

УДК 629.039.58

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЦІ

Клюєв С.О.

MOTION SAFETY IMPROVEMENT ON RAILWAY

Klyuev S.

У статті розглянуті питання забезпечення безпеки руху рейкових екіпажів. Виконаний аналіз причин сходу коліс рухливого складу з рейок. Запропоновані заходи зниження аварійності, ризик і погроз безпеці шляхом створення багатofункціональної системи управління і забезпечення безпеки рухом поїздів, з використанням нових технічних засобів і технологій управління, цифрових систем зв'язку і нових методів технічної діагностики.

Ключові слова: безпека, рухомий склад, схід колеса, критична швидкість, динамічні якості.

Вступ. Здатність залізничного транспорту забезпечувати захист життя пасажирів, збереження вантажів і довкілля в цілому визначає його розвиток і досягнення ним провідних позицій на ринку перевезень.

Найважливішою проблемою на залізничному транспорті є забезпечення безпеки руху рейкових екіпажів, як на етапі проектування, так і в процесі їх експлуатації. При цьому запобігання аваріям і крахам на залізницях мають первинне значення [1]. Окрім форсмажорних обставин однієї з головних причин крахів, аварій і сходу поїздів з рейок є відсутність координації в розробці методів забезпечення оптимального функціонування технічних засобів вагонного, локомотивного і шляхового господарств.

Рівень безпечної експлуатації рухомого складу на залізницях визначається, в головній мірі, наявністю запасу стійкості рейкового екіпажу, тому вивченню питання про схід рейкових екіпажів із залізничної колії надається велике значення в чисельних експериментальних і теоретичних дослідженнях.

Ряд крупних крахів і аварій, що мали місце на залізничному транспорті останніми роками, послужили серйозним запобіганням для вживання невідкладних заходів по забезпеченню безпеки руху. Попадання вагонів з небезпечними вантажами в аварійні ситуації посилює порушення безпеки і приводить до тяжких наслідків. Крахи і аварії спостерігаються на всіх залізницях світу і рідко обходяться без наслідків, пов'язаних з людськими жерт-

вами, забрудненням довкілля і значними матеріальними витратами, а в деяких випадках і по ліквідації екологічних наслідків аварій.

Постановка проблеми. Основною метою забезпечення безпеки руху поїздів є кардинальне скорочення випадків браків і аварій при підвищенні швидкостей руху поїздів, пропускних спроможностей ділянок і напрямів і зниженні непродуктивних витрат. Найбільша кількість сходу рухливого складу з рейок відбувається із-за накату гребенів коліс на рейку. Сам процес сходу залежить від безлічі чинників, які в їх імовірнісному поєднанні вивчені ще недостатньо. Багаточисельні теоретичні і експериментальні дослідження, статистичні дані про схід рейкових екіпажів з рейок і їх аналіз свідчать про високу чутливість їх показників динаміки до технічного стану ходових частин рухливого складу і верхньої будови шляху.

Запобігання сходу коліс рейкових екіпажів з рейок є досить складним завданням, яке особливо важливе при підвищенні швидкостей руху.

Перехід в Україні до високошвидкісного локомотивобудування приводить до необхідності шукати нові технічні рішення, пов'язані з примусовим вписуванням в криві колісних пар і візків, використанням пристроїв нахилу кузова або інші методи підвищення швидкості руху без збитку для динамічних якостей рухливого складу, безпеки його руху і комфорту для пасажирів

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завданню забезпечення безпеки руху рухомого складу від сходу колісних пар з рейок присвячена безліч досліджень [2, 3, 4]. Більше ста років тому М. Надалем [5] був запропонований спосіб визначення співвідношення сил, що діяли на колесо, при якому запобігає його схід від всползання на рейку. Як відомо, вихідним положенням колеса при цьому вважається таке, при якому його поверхня катання піднімається над голівкою рейки, і колесо контактує з рейкою лише в точці, розташованій на створюючій конічній частині гребеня [6, 7].

У роботах, виконаних під керівництвом професора М. Ф. Веріго [8], запропонований метод оцінки стійкості руху проти сходу колеса з рейок по уточненій формулі, яка визначає критичну величину відношення горизонтальної рамної сили і вертикальної сили при даному розподілі вертикальних навантажень на осі однієї і тієї ж колісної пари. Приведену в цих роботах уточнену умову знайшло широке вживання в експериментальних роботах за визначенням швидкостей руху нових і модернізованих одиниць рухливого складу, що гранично допускалися.

