

И. И. Крюкова¹, Н. В. Меньшикова¹, В. А. Скумс¹

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

ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА КОЛЕСА ВАГОНА ПО КРУГУ КАТАНИЯ НА ХАРАКТЕР ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В КРИВОМ УЧАСТКЕ ПУТИ

Аннотация. В данной статье представлен расчет влияния износа колеса вагона по кругу катания на характер движения подвижного состава в кривом участке пути. Отмечены отличия между значениями максимальных вертикальных сил при изменении круга катания колеса, получаемых экспериментально в программе «Универсальный механизм». Отражена нелинейная зависимость амплитуды максимальных вертикальных сил от износа колеса. Результат позволяет получить более достоверные данные о взаимодействии системы «колесо-рельс» при движении вагона в пределах переходной кривой и имеет важное прикладное значение при изучении взаимодействия пути и подвижного состава.

Ключевые слова: максимальные вертикальные силы, переходная кривая, круг катания, характер движения подвижного состава

I.I. Kryukova¹, N.V. Menshikova¹, V.A. Skums¹

¹Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

INFLUENCE OF WEAR OF THE WAGON WHEEL ON THE ROAD CIRCLE ON THE CHARACTER OF MOTION OF THE ROLLING STOCK IN THE CURVE PLOT OF THE ROAD

Abstract. This article presents a calculation of the effect of the wear of a car's wheel in a driving circle on the nature of the movement of rolling stock in a curved section of the track. Differences between the values of the maximum vertical forces when changing the wheel rolling circle obtained experimentally in the "Universal Mechanism" program are noted. The nonlinear dependence of the amplitude of the maximum vertical forces on the wear of the wheel is reflected. This result allows us to obtain more reliable data on the interaction of the wheel-rail system during the movement of the car within the transition curve and is of great applied value in the study of the interaction of the track and rolling stock.

Keywords: maximum vertical forces, transition curve, skating circle, nature of the movement of the rolling stock

Введение

Безопасность следования поездов, бесперебойность и рентабельность работы железнодорожного транспорта существенно зависят от исправности подвижного состава и состояния пути.

Основная задача исследования динамических процессов в системе «вагон-путь» заключается в том, чтобы определить оптимальные значения и параметры этой системы, при которых снижаются колебания и динамические силы, отрицательно влияющие на конструкцию подвижного состава и пути [1].

В статье представлен расчет влияния неисправностей износа колеса вагона по кругу катания на характер движения подвижного состава в кривом участке пути.

Вертикальные динамические силы, возникающие при движении подвижного состава, в основном определяются вертикальными силами инерции необбесоренных масс, так как в большинстве случаев они являются наибольшей составляющей динамического воздействия на рельс [2]. Одной из причин их возникновения могут быть колебания колес, которые вызваны неровностями пути и колес, а также извилистым движением колесных пар [3].

В ходе работы проводились расчеты для определения характера действия максимальных вертикальных сил с учетом неисправности колесной пары при движении в пределах переходной кривой.

Анализ проводился по результатам моделирования в программном комплексе «Универсальный механизм» (UM). Комплекс предназначен для моделирования динамики и кинематики плоских и пространственных механических систем. Состоит из двух автономных программ:

- uminput – программное описание структуры и параметров модели;
- umsimulation – программа численного анализа уравнения движения [4].

Исходные данные

Для моделирования был выбран грузовой вагон, который движется со скоростью 72 км/ч в кривом участке пути радиусом $R=1500$ м. Возвышение наружного рельса при данных параметрах с учетом рекомендуемого уклона отвода равно 45 мм. Переходные кривые имеют длину по 30 м каждая, нагрузка на ось для подвижного состава принималась 25 т/ось.

Расчет проводится в три этапа. На первом этапе вагон моделировалось движение вагона по кривому участку пути при исправном состоянии пути и колес. На втором этапе задана неисправность левого колеса подвижного состава в виде износа по кругу катания на 4 мм. На третьем этапе принимается круг катания левого колеса с износом 8 мм. Схематичный профиль колеса с изношенным кругом катания представлен на рисунке 1. Значению h в случае 1 соответствует профилю колеса с изношенным кругом катания, в случае 2 – с нормативным кругом катания.

