

ВАГОННЫЙ ПАРК

№ 8 (89) / 2014

ЕЖЕМЕСЯЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕЛЕЖЕК 18-100 ДЛЯ ПЕРЕВОДА
ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА УВЕЛИЧЕННЫЙ
МЕЖРЕМОНТНЫЙ ПРОБЕГ**

**РЕГУЛИРОВКА ТОРМОЗНОЙ
РЫЧАЖНОЙ ПЕРЕДАЧИ ВАГОНА
В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**УСТАНОВКА АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО
КОНТРОЛЯ БОКОВЫХ РАМ
И НАДРЕССОРНЫХ БАЛОК ТЕЛЕЖЕК ВАГОНОВ**

ISSN 1994-4756



9 771994 475006



О КРИТЕРИЯХ БЕЗОПАСНОСТИ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩИХ СХОД КОЛЕСА С РЕЛЬСОВ

Клименко И. В.,
Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Представлено сравнение полученных при помощи критериев безопасности, предотвращающих сход колеса с рельсов, данных, в которых используются либо приведенные к точке контакта колеса с рельсом вертикальные и горизонтальные поперечные силы, либо система сил, действующих со стороны рамы тележки на колесную пару, либо силы, действующие по направляющей движения колеса относительно головки рельса. Проведена детализация условий безопасности, предотвращающих сход колеса с рельсов. Определен критерий безопасности от схода колеса с рельсов.

Проблема обеспечения устойчивости экипажей в рельсовой колее имеет многолетнюю историю. Еще в 1882 г. инженер Поше вывел формулу, определяющую соотношение между боковым давлением гребня колеса и нагрузкой его на рельс, при котором возможен сход колеса с рельса. Позже Марье [1] отметил, что эта формула послужила толчком для построения теории схода колеса с рельсов.

Для оценки условий безопасности, предотвращающих сход с рельсов колес подвижного состава железных дорог из-за всползания их на рельс, широко используется критерий, предложенный Надалем еще более ста лет тому назад [2]. Широкое распространение критерия Надаля обеспечивается удачной постановкой задачи и простотой полученных результатов.

Целью данной работы является сравнение критериев безопасности, предотвращающих сход колеса с рельсов, в которых используются либо приведенные к точке контакта колеса с рельсом вертикальные и горизонтальные поперечные силы, либо система сил, действующих со стороны рамы тележки на колесную пару, либо силы, действующие по направляющей движения колеса относительно головки рельса.

Более ста лет тому назад, в 1908 г., М. Надалем [2] был предложен способ определения соотношения действующих на колесо сил, при котором предотвращается его сход от всползания на рельс. Исходным положением колеса при этом считается такое, при котором его поверхность катания поднялась над головкой рельса и колесо контактирует с рельсом только в точке, расположенной на образующей конической части гребня. Принято, что устойчивость колеса на рельсе будет обеспечена, если соотношение приложен-

ных к колесу сил, приведенных к точке контакта, — горизонтальной поперечной и вертикальной (при действии предельной силы сухого трения T) будет таково, что гребень относительно рельса будет скользить вниз (рис. 1).

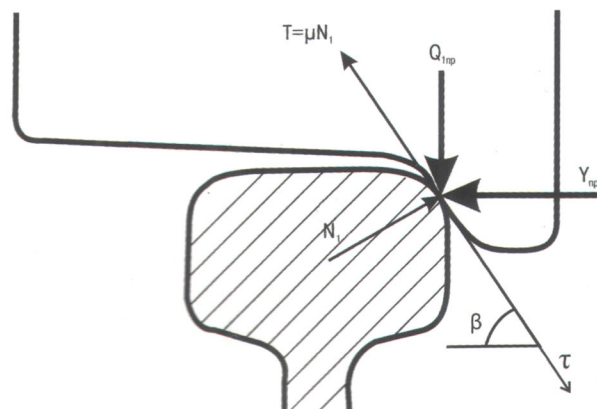


Рис. 1. Силы, действующие в точке контакта при скольжении гребня вниз относительно головки рельса:

T — предельная сила сухого трения; μ — коэффициент трения;
 $N_г$ — нормальная реакция рельса в точке контакта;
 $Q_гр$ — вертикальная сила, приложенная к колесу;
 $Y_гр$ — горизонтальная поперечная сила, приложенная к колесу;
 β — угол наклона образующей гребня к горизонтали

Указанное выше условие приводит к хорошо известному неравенству [2], которое определяет область значений отношения горизонтальной поперечной силы к вертикальной, приведенных к точке контакта и предотвращающих вползание гребня на головку рельса.

