

Как видно из таблиц 1–4, в рассматриваемом перечне эксплуатационных факторов наибольшую степень корреляции с функцией отклика (удельным расходом дизельного топлива за поездку) имеют факторы: Q (масса состава, т), $q_{o(ср)}$ (осевая нагрузка, т/ось), v_t (техническая скорость движения, км/ч). Между собой в наибольшей степени коррелированы факторы: масса состава и осевая нагрузка (в грузовом и пригородном движениях). Во всех видах движения статистически мала связь между удельным расходом дизельного топлива и коэффициентом участковой скорости $k_{уч}$, количеством предупреждений об ограничении скорости движения $n_{огр}$.

Следует отметить, что при построении, к примеру, регрессионных моделей расхода топлива на полученных данных, приемлемым будет включение в них всех рассматриваемых эксплуатационных факторов ввиду невысокой степени взаимной корреляции между ними практически во всех рассматриваемых случаях. Полученные данные возможно использовать как для прогнозирования расхода дизельного топлива и электрической энергии для подразделений локомотивного хозяйства, так и для заданий по расходу энергоресурсов на поездку локомотивной бригаде.

УДК 629.4.015:004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ СДВИГА ВАГОНОВ, РАЗМЕЩЕННЫХ НА СТАЦИОННЫХ ПУТЯХ

О. В. ДЕМЬЯНЧУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для закрепления подвижного состава на станционных путях используются тормозные башмаки [1, 2], потребное количество которых, определенное в соответствии с Методическими рекомендациями по расчету норм закрепления подвижного состава тормозными башмаками [3], в некоторых случаях оказывается завышенным, также возможны случаи ухода вагонов при недостаточном их закреплении. Белорусским государственным университетом транспорта были проведены эксперименты по определению силы, необходимой для сдвига железнодорожных составов при разных погодных условиях. В некоторых случаях сила, необходимая для сдвига одного и того же состава при одинаковом количестве тормозных башмаков, отличалась в несколько раз.

Результаты исследований, выполненных на основе разработки аналитических и одномерных компьютерных моделей, не позволили объяснить причину значительного разброса значений сдвигающих сил. В программном комплексе MSC.ADAMS была разработана модель железнодорожного состава, включающего вагоны различного типа (хопперы, полувагоны и цистерны) с разным уровнем загрузки, соединенные упругими связями. Анализ влияния параметров модели на динамику железнодорожного состава при его сдвиге показал, что коэффициенты жесткости поглощающих аппаратов автосцепки, а также величины зазоров в межвагонных соединениях не оказывают значительного влияния на силу, необходимую для сдвига состава. Величины сдвиговых сил, определенные по результатам моделирования, в зависимости от типа разработанной модели и ее параметров могут иметь незначительные отклонения как в меньшую, так и в большую сторону по сравнению со значениями, установленными аналитическим расчетом [4].

Для определения причин появления значительных отличий сдвигающих сил выполнен анализ динамики сдвигаемого при малых скоростях подвижного состава в среде программного комплекса MSC.ADAMS, для чего разработана упрощенная модель железнодорожного вагона, в которой кузов взаимодействует с двумя тележками через цилиндрические шарниры. В работе [5] установлено, что поворот кузова вокруг вертикальной оси может приводить к значительному увеличению сил трения при значении коэффициента трения между колесами и рельсами, соответствующему малой влажности (коэффициент трения $f = 0,3$).

В данной работе выполнено моделирование сдвига вагона в случае разных погодных условий, при которых коэффициент трения может быть уменьшен до 0,1. При приложении силы, линия действия которой смещена в поперечном направлении по отношению к продольной оси вагона на 200 и 400 мм, были получены зависимости сдвигающей силы от значений коэффициента трения (рисунок 1). Установлено, что величина поперечного смещения линии действия сдвиговой силы практически не влияет на максимальное значение данной силы, при котором происходит остановка вагона после начала движения. При уменьшении коэффициента трения от 0,3 до 0,1 значение сдвигающей силы уменьшается в два раза.

