

В.В. Проців, А.Г. Моня, О.Є. Гончар

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСКОВИХ ОСЬОВИХ ТА ТРАНСМІСІЙНИХ ГАЛЬМ ШАХТНОГО ЛОКОМОТИВА

COMPARATIVE RESEARCHES OF DISKS AXIAL AND TRASMISSION BRAKES OF MINE LOCOMOTIVE

Проаналізовано переваги та недоліки дискових осьових та трансмісійних гальм. Проведено розрахунки гальмівного шляху і гальмівного моменту залежно від швидкості локомотива перед гальмуванням. Слід вважати за необхідне багаторівневе резервування гальмівних систем важких шахтних локомотивів, що працюють на ухилах колії до 50%. Такі локомотиви повинні мати й дискове трансмісійне гальмо, як ефективніше, і дискові осьові гальма, як безпечніші. Доведено, що чим важче рухомий склад, який транспортується, або більше ухил колії на спуску, тим менший гальмівний момент може бути прикладений до колісної пари, для виключення її блокування і зриву зчеплення.

Ключові слова: шахтний локомотив, дискові осьові і трансмісійні гальма, гальмівний момент.

Вступ. Дискові гальма показали себе надійним засобом гальмування рейкових транспортних засобів комунального транспорту (трамваї і вагони метрополітену). Також вони добре підходять для високошвидкісного магістрального залізничного транспорту. Проте лише деякі шахтні локомотиви обладнані дисковими гальмами. Перші експерименти із застосуванням дискових гальм, розташованих на осі колісної пари шахтних електровозів [1], показали їх переваги перед колісно-колодковими гальмами. Це, перш за все, можливість плавного регулювання гальмівного моменту по команді машиніста локомотива (гальмівна сила прямо пропорційна силі притискання колодок до диска), по-друге, відносна незмінність коефіцієнта тертя ковзання гальмівної колодки по диску (диск у значно меншій мірі схильний до впливу шахтної атмосфери і агресивних рудникових вод, чим колесо локомотива). По-третє, коефіцієнт тертя в парі гальмівний диск – колодка та потужність, що розвивається, можуть бути набагато вище (більш ніж на 50%), оскільки цей вид гальма має значно більше можливостей у виборі матеріалів тертьових пар, ніж колісно-колодкове гальмо. Диски сучасних гальм виготовляють не лише із сталі, але і з чавуну, армованого карбідом кремнію алюмінію, і вуглецево-керамічних композитів.

Єдиним з нині існуючих шахтних локомотивів, обладнаних дисковим гальмом, є шарнірно-зчленований електровоз Е10 [2], оснащений дисковим гальмом, встановленим на валу привідного двигуна тягової секції (трансмісійним). Таке розташування дискового гальма вже достатньо досліджене, а також запропоновані технічні рішення, що підвищують ефективність його роботи [3]. Проте, з метою забезпечення необхідної безпеки [4] у разі руйнування елементів трансмісії (шпонок, шліців, муфт або зубчастих коліс) при русі по ділянках колії з подовжнім ухилом від 5 до 50%, гальмівні елементи шахтного локомотива повинні розташовуватися на колісній парі. З цієї точки зору осьове дисково-колодкове гальмо є переважним порівняно з осьовим.

Метою цієї роботи є порівняльні дослідження осьового і трансмісійного дисково-колодкових гальм. **Завданням** роботи є теоретичне визначення гальмівного моменту і сили притиснення колодок до диска при різних режимах гальмування, а також визначення області оптимальних режимів роботи вказаних гальм.

Виклад матеріалу дослідження. Модернізований шарнірно-зчленований кабельний електровоз Е10 має багаторазове резервування гальмівних систем шляхом встановлення на ньому декількох паралельно працюючих гальм різних типів (рис. 1).