Мета статті. Розгляд питань забезпечення безпеки руху поїздів, кардинального скорочення випадків браків і аварій при підвищенні швидкостей руху поїздів, пропускних спроможностей ділянок і напрямів і зниження непродуктивних витрат.

Результати досліджень. Прийнято, що безпека від сходу буде забезпечена, якщо співвідношення прикладених до колеса сил – горизонтальною поперечною Y і вертикальною Q (при дії граничної сили сухого тертя $T=\mu N$) буде таке, що гребінь відносно рейки буде ковзати вниз. Тут μ – коефіцієнт тертя, $N=Q*\cos\beta*\sin\beta$ – нормальна реакція рейки в точці контакту, β – кут нахилу створюючою гребеня до горизонталі (рис.).

Вказана вище умова приводить до нерівностей:

$$Q * \sin\beta > Y * \cos\beta + (Q * \cos\beta + Y * \sin\beta)$$

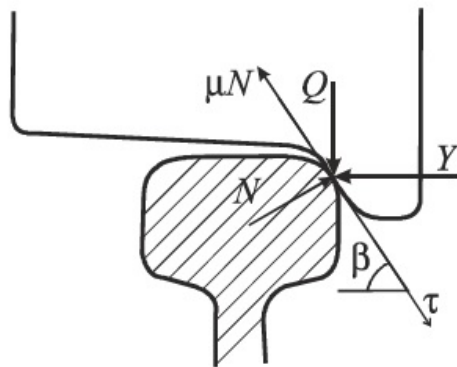


Рис. Сили, що діють в точці контакту при ковзанні гребеня вниз відносно голівки рейки

Для оцінки безпеки руху локомотивів і моторвагонного рухливого складу використовується коефіцієнт запасу стійкості, в який входить критерій безпеки як відношення направляючої сили до вертикальної [9, 10]. Для оцінки безпеки від сходу колеса з рейок для вагонів використовується коефіцієнт запасу стійкості від сходу колеса з рейок, в який входить критерій безпеки як відношення бічної сили до вертикальної, що діють в точці контакту гребеня набігаючого колеса з голівкою рейки при одноточечному контакті [11, 12]. Якщо поперечна бічна сила тиску гребеня колеса на голівку рейки велика, а вертикальна динамічна сила, що діє від колеса на голівку рейки, мала (наприклад, унаслідок розвантаження при коливаннях вагону), то гребінь почне

підніматися по робочій грані голівки рейки і виявиться на його поверхні катання. Накочення колеса на голівку рейки не є миттєвим процесом. Воно відбувається протягом деякого часу. Якщо в цей час коефіцієнт запасу стійкості за рахунок коливань кузова або необресорених мас стане більше одиниці, то колесо зісковзне вниз, процес наковчення його на голівку рейки прирветься і безпека руху не порушиться.

Основними показниками, які характеризують безпеку руху локомотивів, є:

- критична швидкість руху;
 - коефіцієнт запасу стійкості проти сходу колеса з рейок;
 - коефіцієнт запасу стійкості від перекидання.
- Динамічні якості рухливого складу оцінюються по значеннях, що допускаються:
- коефіцієнтів запасу стійкості проти сходу колеса з рейок;
 - показників плавності ходу;
 - рамних сил;
 - частот вигинистих коливань кузова;
 - коефіцієнтів вертикальної динаміки і конструктивного запасу.

Причинами аварій і крахів є, перш за все, відхилення в стані рейкової дороги і ходових частин рухливого складу від норм їх вмісту [13]. З іншого боку, мають місце обставини, пов'язані з недоліками конструкції ходових частин екіпажів, які безпосередньо не викликають схід, але є причинами розвитку динамічних процесів, які приводять до підвищеної силової дії рухливого складу на дорогу і, зрештою, викликають його схід. Аналіз сходу за останні декілька років показав, що схід унаслідок вповзання колеса на рейку частіше був в порожніх вагонів.

Основними причинами сходу коліс подвижного складу з рейок є:

- схід із-за провалу колеса всередину колії;
- схід із-за наковчення колеса на рейку;
- схід із-за викиду дороги;
- схід із-за зламів рейки, зламів осей і коліс рухливого складу.

У число причин сходу коліс вагонів з рейок, пов'язаних з несправностями ходової частини вагонів, можна також включити такі, як:

- злам бічних рам і надресорних балок візків;
- несправності роликових підшипників буксового вузла;
- зрушення ступиці колеса на осі, обриви і відмови автозчпного пристрою;
- знос елементів фрикційних гасителів коливань і вузла того, що спирається кузова на надресорную балку;
- зміна профілю колеса, у тому числі загострений накат, недопустимі відхилення розмірів візка (баз, боковин, діаметрів коліс і так далі).

