДК 656.212.6.073.21

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖЁСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРЕПЛЕНИЙ ГРУЗА ПРИ СДВИГЕ ГРУЗА В ПЛОСКОСТИ ПОЛА ВАГОНА

Е. Н. ТИМУХИНА, В. А. ОЛЕНЦЕВИЧ

*Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС),
г. Екатеринбург, Российская Федерация*

Анализ литературных источников [1–9] показывает, что до сих пор отсутствуют какие-либо числовые данные о жёсткостных характеристиках гибких упругих элементов креплений груза при сдвиге груза в плоскости пола вагона от воздействия пространственной системы сил. Получено, что эквивалентная жёсткость гибких элементов креплений по направлению действия пространственной силы, кН/м:

$$c_{\text{экв}}^F = E \sum_{i=1}^{n_0} \frac{A_i}{l_i} \sqrt{\left((f \sin \alpha_i + \cos \alpha_i \cos \beta_{0i}) \cos \lambda^{(i)} \right)^2 + \left((f \sin \alpha_i + \cos \alpha_i \sin \beta_{0i}) \sin \lambda^{(i)} \right)^2} \cdot (\cos \alpha_i \cos \beta_{0i} \cos \lambda^{(i)} + \cos \alpha_i \sin \beta_{0i} \sin \lambda^{(i)}) \quad (1)$$

где E_i , A_i и l_i – модуль упругости (кН/м²), площадь поперечного сечения (м²) и длина элементов крепления груза (м); f – коэффициент трения между поверхностями пола вагона и груз, α_i и β_{0i} – углы, характеризующие геометрию креплений груза, рад.; λ_i – угол, показывающий направление действия пространственной системы сил, рад.

Покажем представление (1) для реализации в вычислительной среде MathCAD.