

Н.В. Ефанова¹, Е.Е. Воробьева¹

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИИ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ В ПЛАНЕ НА ХАРАКТЕР ДЕЙСТВИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СИЛ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

***Аннотация.** В данной статье представлен расчет влияния неисправностей геометрии рельсовой колеи в плане на характер действия вертикальных сил при движении подвижного состава. Проанализированы характерные особенности движения вагона в зависимости от заданных величин неисправности пути. Выявлена и обоснована зависимость возрастания значения вертикальных сил от увеличения степени отклонения рельсовой колеи в плане. Компьютерное моделирование и расчет проводились в программном комплексе «Универсальный механизм».*

***Ключевые слова:** неисправности рельсовой колеи в плане, характер действия вертикальных сил, компьютерное моделирование, универсальный механизм.*

N. V. Efanova¹, E. E. Vorobyva¹

¹Irkutsk state transport University, Irkutsk, the Russian Federation

INFLUENCE OF THE FAILURE OF THE GEOMETRY OF THE RAIL TRACK IN THE PLAN ON THE NATURE OF THE ACTION OF THE VERTICAL FORCES WHEN THE MOVEMENT OF THE RAILWAY ROLLING STOCK

***Abstract.** This article presents a calculation of the effect of faults in the track gauge geometry in terms of the nature of the action of vertical forces when rolling stock moves. Analyzed the characteristic features of the movement of the railway carriage, depending on the specified values of the path malfunction. The dependence of the increase in the magnitude of the vertical forces on the increase in the degree of deviation of the rail track in the plan is revealed and substantiated. Computer simulation and calculation was carried out in the software package "Universal Mechanism"*

***Keywords:** the nature of the action of vertical forces, computer modelling, universal mechanism.*

Введение

Взаимодействие пути и подвижного состава является основополагающим физическим процессом при движении вагонов, локомотивов и поездов по железным дорогам, так как во многом определяет такие важнейшие показатели, как ширина колеи, нагрузка на ось, статическая нагрузка вагонов, масса и скорость движения составов, а также безопасность движения поездов.

На путь передается сложное силовое воздействие от колес подвижного состава, которое можно разложить на вертикальные и горизонтальные (поперечные и продольные) составляющие: вертикальное давление, которое вызывает осадку пути и изгиб рельсов; боковое давление, стремящееся сдвинуть путь в сторону, и продольные силы, являющиеся основной причиной угона (продольного смещения) рельсошпальной решетки [1].

В данной статье представлен расчет влияния неисправностей геометрии рельсовой колеи в плане на характер действия вертикальных сил при движении подвижного состава.

Вертикальные силы, передаваемые колесами экипажа рельсами при стоянке, называются статической нагрузкой.

К основным силам относят:

- весовую часть экипажа (кН/ось, кН/колесо);
- силы, передаваемые рессорным подвешиванием колесам при колебании обрессоренных масс;
- силы инерции необрессоренных масс, вызванные их колебаниями на упругом пути из-за наличия неровностей пути и колес;
- вертикальные силы, возникающие в связи с возвышением наружного рельса в кривых и действием на колесную пару горизонтальных поперечных сил.

Вертикальные динамические силы в основном определяются вертикальными силами инерции необрессоренных 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 и извилистым движением колесных пар [3].

В данной статье для того, чтобы определить характер действия вертикальных сил при неисправностях рельсовой колеи были заданы следующие параметры неисправностей: путь без отступлений в плане, путь с отступлениями I, II, III, IV степени при скорости движения вагона 72 км/час.

К I степени относятся отступления, не требующие работ по их устранению. Это допуски при данной установленной скорости движения.

Ко II степени относятся отступления, также не требующие уменьшения установленной скорости движения поездов, но оказывающие влияние на плавность движения и интенсивность расстройств пути.

К III степени относятся отступления, которые при не устранении их после обнаружения могут перерасти в отступления, вызывающие уменьшение установленной скорости движения поездов.

К IV степени относятся отступления, которые могут привести к сходу подвижного состава, поэтому при обнаружении отступлений IV степени скорость уменьшается и даже, в отдельных случаях, закрывается движение поездов [4].

Анализ проводился по результатам моделирования программного комплекса «Универсальный механизм» (УМ). Этот комплекс предназначен для автоматизации процесса исследования механических объектов, которые могут быть представлены системой абсолютно твердых или упругих тел, связанных между собой посредством кинематических или силовых связей. Состоит из двух автономных программ:

- `uminput` – программное описание структуры и параметров модели;
- `umsimulation` – программа численного анализа уравнения движения [5].

Исходные данные

При моделировании выбран порожний вагон с трёхэлементными тележками модели, представленный на рисунке 1.