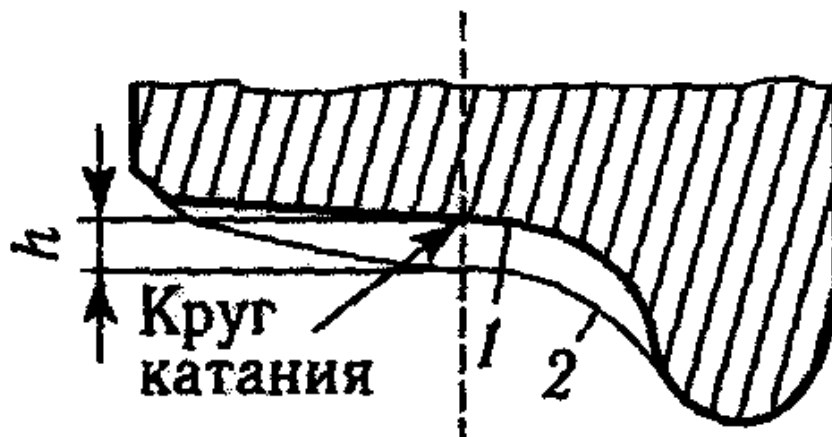


Рис.1. Профиль колеса

Стоит отметить, что при моделировании рассматривается движение подвижного состава по переходной кривой, а также характер изменения максимальных вертикальных сил.

Результаты компьютерного моделирования

В программе «Универсальный механизм» моделируем ситуацию прохода подвижного состава в кривой, считаем колесную пару исправной. График зависимости возникновения вертикальных динамических сил от колеса на рельс при нормативном круге катания представлен на рисунке 2.

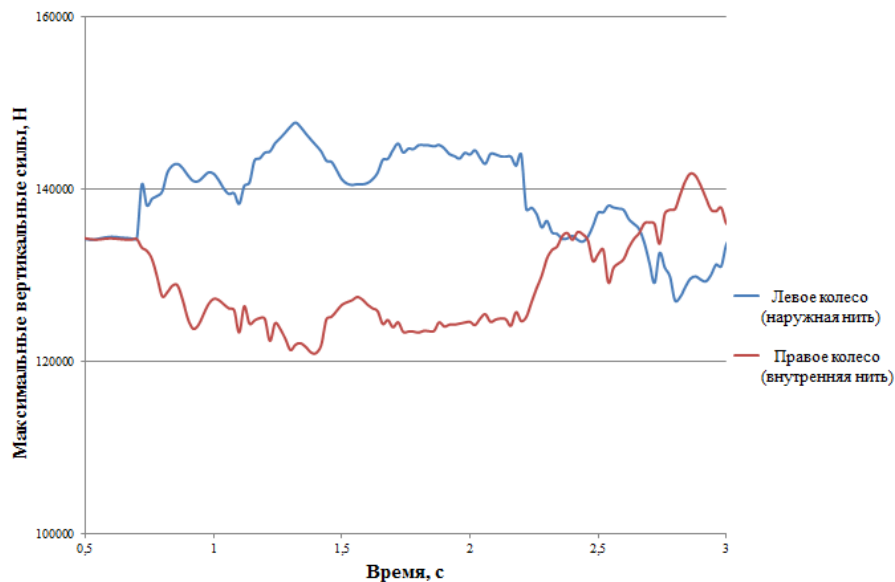


Рис.2. График зависимости возникновения вертикальных динамических сил от колеса на рельс при нормативном круге катания

На графике максимальная вертикальная сила на левом колесе возникает 1.3 секунде, а на правом колесе на 1.6 секунде. В целом можно сказать, что характер движения подвижного состава весьма равномерный. Амплитуда колебаний и изменения вертикальных нагрузок от колеса на рельс незначительна. Значения максимальных сил, полученных в ходе моделирования, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Значения максимальных вертикальных сил

Максимальная вертикальная сила, кН	
По наружной рельсовой нити	По внутренней рельсовой нити
147,68	127,44

Далее моделируем ситуацию при изношенном круге катания колеса подвижного состава на 4 мм. Неисправность закладывалась на колесе, движение которого осуществлялось по наружной рельсовой нити.

График зависимости возникновения вертикальных динамических сил от колеса на рельс при изношенном круге катания на 4 мм представлен на рисунке 3.

