

К.Ю. Факас¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НА ХАРАКТЕР ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В КРИВОМ УЧАСТКЕ ПУТИ

Аннотация. В статье рассматривается зависимость боковых поперечных сил, возникающих при движении подвижного состава в кривой радиусом 456 метров при разной величине скорости. Моделирование движения осуществляется в программе «Универсальный механизм».

Ключевые слова: подвижной состав, кривой участок, боковые силы, скорость.

К. Yu. Fakas¹

¹ Irkutsk state transport University, Irkutsk, the Russian Federation

EFFECT ON THE CHARACTER OF SPEED OF MOVEMENT OF ROLLING STOCK INTO THE CURVE SECTIONS OF TRACK

Abstract. The article discusses the dependence of the lateral transverse forces arising from the movement of rolling stock in a curve with a radius of 456 meters at different speeds. Motion simulation is carried out in the program «Universal Mechanism».

Keywords: rolling stock, curved section, lateral forces, speed.

Введение

Грузоперевозки являются основной деятельностью компании «РЖД» и для сохранения конкурентоспособности необходимо обеспечить быструю и безопасную доставку груза в любую точку страны. Грузонапряжённость и скорость играют большую роль в достижении поставленной цели, но с увеличением этих двух параметров, увеличиваются нагрузки на верхнее строение пути, особенно в кривых участках, что оказывает негативное влияние на безопасность движения. Цель данного исследования – изучить зависимость величины боковых поперечных сил, возникающих при движении подвижного состава в кривой с радиусом 456 м при величине скорости 50 км/ч, 60 км/ч и 70 км/ч.

Нагрузки, возникающие при движении подвижного состава в кривой

Железнодорожный путь представляет собой комплекс инженерных сооружений и устройств, расположенных в полосе отвода и предназначенных для осуществления движения поездов с установленными скоростями [1].

Верхнее строение пути – комплексная конструкция, которая включает в себя балластный слой, шпалы, рельсы и рельсовые скрепления, противоугоны, стрелочные переводы, мостовые и переводные брусья. Рельсы, соединенные со шпалами, образуют рельсошпальную (путевую) решетку. Верхнее строение пути служит для направления движения подвижного состава, восприятия силовых воздействий от его колес и передачи их на нижнее строение пути [2].

Во время движения подвижного состава по рельсам, в них возникают различные по направлению, значению и характеру силы. К основным относятся силы, которые передаются на рельс каждым колесом через небольшие площадки – участки контакта. Эти силы в зависимости от направления разделяются на горизонтальные поперечные, горизонтальные про-

дольные и вертикальные. Каждая из перечисленных сил в зависимости от множества переменных факторов (тип рельса, скорость движения подвижного состава, вид участка пути (прямой или кривой) и т.д.) – величина случайная, изменяющаяся в широком диапазоне [3, 4].

Во время движения подвижного состава в кривых участках пути возникают боковые поперечные силы, стремящиеся «вытолкнуть» его из рельсовой колеи. При увеличении скорости боковые силы возрастают. Следовательно, возрастает нагрузка на рельсы, увеличивается их износ и сокращается период их эксплуатации [5].

Чтобы тщательно изучить силы, возникающие при взаимодействии колеса и рельса во время движения подвижного состава в кривом участке, определить оптимальные параметры пути и скорость движения в кривой заданного радиуса, применяют современные методы моделирования.

В настоящее время существует множество программ, предназначенных для изучения взаимодействия колеса и рельса. В Брянском Государственном политехническом университете была разработана программа «Универсальный механизм», которая значительно облегчает процесс моделирования динамики движения подвижного состава. Программа ориентирована на инженеров-практиков, студентов и преподавателей вузов, всех, кто сталкивается с проблемами исследования динамического поведения машин и механизмов. [6]

Исходные данные

Рассмотрим движение вагона в кривом участке пути с радиусом $R=456$ м при разных величинах скорости (50 км/ч, 60 км/ч и 70 км/ч). Осовая нагрузка составляет 25 кН/ось.

В программе UM Simulation создаём модель грузового вагона.