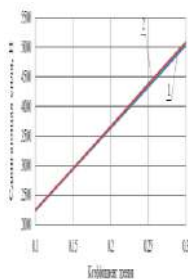


Рисунок 1 – Зависимость сдвигающей силы от величины коэффициента трения при смещении линии действия силы на 200 мм (кривая 1); на 400 мм (кривая 2).

Также выполнено моделирование сдвига сцепа из двух вагонов. Установлено, что у вагона, на который непосредственно действует сдвигающая сила, также наблюдается поворот кузова вокруг вертикальной оси. Второй вагон совершает движение, близкое к поступательному, поскольку угол отклонения его автосцепного устройства в поперечном направлении незначителен. Максимальная сдвиговая сила, при которой происходит остановка вагонов после начала движения, составила 12,6 кН. У первого вагона через 1 с после начала действия данной силы происходит резкое увеличение действующей на рельс поперечной силы от нуля до 280 кН, после чего она снижается и принимает постоянное значение 7,2 кН (рисунок 2). Для второго вагона такой эффект наблюдается через 0,5 с, при этом максимальное значение силы составило 350 кН, затем происходит ее уменьшение до 10,2 кН.

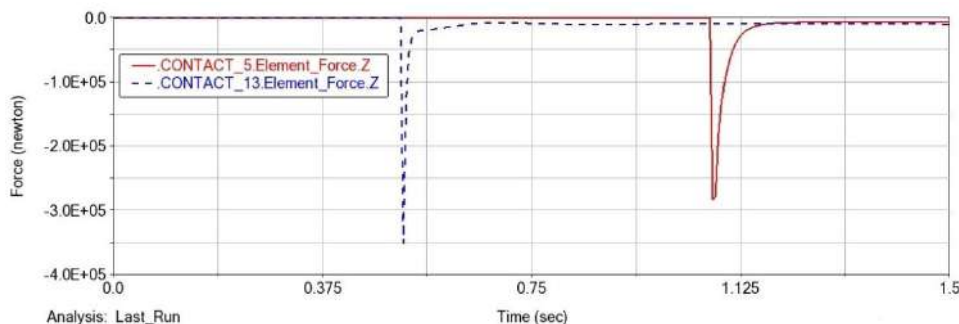


Рисунок 2 – Зависимость величины контактной силы от времени

Учитывая, что при расчетах использована упрощенная модель тележки, реальные значения величин сдвигающих сил могут несколько отличаться от полученных при моделировании, но качественно результаты не изменятся.

Таким образом, результаты моделирования для случая сдвига вагона при размещении его на заасфальтированных рельсах показали, что уменьшение максимальной сдвиговой силы не пропорционально уменьшению коэффициента трения. Приведенные расчеты подтверждают, что значительное увеличение сдвигающей силы связано с поворотом тележек вокруг вертикальной оси. Однако гарантированно обеспечить такой поворот сложно. Поэтому при совершенствовании норм закрепления подвижного состава следует рассматривать самый неблагоприятный случай, при котором центры масс вагонов и их тележек перемещаются вдоль оси железнодорожного пути.

Список литературы

- 1 Anti-Runaway Prevention System with Wireless Sensors for Intelligent Track Skates at Railway Stations / C. Jiang [et al.] // Sensors. – 2017. – Vol. 17, is. 12. – P. 29–55.
- 2 Improvement of accident prevention measures in cases of spontaneous derailment of railway rolling stock / A. Yusupov [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 365. – Article 05010. – 12 p.
- 3 Методические рекомендации по расчету норм закрепления подвижного состава тормозными башмаками на станционных путях станций Белорусской железной дороги. – Минск : Белорусская железная дорога, 2021. – 59 с.
- 4 Демьянчук, О. В. Анализ влияния параметров модели на динамику железнодорожного состава при его сдвиге / О. В. Демьянчук // Актуальные вопросы физики и техники : сб. материалов. XII Республ. науч. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, посвящ. 80-летию со дня рождения профессора Максименко Николая Васильевича (Гомель, 20 апреля 2023 г.). – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2023. – С. 179–182.
- 5 Демьянчук, О. В. Анализ динамики закрепленного на пути вагона с учетом поворота кузова вокруг вертикальной оси / О. В. Демьянчук, А. О. Шимановский // Механика. Исследования и инновации. – 2022. – Вып. 15. – С. 83–91.