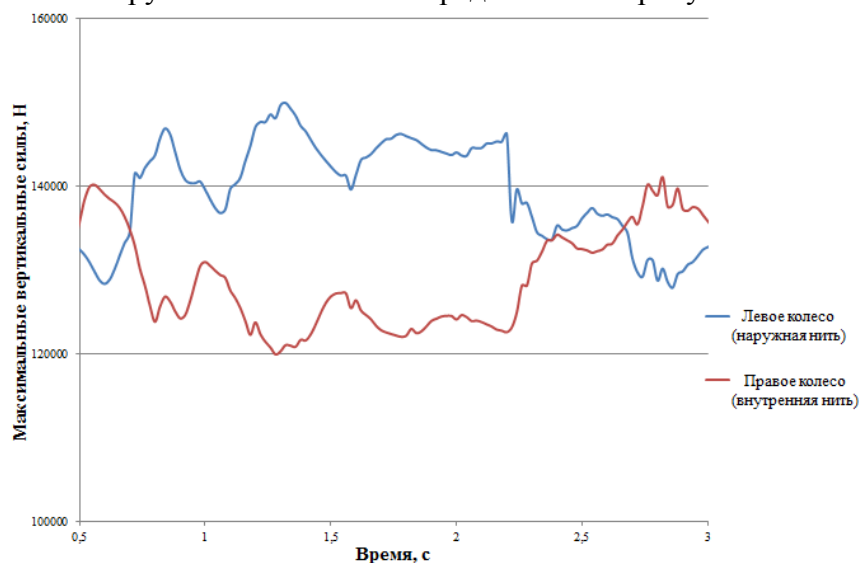


Рис.3. График зависимости возникновения вертикальных динамических сил от колеса на рельс при уменьшении круга катания на 4 мм

Результаты расчетов, представленные на графике, отображают небольшое отличие значений максимальной вертикальной силы от исходного варианта. Возникновение максимальных нагрузок замечено в те же промежутки времени: на левом колесе на 1.3 секунде, а на правом колесе на 1.0 секунде. В целом можно сказать, что характер движения подвижного состава немного изменился. Появились небольшие поперечные колебания подвижного состава. Амплитуда колебаний и изменения вертикальных нагрузок от колеса на рельс несколько увеличилась. Результаты, полученные в ходе моделирования, приведены в таблице 2.

Таблица 2. Значения максимальных вертикальных сил

Максимальная вертикальная сила, кН	
По наружной рельсовой нити	По внутренней рельсовой нити
149,94	130,97

Следующим шагом моделируем ситуацию при изношенном круге катания колеса подвижного состава на 8 мм. Также как и в предыдущем случае, неисправность закладывалась на колесе, движение которого осуществлялось по наружной рельсовой нити.

График зависимости возникновения вертикальных динамических сил от колеса на рельс представлен на рисунке 4.

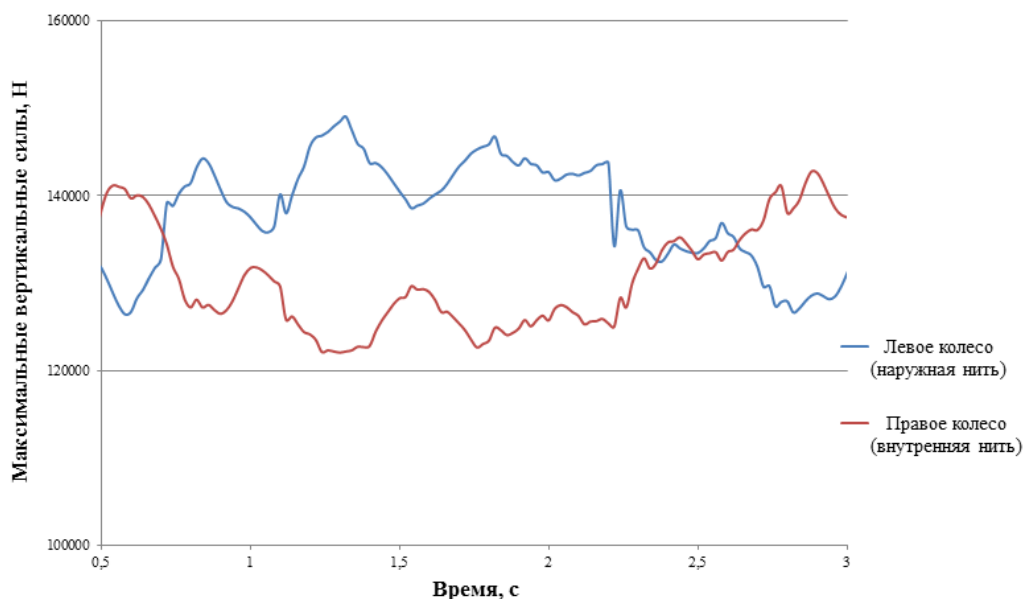


Рис.4. График зависимости возникновения вертикальных динамических сил от колеса на рельс при уменьшении круга катания на 8 мм

Результаты расчетов, представленные на графике, показали, что характер движения подвижного состава практически не изменился по сравнению с предыдущим случаем. Также наблюдаются небольшие поперечные колебания подвижного состава. Результаты, полученные в ходе моделирования, приведены в таблице 3.