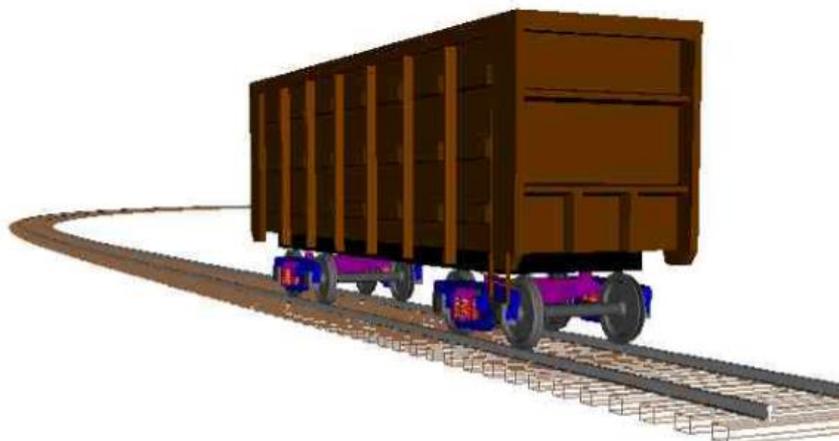


Рис. 1. Модель грузового вагона

Моделируем движение вагона в кривой $R=456$ м, время моделирования 30 с. Возвышение наружного рельса рассчитываем по формуле (1):

$$h=12,5 \times \frac{v_{\text{cp}}^2}{R}, \quad (1)$$

где h – возвышение наружного рельса, мм;

v_{cp}^2 – средневзвешенная квадратическая скорость движения поезда, км/ч;

R – радиус кривой, м.

Длины переходных кривых рассчитываем по формуле (2):

$$l = \frac{h}{i}, \quad (2)$$

где l – длина переходной кривой, м;

h – возвышение наружного рельса, мм;

i – максимальный уклон отвода возвышения, мм/м

Полученные расчётом данные сводим в таблицу 1.

Табл. 1. Задаваемые параметры

Скорость, км/ч	Скорость, м/с	Максимальный уклон отвода возвышения i , мм/м	Расчётное возвышение наружного рельса, мм	Длина переходной кривой, м
50	14	3,0	70	23
60	17	2,7	100	37
70	19	2,3	135	58

Направление сил при движении подвижного состава в кривом и прямом участках пути показано на рисунке 2а и 2б соответственно.

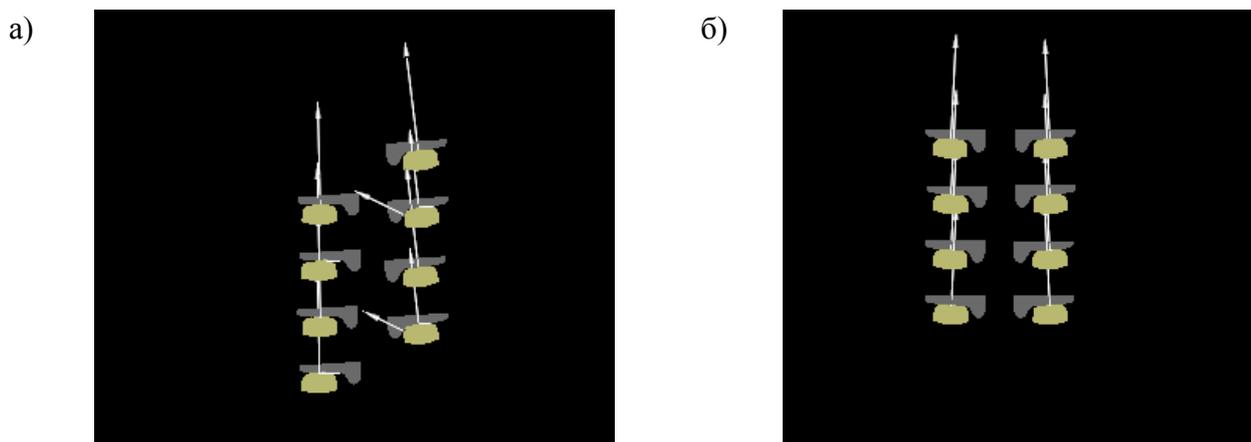


Рис. 2. а) Направление сил при движении подвижного состава в кривом участке пути; б) Направление сил при движении подвижного состава в прямом участке пути

После окончания моделирования получаем график изменения боковых сил, на котором видно, как меняется их величина во время движения подвижного состава по прямому участку, по переходной и круговой кривым (рисунок 3).