Указанное выше соотношение прошло испытание временем и в настоящее время используется для оценки безопасности движения подвижного состава, например в европейских нормах по безопасности движения UIC 518 [3].

В задаче Надаля условие безопасности выражено неравенством относительно сил, действующих по направлению оси, вдоль которой имеет место возможное скольжение. По одну сторону в неравенство входит сила, обеспечивающая скольжение гребня вниз, по другую — силы, препятствующие этому скольжению.

Представляет интерес сравнить данные, получаемые по условию безопасности с приведенными к точке контакта силами, с данными расчета, в который входят силы, действующие по направлению движения.

В задаче Надаля рассматривается отдельно взятое колесо и не принимается во внимание то обстоятельство, что в процессе схода колесная пара катится по рельсам, а не просто выдавливается из колеи. Предполагается, что все действующие на колесо силы проходят через одну точку, хотя в действительности это не так.

Учет силы взаимодействия второго (ненабегающего) колеса с рельсом приводит к модификации условий схода колеса с рельса, предложенной Марье [1], где автор дает необходимые условия во избежание схода колеса с рельса под влиянием поперечно-горизонтальной силы при небольшом и положительном угле набегания. Отмечается, что в случае положительного угла набегания необходимо ввести поправку, приняв в расчет коэффициент трения скольжения для ненабегающего колеса и рельса, которое способствует его подъему на рельс.

Однако формула Марье выведена без учета вращения колеса и трения реборды о головку рельса, а потому сила трения полностью использована на перемещение колеса по линии скольжения [4].

В работе [5] автор исходит из того, что силы, действующие на колесную пару, приложены не в точках касания колес с рельсами, как считал Марье при выводе своей формулы, а на буртик шейки оси и к шейкам оси рассматриваемой колесной пары, т. е. автор рекомендует пользоваться схемой, которая, по его мнению, учитывает действие всех сил и пар, влияющих на условие схода колес с рельсов (рис. 2).

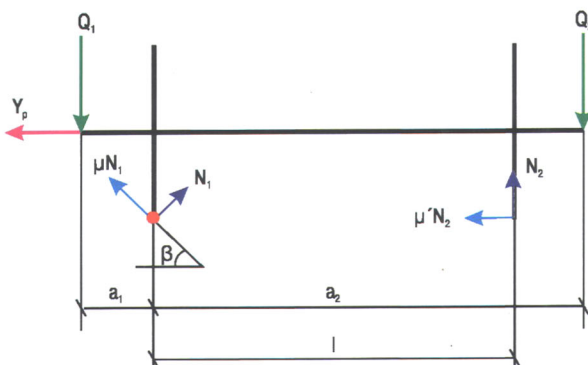


Рис. 2. Схема сил, приложенных к колесной паре (по работе [4]):

Автор работы [5] показывает своей новой формулой, что «критическое», или «максимально допустимое» значение отношения поперечной силы к вертикальной нагрузке, приходящейся на шейку оси колесной пары со стороны напольного колеса, есть величина переменная, зависящая от отношения вертикальных нагрузок, приходящихся на шейки осей колесных пар.

В работах [6–9] схема сил на рис. 2 дополняется вертикальными силами инерции колесной пары, вызванными ее движением по неровностям пути или неровностям на самой колесной паре.

Однако расчеты и их результаты, приведенные в работе [10], показали, что значения коэффициента запаса устойчивости колеса от схода колеса с рельсов, рассчитанные с учетом и без учета сил инерции, отличаются на сотые доли. Поэтому его можно вычислять без учета сил инерции.

В работе [11] приводится уточненный критерий безопасности, предотвращающий сход колесной пары с рельсов, в котором учитываются угол наклона поверхности катания ненабегающего колеса и высота приложения рамной силы.

В работах [10; 11] при выборе расчетной схемы было введено уточнение, связанное с тем, что реакция ненабегающего колеса не вертикальна из-за уклона наклона поверхности катания колеса (рис. 3). Условие безопасности, предотвращающее сползание (скатывание) гребня вниз по головке рельса, с введенным уточнением было записано в форме, близкой к форме Марье, в которой также учитывается высота приложения к колесной паре рамной силы.