Таблица 3. Значения максимальных вертикальных сил

Максимальная вертикальная сила, кН	
По наружной рельсовой нити	По внутренней рельсовой нити
149,02	131,80

Результаты компьютерного исследования характера движения подвижного состава с учетом неисправностей отдельных элементов его ходовых частей, были обобщены и представлены на рисунке 5.

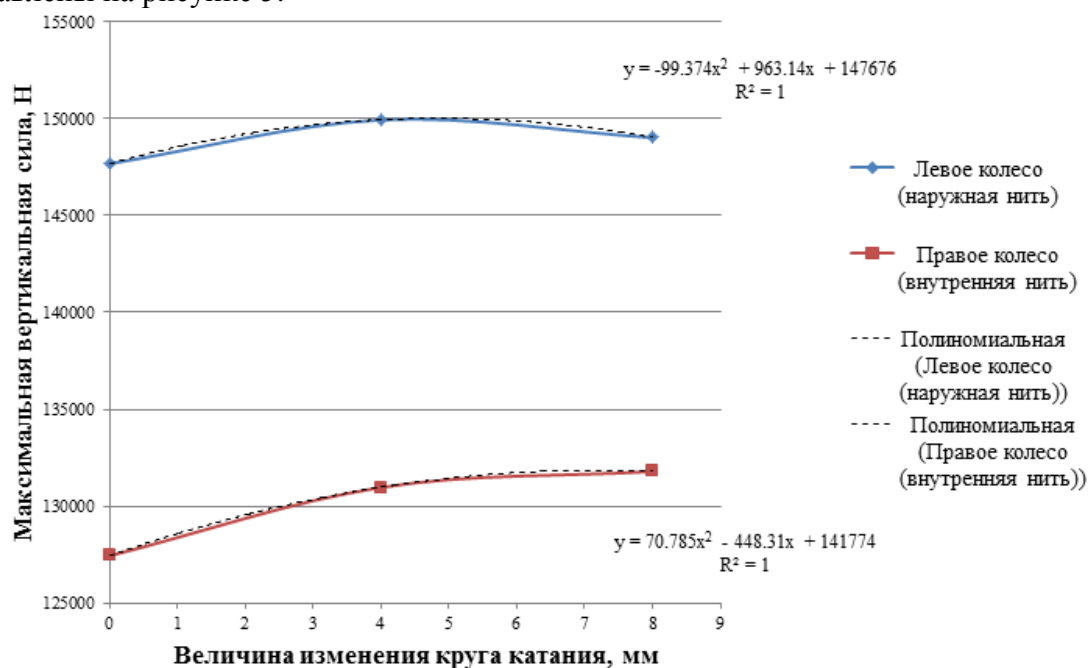


Рис.5. График значений максимальных вертикальных сил с учетом износа колесных пар

Из результатов расчета, представленных на итоговом графике можно сделать некоторые выводы о характере движения подвижного состава и влиянии его на железнодорожный путь. Изменение амплитуды колебаний подвижного состава в данном случае вызвано неравномерным кругом катания колес одной колесной пары. В свою очередь неравномерный круг катания приводит, как правило, к проскальзыванию колес, что в свою очередь вызывает неравномерный износ рельсов. Сама колесная пара находится в условиях, к которым можно отнести высокие нагрузки, действующие на нее в точке контакта колесо-рельс, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении [5].