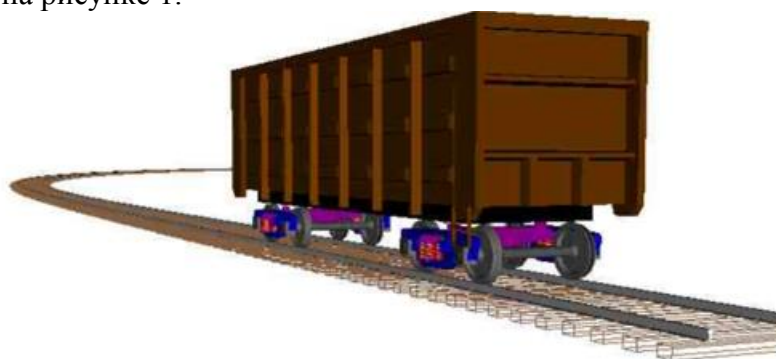


Рис. 1 – Модель грузового вагона

Для моделирования динамики рельсового экипажа, были заданы следующие данные: участок пути длиной 190 м, план пути – кривая, радиус кривой равен 600 м, длина переходных кривых 60 м, возвышение наружного рельса – 110 мм, нагрузка на ось 25 т/ось, скорость движения вагона 72 км/час.

Расчет проводился в 5 этапов моделирования. На первом этапе движение вагона моделировалось по кривой без отклонений. На втором этапе задана неисправность в плане величиной 10 мм, которая расположена в середине переходной кривой на 50-ом м пути. На следующем этапе отклонение увеличено до II степени отступления, величиной 25 мм. На четвертом этапе задано отступление III степени. На последнем этапе моделировалась ситуация прохода вагона по пути с неисправностью в плане величиной 45 мм. Длина волны неисправности принята постоянной величиной равной 20 м. Стоит отметить, что при моделировании изучается характер изменения вертикальных сил при задании неисправности пути по отдельности, а не в их сочетании.

Результаты компьютерного моделирования

В результате моделирования была определена зависимость вертикальных нагрузок, возникающих при проходе подвижного состава по участку с наличием неисправностей в виде отступлений различных степеней и без отступлений. Данная зависимость представлена на рисунке 2.

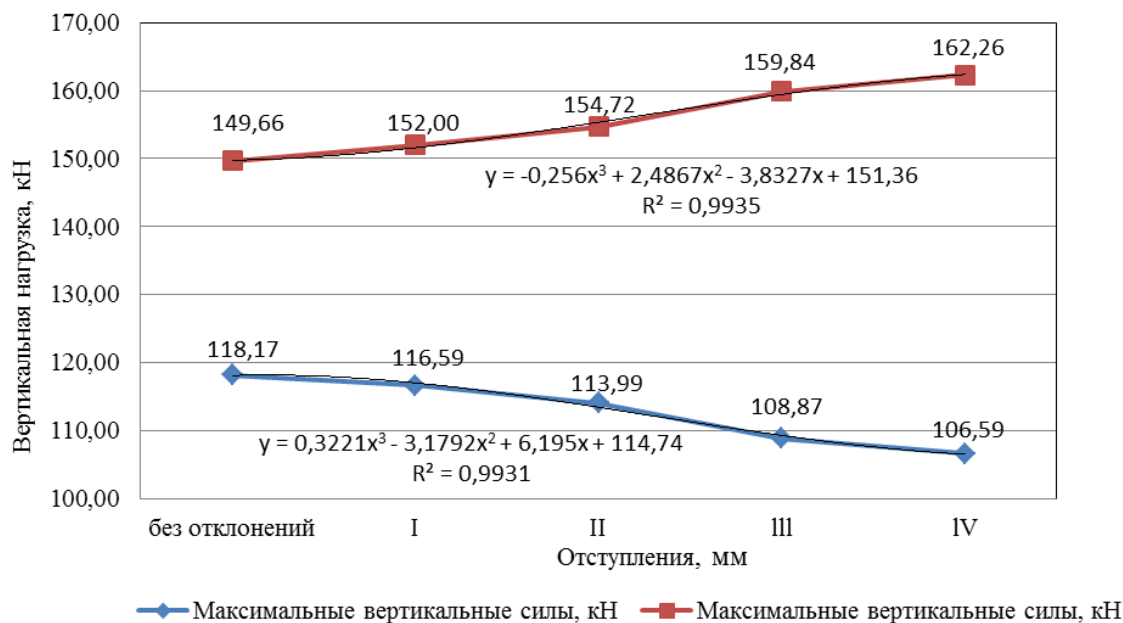


Рис. 2 – График зависимости вертикальных нагрузок, возникающих при проходе подвижного состава по участку с наличием неисправностей в виде отступлений различных степеней и без отступлений

При проходе переходной кривой плавно возрастают вертикальные нагрузки, так как путь не имеет неисправностей. Максимальная величина вертикальной нагрузки не превышает 150 кН. При I степени отступления колесная пара при вписывании в кривую и прохождении неисправности в 10 мм испытывает небольшое возрастание вертикальной нагрузки. Далее можно наблюдать возрастание вертикальных нагрузок при увеличении степени отступления в плане.