На рис. 4–7 приведены графики зависимости условий безопасности, предотвращающих сход колеса с рельсов, от изменения рамной силы для различных видов их записи.

На рис. 4 — условие безопасности, предложенной Надалем и Марье (рис. 1). Здесь линия 1 соответствует значениям отношения приведенных к точке касания колеса с головкой рельса горизонтальной поперечной и вертикальной сил. Линии 2, 3, 4 соответствуют максимально допустимым значениям приложенных к колесной паре сил.

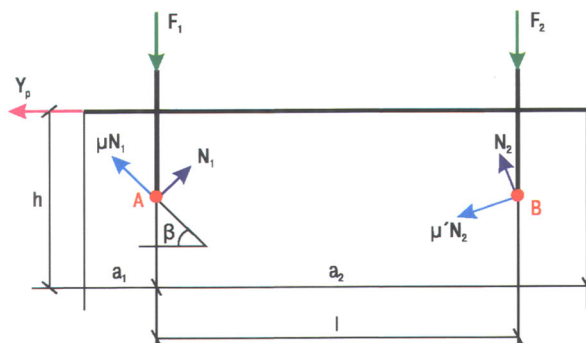


Рис. 3. Схема сил, приложенных к колесной паре с учетом угла наклона ненабегающего колеса и высоты приложения рамной силы: F_1 , F_2 — равнодействующие вертикальные активные силы, приложенные к колесам по вертикальным линиям, проходящим через точки А и В соответственно; h — высота приложения рамной силы

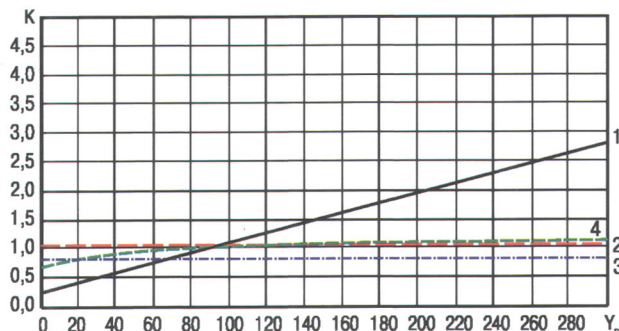


Рис. 4. Критерий безопасности, предотвращающий сход колеса с рельса, Надаля, Марье и как отношение скатывающей силы к силе, препятствующей сползанию

На рис. 5 — условие безопасности по схеме на рис. 2, приведенное в работе [5] (линия 2) и в работе [6] (линия 3). Линия 1 соответствует значениям отношения рамной силы

к вертикальной, приложенной к шейке оси набегающего колеса.

На рис. 6 и 7 — условие безопасности по схеме на рис. 3, учитывающее уклон поверхности катания ненабегающего колеса и высоту приложения рамной силы [10].

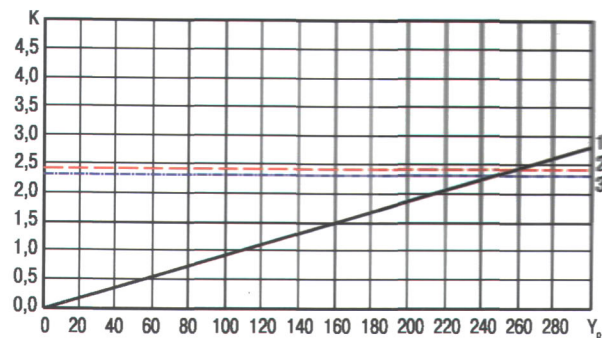


Рис. 5. Критерий безопасности, предотвращающий сход колеса с рельса, по работе [5] и уточненный по работам [6–9]

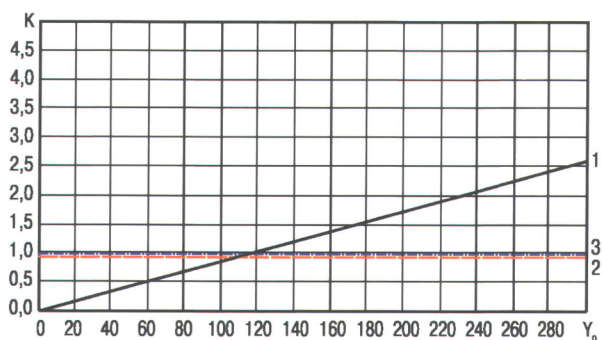


Рис. 6. Критерий безопасности от схода с учетом уклона поверхности катания ненабегающего колеса ($h = 0$) по работе [10]