Наковчення колеса на голівку рейки (схід колеса з рейки) залежить від величин сил взаємодії колеса і рейки і геометрії колеса, а точніше - його гре-

беня. Супутніми чинниками, що впливають на накопчення колеса, є:

- кути нахилу робочої грані голівки рейки і гребеня колеса (міра і форма їх зносу);
- коефіцієнт тертя взаємодіючих поверхонь (з лубрикацією або без);
- вифарбовування металу на бічному робочому викруглянні голівки;
- вертикальні або горизонтальні нерівності рейки;
- план і профіль дороги.

У загальному випадку краху і аварії поїздів відбувалися по причинах [14]:

- несправності дороги – 44 %;
- несправності рухливого складу – 32,5 %;
- режими вибігання і тяги на переломах подовжнього профілю лінії – 6,3 %;
- режими повного службового і екстреного гальмування – 8,5 %;
- електричного (рекуперативного і екстреного гальмування) – 6,5 %.

При розробці заходів для підвищення рівня безпеки руху необхідно враховувати, що всі технічні засоби функціонують не ізольовано, а в умовах щонайтіснішої взаємодії. Зокрема, залізнична колія "працює" в умовах складної динамічної взаємодії механічної системи "колесо-рейка", на яку безпосередньо впливає режим ведення поїзда. Отже, щонайтісніша координація розробки методів забезпечення функціонування технічних засобів вагонного, локомотивного і путнього господарств є просто обов'язковою, але до сього дня погано здійснюємою вимогою забезпечення безпеки руху [15].

Підвищення безпеки, підвищення швидкості руху, створення резерву пропускної спроможності і забезпечення можливості управління рухом можливо спланувати за рахунок реалізації наступних заходів:

- створення і вдосконалення комплексів управління і забезпечення безпеки на локомотивах, включаючи автоведення, діагностування, реєстрацію параметрів руху;
- створення комплексів диспетчерського управління і контролю з передачею на локомотиви відповідальних команд і інформації для оптимального регулювання рухом поїздів з врахуванням оперативної зміни поїздовій ситуації (розробка навігаційних систем і систем телематического моніторингу транспортних потоків, систем управління транспортними потоками і інтелектуальних транспортних систем);
- створення системи технічного діагностування з підвищеною достовірністю з підвищеною достовірністю виявлення дефектів і прогнозуючих діагностичних систем на основі принциповий нових способів виявлення дефектів на ходу поїзди;
- розробка інтелектуального поїзда, що включає, серед іншого, системи діагностування і реєстрації даних, системи цифрового зв'язку, системи визначення подовжніх динамічних зусиль, системи розподіленого управління гальмівним устаткуванням і ін.

Поєднання різних способів контролю і ідентифікації дозволяє забезпечити необхідну достовірність і повноту вихідної інформації про рухливий склад, що якісно підвищує ефективність систем, що інформаційний-управляють, за рахунок зменшення негативного впливу «человече-ського чинника» і дозволяє перейти до «прогнозних» систем управління.

Висновок. Одним із способів істотного зниження аварійності, ризик і погроз безпеці є створення багатофункціональної системи управління і забезпечення безпеки рухом поїздів, з використанням нових технічних засобів і технологій управління, цифрових систем зв'язку і нових методів технічної діагностики.

При розробці методів забезпечення функціонування технічних засобів рухливого складу обов'язковою є щонайтісніша координація спільних дій. Підвищення безпеки руху повинне досягається шляхом рішення задачі в комплексі з вдосконаленням конструкції, контролем технічного стану, режимами експлуатації, діагностики та інше.