Заключение

В результате моделирования была определена нелинейная зависимость действия максимальных вертикальных сил при неисправности колеса, а именно износа круга катания на 4 мм и 8 мм. Наблюдая за правым колесом, движущимся по внутренней нити, четко прослеживается возрастание вертикальной силы при уменьшении круга катания колеса. Что касается левого колеса, изменение значений вертикальных сил имеет скачкообразную зависимость с максимальным значением при 4 мм. На колесо воздействует множество сил, оно движется в пределах переходной кривой, все это может быть причиной скачков в значениях вертикальных сил из-за влияния, а вследствие, неравномерных ударов колеса о боковую поверхность головки рельса. Очевидно, что это приводит к возрастанию износа и к снижению срока службы, как элементов железнодорожного пути, так и элементов подвижного состава.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковенькин, Д. А. Влияние вертикальных неровностей путевой структуры на характер движения подвижного состава [Текст] / Д.А. Ковенькин. – Наука и образование транспорту : материалы X Международной научно-практической конференции (2017, Самара). Международная научно-практическая конференция «Наука и образование транспорту», 2017 г. Том 2 / редкол.: Д.В. Железнов [и др]. – Самара : СамГУПС, 2017. – 100 – 102 с.
2. Фришман, М.А. Как работает путь под поездами: учебник для вузов [Текст] / М.А. Фришман. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1975. – 176 с.
3. Романова, О.В. Взаимодействие пути и подвижного состава [Текст] / О.В. Романова, В.Н. Боботкова – Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум», Курган: КИЖТ УрГУПС, 2017. – 27 с.
4. Ковенькин, Д. А. Применение компьютерных технологий для моделирования конструкций железнодорожного пути: курс лекций [Текст] / Д. А. Ковенькин. – Иркутск: ИрГУПС, 2017. – 112 с.
5. Филиппов, В.Н. Общее устройство колесных пар и их неисправности, угрожающие безопасности движения [Текст] / В.Н. Филиппов, И.В. Козлов, Т.Г. Курыкина, Я.Д. Подлесников. – Учебно-методическое пособие. – М.: РУТ (МИИТ), 2017. – 52 с.

PREFERENCE

1. Kovenkin, D. A. Influence of vertical irregularities of the track structure on the nature of movement of rolling stock [Text] / D.A. Covenkin. - Science and education in transport: materials of the X International Scientific and Practical Conference (2017, Samara). International Scientific and Practical Conference "Science and Education for Transport", 2017 Volume 2 / Editorial.: D.V. Zheleznov [et al.]. - Samara: SamGUPS, 2017. – 100 – 102 с.
2. Frischman, M.A. How the way under the trains works a textbook for high schools [Text] / M.A. Frishman. - 3rd ed., Revised. and add. - M.: Transport, 1975. – 176 p.
3. Romanova, O. V. The interaction of the track and rolling stock [Text] / O.V. Romanova, V.N. Bobotkova - Materials of the X International Student Scientific Conference “Student Scientific Forum”, Kurgan: KIZhT UrGUPS, 2017. – 27 p.
4. Covenkin. D. A. Application of computer technologies for modeling railway track structures: lecture course [Text] / D. A. Kovenkin. - Irkutsk: IrGUPS, 2017. – 112 p.
5. Filippov, V.N. The general arrangement of wheelsets and their malfunctions that threaten traffic safety [Text] / V.N. Filippov, I.V. Kozlov, T.G. Kurykina, Y.D. Undergrowth. - Teaching aid. - M.: RUT (MIIT), 2017. – 52 p.

Информация об авторах

¹Крюкова Ирина Игоревна - студент группы СЖД.2-15-1, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: ira.kryukova.97@mail.ru

¹Меньшикова Нина Владимировна - студент группы СЖД.2-15-1, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Pavla6698@mail.ru

¹Скумс Вероника Алексеевна - студент группы СЖД.2-15-1, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: skums.nika@yandex.ru

Authors

¹Kryukova Irina Igorevna - student of the group SZD.2-15-1, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: ira.kryukova.97@mail.ru

¹Menshikova Nina Vladimirovna - student of the group SZD.2-15-1, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Pavla6698@mail.ru

¹Skums Veronika Alekseevna - student of the group SZD.2-15-1, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: skums.nika@yandex.ru

Для цитирования

Крюкова И.И. Влияние износа колеса вагона по кругу катания на характер движения подвижного состава в кривом участке пути [Электронный ресурс] / И.И. Крюкова, Н.В. Меньшикова, В.А. Скумс // «Молодая наука Сибири»: электрон. науч. журн. – 2020. – № 7. – Режим доступа: <http://mnv.irkups.ru/toma/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения 06.02.2020)

For quoting

Kryukova I.I. The influence of the wear of the wagon wheel in the driving circle on the nature of the movement of rolling stock in the curved section of the track [Electronic resource] / I.I. Kryukova, N.V. Menshikova, V.A. Skums // "Young science of Siberia": electron. scientific journal – 2020. – № 7. – Access mode: <http://mnv.irkups.ru/toma/>, free. – Zagl. from the screen. – Yaz. Russian, English (date of the application 06.02.2020)