Заключение

В результате моделирования и, исходя полученных зависимостей, можно сделать вывод о том, что существует нелинейная зависимость возрастания вертикальных сил и величиной отступления. Выведены уравнения зависимости вертикальных сил от различных степеней

отступления. Наибольшее воздействие на вертикальные нагрузки оказывает отступление величиной 45 мм. Соответственно минимальные же нагрузки возникают в случае, когда путь исправен или имеет I степень отступления.

Так же данные показатели обусловлены характером вписывания подвижного состава в кривой участок пути, так как неисправность в данном расчете расположена в середине переходной кривой, где возрастает радиус и возвышение, подвижной состав является более восприимчивым к неисправностям рельсовой колеи в плане. Далее, при движении подвижного состава по круговой кривой происходит угасание вертикальных сил. Связано это со снижением колебаний состава и стабилизацией его движения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь / Г.М. Шахунянц. – М.: Транспорт, 1987. – 479 с.
2. Фришман М.А. Как работает путь под поездами: учебник для вузов / М.А.Фришман. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1975. – 176 с.
3. Романова О.В., Боботкова В.Н. Взаимодействие пути и подвижного состава [Текст] / О.В. Романова, В.Н. Боботкова – Курган: КИЖТ УрГУПС, 2017. – 27 с.
4. Инструкция по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона ЦНИИ-2 и мерам по обеспечению безопасности движения поездов ЦП-515 [Текст]: утв. МПС России 14 окт. 1997. с изм. и доп. утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 21 янв. 2008 № 69р.
5. Ковенькин. Д. А. Применение компьютерных технологий для моделирования конструкций железнодорожного пути: курс лекций [Текст] / Д. А. Ковенькин. – Иркутск: ИрГУПС, 2017. – 112 с.

PREFERENCE

1. Shakhunyants G.M. Railway track / G.M. Shahunyants. - M. : Transport, 1987. - 479 p.
2. Frishman, MA How the path works under the trains: a textbook for universities / MA Frishman. - 3rd ed., Pererab. and add. - M. : Transport, 1975. - 176 p.
3. Romanova OV, Bobotkova V.N. The interaction of the track and rolling stock [Text] / O.V. Romanova, V.N. Bobotkova - Kurgan: CITT USURT, 2017. - 27 p
4. Instruksiya po rasshifrovke lent i otsenke sostoyaniya rel'sovoi kolei po pokazaniyam puteizmeritel'nogo vagona TsNII-2 i meram po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya poezdov TsP-51 5[Text]: utv. MPS Rossii 14 okt. 1997.: s izm. i dop. utv. rasporyazheniem ОАО «RZhD» ot 21 yanv. 2008 No. 69r. [Instructions for decoding the tapes and assessing the condition of the track gauge according to the indications of the CNII-2 track-measuring car and the measures to ensure the safety of the train traffic. CP-515: appr. by the Ministry of Railways of Russia on October 14, 1997.: with amend. and additional. appr. by the Order of JSC «Russian Railways» from January 21, 2008 No. 69r].
5. Kovenkin. D. A. The use of computer technology for modeling railway track structures: a course of lectures [Text] / D. A. Kovenkin. - Irkutsk: IrGUPS, 2017. - 112 p.

Информация об авторах

Ефанова Наталья Витальевна – студент группы СЖД.2-14-1, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск, e-mail: n.effanova@gmail.com.

Воробьева Елена Евгеньевна – студент группы СЖД.2-14-1, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск, e-mail: lenochkavorobyova@gmail.com.

Authors

Efanova Natalia Vitalyevna - student of the group SZD.2-14-1, Irkutsk State Technical University, Irkutsk, e-mail: n.effanova@gmail.com.

Vorobeva Elena Evgenievna - student of the group SZD.2-14-1, Irkutsk State Technical University, Irkutsk, e-mail: lenochkavorobyova@gmail.com.

Для цитирования

Ефанова Н.В. Влияние неисправности геометрии рельсовой колеи в плане на характер действия вертикальных сил при движении подвижного состава [Электронный ресурс] / Н.В. Ефанова Н.В., Е.Е. Воробьева // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2018. — №2. — Режим доступа: <http://mnv.irkups.ru/toma/02-2019>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус. англ.

For citation

Efanova N.V. Influence of rail track geometry in terms of the nature of the action of vertical forces when rolling stock moves [Electronic resource] / N.V. Efanova, E.E. Vorobieva // Young science of Siberia: electron. scientific journals - 2018. - №2. - Access mode: <http://mnv.irkups.ru/toma/02-2019>, free. - Title from the screen. - lang. rus.engl.