Л і т е р а т у р а

1. Ольшевский, Е. А. Метод определения критерия устойчивости и коэффициента безопасности против схода с рельсов железнодорожного вагона [Текст] / Е. А. Ольшевский // *Праці ДПТ*. – 1967. – Вип. 72. – С. 94–101.
2. Трофимов А. Н. Процесс всползания гребня колеса на головку рельса при движении железнодорожного экипажа на боковой путь стрелочного перевода // *Тр. ЛИИЖТ*, 1973. – Вип. 323 – С. 56–66.
3. Carter F. W. On the Stability of Running of Locomotives // *Proc. Royal Soc.*, 1928, A, vol. 121, P. 585–611.
4. Elkins, J. A. Testing and Analysis Techniques for safety Assessment of Rail Vehicles: State of the Art / J.A. Elkins, A. Carter // *Vehicle System Dynamics*. – 1993. – 22. – P. 185–208.
5. Nadal, M. J. Locomotives a Vapeur Collection Encyclopedie Scientifique Biblioteque de Mecanique Applique et Genie, Vol. 186, (Paris), 1908.
6. Цыганенко В. В. Определение горизонтальных поперечных сил в кривых с учетом продольных сил, действующих в составе // *Пр. ДПТ*, вип. 88. – Дніпропетровськ, 1968. У кн.: Исследования взаимодействия пути и подвижного состава.
7. Азовский, А. П. Об оценке запаса устойчивости колеса от вкатывания на головку рельса [Текст] / А. П. Азовский, В. Н. Котуранов, М. Н. Овечников, И. В. Плотников / *Збірник статей міжнародної конференції «Безопасность движения поездов»*. – М.: МПТ – 2007. – С. VI-1-VI-2.
8. Вериги, М. Ф. Вопросы взаимодействия пути и подвижного состава и вопросы расчета пути [Текст] / М. Ф. Вериги // *Праці ЦНІ МПС*. – 1963. – Вип. 268. – 125 с.
9. Маргтынов, И. Э. Износ гребней колес грузовых вагонов и рельсов: проблема и пути ее решения / И. Э. Маргтынов, В. Г. Маслиев, С. Д. Мокроусов и др. // *Вагонный парк*. – № 5 (74). – 2013. – С. 4–7.
10. Погорелов, Д. Ю. Показатель для оценки опасности схода подвижного состава путем вкатывания колеса на головку рельса [Текст] / Д. Ю. Погорелов, В. А. Симо-

- нов / Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – № 5 (147). – Частина I. – С. 64–70.
11. РД 24.050.37-95. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. [Текст] – Введен у дію 01.07.1996. – М.: ДержНІІВ, 1995. – 101 с.
 12. . Блохин, Е. П. К вопросу зависимости коэффициента запаса устойчивости против схода колеса с рельса от горизонтальных поперечных ускорений пола в шкворневом сечении пассажирского вагона [Текст] / Е. П. Блохин, С. В. Мямлин / Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2011. – № 12 (166). – Частина I. – С. 237-248.
 13. Погорелов, Д. Ю. Критерий для оценки опасности схода подвижного состава путем вкатывания колеса на головку рельса [Текст] / Д. Ю. Погорелов, В. А. Симонов / Рухомий склад XXI століття: ідеї, вимоги, проекти». – 2009. – С. 136-138.
 14. Коротенко, М. Л. Безопасность от схода колеса с рельсов и совершенствование конструкций подвижного состава. Монография [Текст] / М. Л. Коротенко, И. В. Клименко, В. Я. Панасенко. – Д.: Дніпропетровськ, 2013. – 220 с.
 15. Недосеков А.Н. Стратегические ориентиры производства транспортной техники // Локомотив. – 2008. – №11. – С. 5–7.

References

1. Olshevskiy, E. A. Metod opredeleniya kriteriya ustoychivosti i koeffitsienta bezopasnosti protiv shoda s relsov zheleznodorozhnogo vagona [Текст] / E. A. Ol-shevskiy // Pratsi DИIT. – 1967. – Vip. 72. – S. 94–101.
2. Trofimov A. N. Protsess vspolzaniya grebnya koleasa na golovku relsa pri dvizhenii zheleznodorozhnogo eki-pazha na bokovoy put strelochnogo perevoda // Tr. LIIZhT, 1973. – Vip. 323 – S. 56–66.
3. Carter F. W. On the Stability of Running of Locomotives // Proc. Royal Soc., 1928, A, vol. 121, P. 585–611.
4. Elkins, J. A. Testing and Analysis Techniques for safety Assessment of Rail Vehicles: State of the Art / J.A. Elkins, A. Carter // Vehicle System Dynamics. – 1993. – 22. – P. 185–208.
5. Nadal, M. J. Locomotives a Vapeur Collection Encyclopedie Scientifique Biblioteque de Mecanique Applique et Genie, Vol. 186, (Paris), 1908.
6. Tsyiganenko V. V. Opredelenie gorizontalnykh poperechnykh sil v krivyykh s uchetom prodolnykh sil, deystviyushchih v sostave // Pr. DИIT, vip. 88. – Dnipropetrovsk, 1968. U kn.: Issledovaniya vzaimodeystviya puti i podvizhnogo sostava.
7. Azovskiy, A. P. Ob otsenke zapasa ustoychivosti koleasa ot vkatyivaniya na golovku relsa [Текст] / A. P. Azovskiy, V. N. Koturanov, M. N. Ovechnikov, I. V. Plotnikov / ZbІrnik stately mizhnarodnoi konferentsii «Bezopasnost dvizheniya poezdov». – М.: МИИТ – 2007. – S. VI-1-VI-2.
8. Verigo, M. F. Voprosy vzaimodeystviya puti i podvizhnogo sostava i voprosy rascheta puti [Текст] / M. F. Verigo // Pratsi TsNII MPS. – 1963. – Vip. 268. – 125 s.
9. Martynov, I. E. Iznos grebney koleas gruzovykh vago-nov i relsov: problema i puti ee resheniya / I. E. Mar-tyinov, V. G. Masliev, S. D. Mokrousov i dr. // Vagonnii park. – № 5 (74). – 2013. – S. 4–7
10. Pogorelov, D. Yu. Pokazatel dlya otsenki opasnosti shoda podvizhnogo sostava putem vkatyivaniya koleasa na golovku relsa [Текст] / D. Yu. Pogorelov, V. A. Simo-nov / Visnik Shidnoukrainskogo natsionalnogo unіversitetu