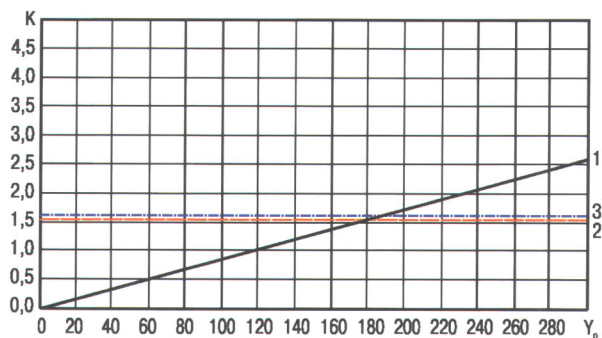


Рис. 7. Критерий безопасности, предотвращающий сход колеса с рельса, с учетом уклона поверхности катания ненабегающего колеса ($h = r$) по работе [10]

Анализ полученных результатов показывает, что постановки задач разные: в задачах Надаля и Марье рассматривается схема приложения вертикальных и поперечных горизонтальных сил, приведенных к точке контакта колеса и рельса, и определяется безопасное отношение приведенных сил. В уточненной задаче рассматривается отношение сил, действующих по направлению движения колеса относительно головки рельса. В остальных случаях колесная пара рассматривается как твердое тело с приложенными к ней силами и моментами, действующими на нее со стороны рамы тележки. Поэтому и результаты расчетов разные.

Условия схода колесной пары с рельсов [12] существенно зависят от высоты приложения к колесной паре

рамной силы. Это положение подтверждают полученные другим путем результаты работы [13]. Зависимость эта связана с двойственным характером действия рамной силы в процессе скольжения гребня набегающего колеса относительно рельса [10]. Таким образом, повышение высоты приложения рамной силы благоприятно с точки зрения безопасности (устойчивости колеса на рельсе) (рис. 6–7).

При выборе расчетной схемы было введено уточнение, связанное с тем, что реакция ненабегающего колеса неvertикальна из-за уклона поверхности катания колеса.

Проведена детализация условий безопасности, предотвращающих сход колеса с рельсов, в которых используются либо приведенные к точке контакта колеса с рельсом вертикальные и горизонтальные поперечные силы, либо система сил, действующих со стороны рамы тележки на колесную пару, либо силы, действующие по направлению движения колеса относительно головки рельса.

Уточненный критерий безопасности, предотвращающий сход колеса с рельсов, в котором учитываются уклон поверхности катания к горизонтали ненабегающего колеса и высота приложения рамной силы, позволяет более точно оценить процесс взаимодействия колеса и рельса. **В П**

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марье Г. Взаимодействие пути и подвижного состава / Марье Г. — М.: Госжелдориздат, 1933. — 338 с.
2. Nadal M. J. Locomotives a Vapeur Collection Encyclopedie Scientifique Bibloteque de Mecanique Applique et Genie, Vol. 186, (Paris), 1908.
3. UIC Code 518. Testing and approval of railway vehicles from the point at view of their dinamic behavior — Safety — Track fatigue — Ride quality. 3-d ed. October, 2005.
4. Мищенко К. Н. Современное состояние вопроса о всползании колеса на рельс / К. Н. Мищенко // Труды ДИИТ. — 1950. — Вып. XX. — С. 53–67.
5. Галеев А. У. К вопросу теории схода колес с рельсов / А. У. Галеев // Труды МИИТ. — 1948. — № 55. — С. 179–191.
6. Бромберг Е. М. Взаимодействие пути и подвижного состава / Е. М. Бромберг, М. Ф. Вериге, В. Н. Данилов, М. А. Фришман; под общ. ред. М. А. Фришмана. — М.: Гострансжелдориздат, 1956. — 280 с.
7. Вериге М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава / М. Ф. Вериге, А. Я. Коган. — М.: Транспорт, 1986. — 559 с.
8. Вериге М. Ф. Вопросы взаимодействия пути и подвижного состава и вопросы расчета пути / М. Ф. Вериге // Труды ЦНИИ МПС. — 1963. — Вып. 268. — 125 с.
9. Вериге М. Ф. Модернизация рессорного подвешивания тележек типа МТ-50 / М. Ф. Вериге, Л. О. Грачева, П. С. Анисимов // Труды ВНИИЖТ. — 1968. — Вып. 372. — 112 с.
10. Блохин Е. П. О безопасности от схода с рельсов колесной пары / Е. П. Блохин, М. Л. Коротенко, И. В. Клименко // Эксплуатац. надежн. локомот. парка и повышение эффектив. тяги поездов (06.12.2012 — 07.12.2012): материалы Всероссийсй. науч.-техн. конф. с междун. участием / Министерство путей сообщения России, Омский государственный университет путей сообщения. — Омск, 2012. — С. 361–370.
11. О запасе устойчивости колеса против схода с рельса / Е. П. Блохин, А. Н. Пишинько, М. Л. Коротенко, А. Г. Рейдемейстер // Залізничний транспорт України. — 2002. — № 2. — С. 22–24.
12. Блохин Е. П. К постановке задачи об оценке степени безопасности колесных пар от схода с рельсов / Е. П. Блохин, М. Л. Коротенко, И. В. Клименко // Вісник СХУ ім. В. Даля. — 2010. — Вип. № 9 (151). — Ч. 2. — С. 6–10.
13. Кондратьев В. Ф. О сходе колеса с рельса / В. Ф. Кондратьев // Вестник ВНИИЖТ. — 1980. — № 6. — С. 23–25.