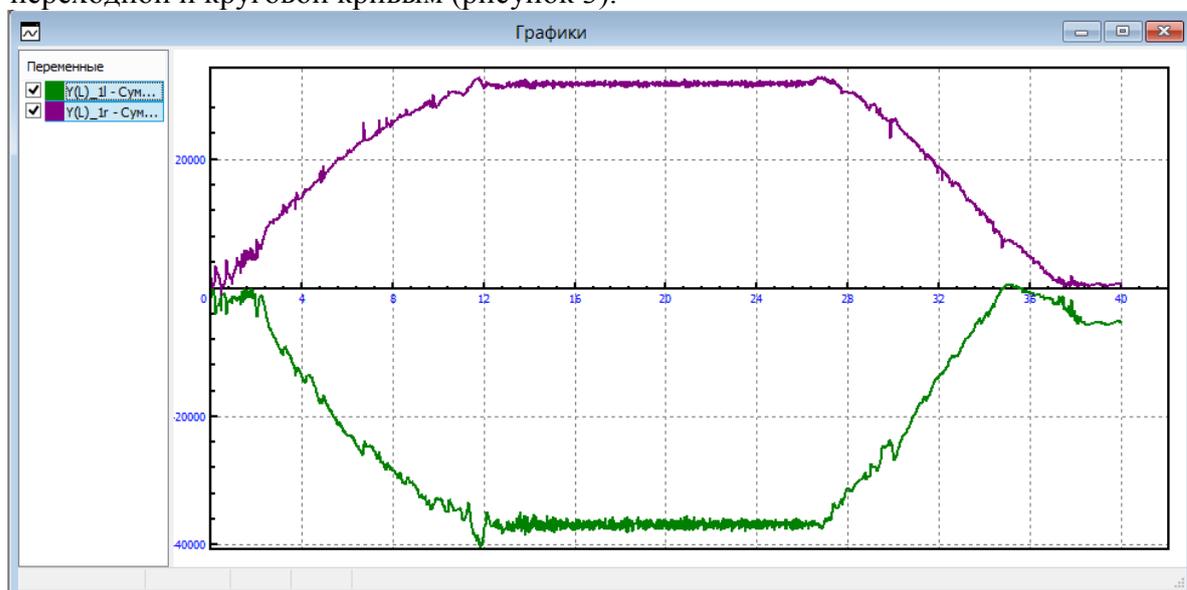


Рис. 3. График изменения боковых сил

После моделирования переносим данный график в Microsoft Excel Worksheet и находим максимальные значения боковых поперечных сил. По полученным данным строим итоговые графики изменения величины силы в зависимости от скорости (рисунки 4 и 5).