- Im. V. Dalya. – 2010. – № 5 (147). – Chastina I. – S. 64–70.
11. RD 24.050.37-95. Vagoni gruzovye i passazhirskie. Metody ispytaniy na prochnost i hodovyye kachestva. [Текст] – Vveden u diyu 01.07.1996. – М.: DerzhNIIV, 1995. – 101 s.
 12. Blohin, E. P. K voprosu zavisimosti koeffitsienta zapasa ustoychivosti protiv shoda koleasa s relsa ot gorizontalnykh poperechnykh uskoreniy pola v shkvor-nevom sechenii passazhirskogo vagona [Текст] / E. P. Blohin, S. V. Myamlin / Visnik Shidnoukrainskogo natsionalnogo universitetu im. V. Dalya. – 2011. – № 12 (166). – Chastina I. – S. 237–248.
 13. Pogorelov, D. Yu. Kriteriy dlya otsenki opasnosti sho-da podvizhnogo sostava putem vkatyivaniya koleasa na golovku relsa [Текст] / D. Yu. Pogorelov, V. A. Simonov / Ruhomiy sklad XXI stolittya: Idei, vimogi, proekti». – 2009. – S. 136–138.
 14. Korotenko, M. L. Bezopasnost ot shoda koleasa s rel-sov i sovershenstvovanie konstruksiy podvizhnogo sos-tava. Monografiya [Текст] / M. L. Korotenko, I. V. Klimenko, V. Ya. Panasenko. – D.: Dnipropetrovsk, 2013. – 220 s.
 15. Nedosekov A.N. Strategicheskie orientiryi proizvodstva transportnoy tehniki // Lokomotiv. – 2008. – № 11. – S. 5–7.

Клюев С.А. Повышение безопасности движения на железных дорогах.

В статье рассмотрены вопросы обеспечения безопасности движения рельсовых экипажей. Выполнен анализ причин схода колес подвижного состава с рельс Предложены мероприятия снижения аварийности, рисков и угроз безопасности путем создания многофункциональной системы управления и обеспечения безопасности движением поездов, с использованием новых технических средств и технологий управления, цифровых систем связи и новых методов технической диагностики.

Ключевые слова: безопасность, подвижной состав, сход колеса, критическая скорость, динамические качества.

Klyuev S. Motion safety improvement on railway.

The questions of providing of safety of motion of rolling stock are considered in the article. The analysis of reasons of derailling of rolling stock is executed. The measures of decline of accident rate are offered, risks and threats safety by creation of multifunction control system and providing of safety motion of trains, with the use of new hardwares and management technologies, digital communication and new methods of technical diagnostics networks. The increase of safety of motion must be arrived at by the decision of task in a complex with perfection of construction, control of the technical state, modes of exploitation, diagnosticians and so on. Combination of different ways of control and authentication allows to provide necessary authenticity and plenitude of initial information about rolling stock, that high-quality promotes efficiency of the informative-managing systems due to diminishing of negative influence of «human factor» and allows to proceed to «prognosis» control system

Keywords: safety, rolling stock, derailling, critical speed, dynamic qualities.

Клюев С.О. – к.т.н., доц. кафедри «Охорони праці та БЖД» ЧНУ ім. В. Даля, e-mail:sergistreet@gmail.com.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.