Получено 17.06.2014

УДК 625.032.84

UDC 625.032.84

Клименко І. В.

Про критерії безпеки від сходу колеса з рейки

Klimenko I. V.

On the Criteria of Security of Rail Wheels

Представлено порівняння даних, отриманих за допомогою критеріїв безпеки, що попереджують сід колеса з рейок, у яких використовуються або наведені до точки контакту колеса з рейкою вертикальні й горизонтальні поперечні сили, або система сил, що діють із боку рами візка на колісну пару, або сили, що діють у напрямку руху колеса щодо головки рейки. Проведено деталізацію умов безпеки від сходження колеса з рейок. Визначено критерій безпеки від сходження колеса з рейок.

The information is provided, received by means of security criteria using the wheels coming off the rails, which are used either force given to the contact point of wheel and rail the transverse vertical and horizontal, or the system of forces acting from the bogie frame for the wheel pair, or the forces acting in the direction of the wheel relative to the rail head. Detailing the conditions of security of wheels coming off the rails is conducted. Security criteria of vanishing wheels derailed is defined.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ» ПРЕДЛАГАЕТ

Железнодорожное издательство «Подвижной состав» предлагает учебную, методическую, справочную и вспомогательную литературу для железнодорожных высших и средних специальных учебных заведений, организаций и предприятий железнодорожного транспорта, а также для специалистов, желающих повысить свою квалификацию, и других заинтересованных лиц. Авторы и рецензенты предлагаемой нами литературы — ведущие ученые, руководители, преподаватели вузов, техникумов, колледжей железнодорожного транспорта, специалисты отрасли.

Глуценко И. Н. Бухгалтерский управленческий учет на железнодорожном транспорте. — М., 2008. — 238 с.

Коншин Г. Г. Диагностика земляного полотна железных дорог. — М., 2007. — 200 с.

Лебединский А. К., Павловский А. А., Юркин В. Ю. Автоматическая телефонная связь на железнодорожном транспорте. — М., 2008. — 531 с.

Петров Ю. Д., Купоров А. И., Шкурина Л. В. Планирование на предприятиях железнодорожного транспорта. — М., 2008. — 308 с.

Спиридонов Э. С., Шепитько Т. В. Управление железнодорожным строительством: методы, принципы, эффективность. — М., 2008. — 556 с.

Бобриков В. Б. Строительные работы и машины в мосто- и тоннелестроении. Часть 2. Технология и механизация строительных процессов. — 2008. — 694 с.

Сделать заказ можно в Железнодорожном издательстве
«Подвижной состав».

Адрес: ул. Тобольская, 42, оф. 29/1, г. Харьков, 61072, Украина

Тел./факс: +38 (057) 773-06-20, 773-06-21

Тел. ж.-д. связи: 4-54-82

Internet: www.railway-publish.com

E-mail: vagon-al@technostd.com

Lotus Notes: ЮЖ_Издательство_ПодвижнойСостав