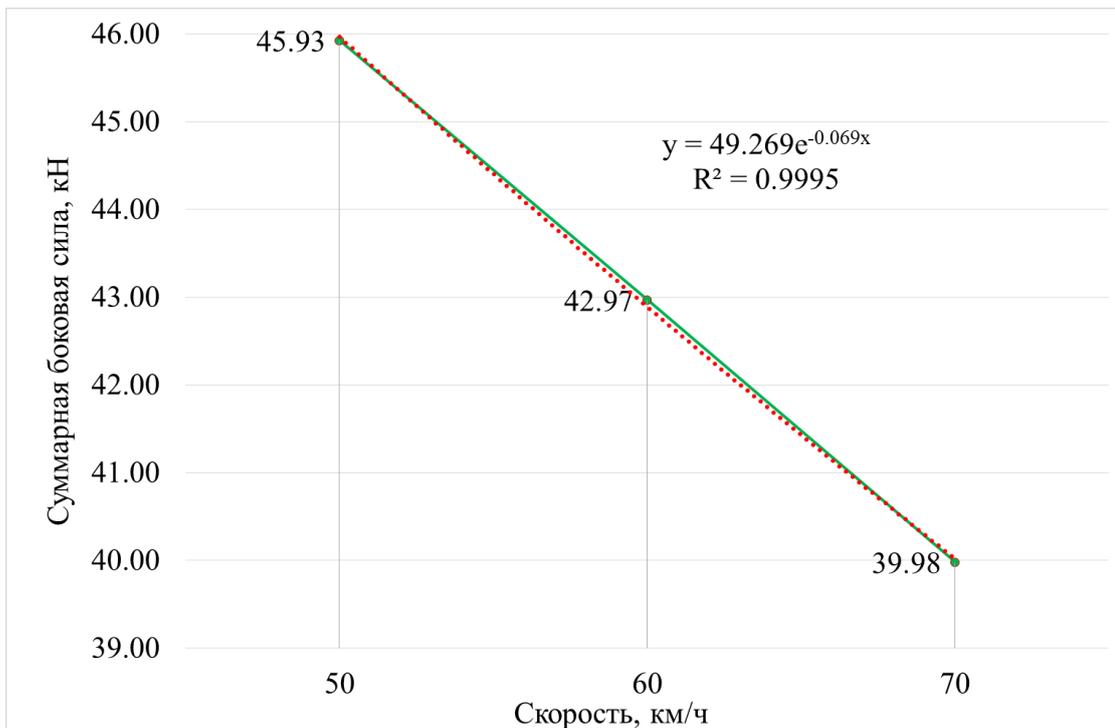


Рис. 4. Максимальное значение боковой поперечной силы у левого колеса (наружная рельсовая нить), пунктиром показана линия тренда

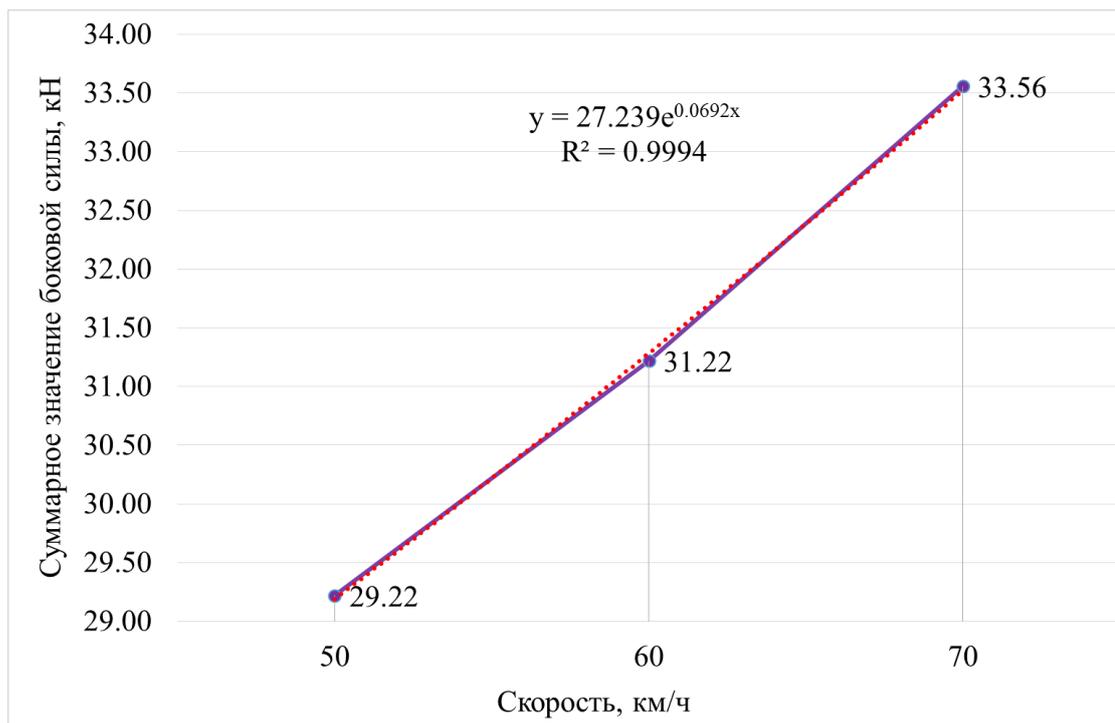


Рис. 5. Максимальное значение боковой поперечной силы у правого колеса (внутренняя рельсовая нить), пунктиром показана линия тренда

Заключение

1. Из графиков видно, что для проезда подвижного состава по кривой с радиусом 456 м, оптимальной скоростью движения является 70 км/ч, поскольку различие между величинами боковых сил на правой и левой рельсовой нити мало и составляет 6,42 кН, то есть при такой скорости нагрузки на рельсовые нити передаются равномерно.

2. При соответствии скорости возвышению наружного рельса поперечные силы на внутреннюю нить не воздействуют, а воздействует только сила тяжести, в то время как на наружную нить действуют сила тяжести и центробежная сила.

3. Длина переходной кривой, равная 58 м при скорости 70 км/ч обеспечивает плавное вписывание экипажа в круговую кривую, снижая риск возникновения ударов и толчков колёс о наружный рельс.

4. При скорости 70 км/ч обеспечивается плавность движения подвижного состава во время проезда по заданной кривой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути [Текст] / ОАО «РЖД»; утверждена 14.11.2016 г. № 2288р; введена в действие 14.11.2016 г.;

2. О железных дорогах России и Советского Союза [Электронный ресурс] URL: <http://www.1520mm.ru/track/upper.phtml>; дата обращения 04.11.2018г.

3. Расчёты и проектирование железнодорожного пути : Учебное пособие для студентов вузов ж.-д. трансп. [Текст] / В.В. Виноградов [и др.] ; Под ред. В.В. Виноградова и А.М. Никонова. – М. : маршрут, 2003. – 486с.

4. Бесстыковой путь. Устройство, техническое обслуживание, ремонт : учеб. пособие / Под ред. З.Л. Крейниса. – 2-е изд., перераб. и доп.– М. : ФГБОУ «Учебно-методологический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. – 472 с.

5. Подвербный, В.А. Технология механизированного содержания горно-перевального участка Слюдянской дистанции пути [Текст] / В.А. Подвербный, Д.А. Ковенькин, Р.С. Купко, О.В. Хаюк, // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск: Изд-во ИрГУПС. – 2014. – № 1 (41). – 186–192 с.

6. Официальный сайт «Универсальный механизм – программное обеспечение для моделирования динамики механических систем» URL: <http://www.umlab.ru/pages/index.php?id=1#>; дата обращения 04.11.2018г.

REFERENCES

1. Instruction on the current maintenance of the railway [Text] / Russian Railways; approved on 11/14/2016, number 2288r; Enacted 11.11.2016.

2. On the railways of Russia and the Soviet Union [Electronic resource] URL: <http://www.1520mm.ru/track/upper.phtml>; application date 04.11.2018.

3. Calculations and design of a railway track: A manual for students of universities. trans. [Text] / V.V. Vinogradov [et al.]; Ed. V.V. Vinogradov and A.M. Nikonova. - M.: route, 2003. – 486p .

4. A continuous path. Device, maintenance, repair: studies. manual / Ed. Z.L. Kranis. - 2nd ed., Pererab. and additional. - M.: FSBEI "Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport", 2012. - 472 p.

5. Podverbnyj V. A. The roadway machines using maintenance technology of the mountain pass district of Slyudyanka track division [Text] / Podverbnyj V. A., D. A. Kovenkin, R. S. Kupko, O. V. Hayuk, // Modern technologies. System analysis. Modeling. – Irkutsk: publishing house of the Irkutsk state transport University. - 2014. - № 1 (41). - 186-192 p.

6. Official site "Universal Mechanism - software for modeling the dynamics of mechanical systems" URL: <http://www.umlab.ru/pages/index.php?id=1#>; application date 04.11.2018.

Информация об авторе

Факас Ксения Юрьевна – студентка пятого курса факультета «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: ksenyafakas95@gmail.com.

Author

Fakas Ksenia Yurievna - fifth-year student of the faculty "Construction of Railways, Bridges and Transport Tunnels" of the Irkutsk state transport University, Irkutsk, e-mail: ksenyafakas95@gmail.com.

Для цитирования

Факас К.Ю. Влияние скорости на характер движения подвижного состава в кривом участке пути [Электронный ресурс] / К. Ю. Факас // «Молодая наука Сибири»: электрон. науч. журн. – 2019. – №3. – Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/02-2019>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения 19.02.2019)

For quoting

Fakas. K. Yu. Effect on the character of speed of movement of rolling stock into the curve sections of track [Electronic resource] / K K. Yu. Fakas // “Young Science of Siberia”: electron. scientific journals - 2019. - № 3.-Access mode: <http://mnv.irgups.ru/toma/02-2019>, free. - Title from the screen. - Yaz. rus (the date of circulation 19.02.2019)