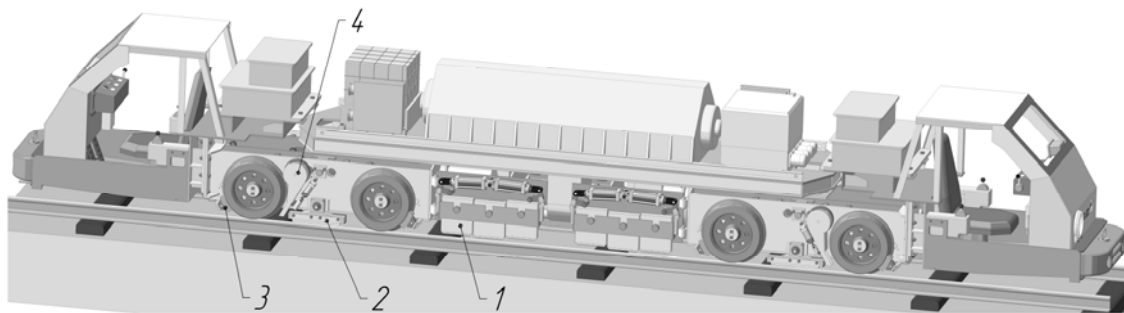


Рис. 1. Шарнірно-зчленований локомотив Е10

Крім магніторейкових 1 та гравітаційних 2 рейкових гальм встановлюють також колісно-колодкові 3 й дискові, що створюють гальмівний момент, який реалізується у гальмівну силу через зчеплення колеса з рейкою. Додаткову ефективність йому додає використання пісочниць 4 барабанного типу, що гарантовано забезпечують примусову подачу піску практично будь-якої вологості під колеса локомотива, що рухається. На валу привідного електродвигуна 1 ходового візка (рис. 2) розташоване трансмісійне дискове гальмо 2. Осьові дискові гальма 3 встановлені на колісних парах, а колісно-колодкові гальма 4 – на кожному колесі локомотива.

Багаторазове резервування гальмівних систем необхідне ще й тому, що звичайно локомотив транспортує вгору порожні вагонетки, а по ухилу перевозить склад навантажених. Природно, що на затяжних спусках з ухилом більше 5‰ пригальмовування складу здійснюється не двигуном, а гальмами. Наявність безлічі гальмівних систем дозволяє уникнути їх перегріву, використовуючи одночасно одне або декілька типів гальм у міру необхідності.

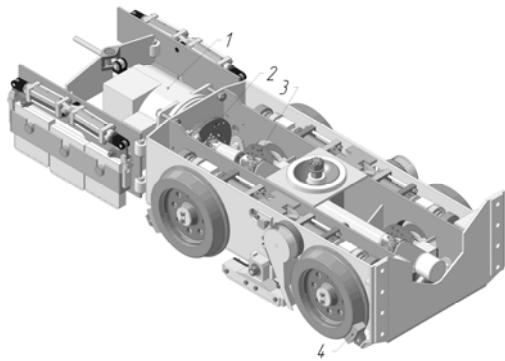


Рис. 2. Ходовий візок локомотива E10

Дискове трансмісійне гальмо (рис. 3, а) має наступні переваги перед осьовим (рис. 3, б):

а) збільшення гальмівного моменту на колісній парі за рахунок передавального числа осьових редукторів і можливості установаження безпосередньо на валу привідного двигуна;

б) можливість використання гальмівних дисків порівняно великого діаметра і товщини;

в) можливість розміщення в зручному для обслуговування місці;

г) можливість формування гальмівного моменту достатнього не лише для гальмування максимально завантаженого складу вагонеток на ухилі колії 50‰, але і компенсації тягового моменту привідного двигуна при виході з ладу пускорегулюючої апаратури або при помилках машиніста локомотива;

д) установаження на рамі локомотива та зручність підведення трубопроводів з гальмівною рідиною;

е) можливість використання конічних фрикційних елементів і багатодискових гальм.

Недоліком трансмісійного дискового гальма можна вважати, мабуть, тільки його неефективність у разі руйнування елементів трансмісії, що погіршує загальний рівень безпеки транспортного засобу.

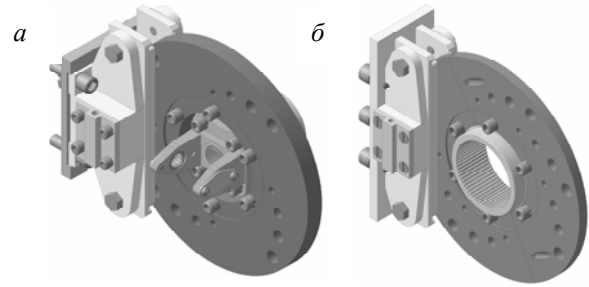


Рис. 3. Дискові гальма локомотива E10: а – дискове трансмісійне гальмо; б – дискове осьове гальмо

Перевагою дискового осьового гальма є єдиний недолік трансмісійного, – його працездатність на окремій колісній парі у разі руйнування елементів трансмісії, а недоліками – всі переваги трансмісійного гальма. Наявність вказаних недоліків визначена просторовими обмеженнями на осі колісної пари для розміщення могутнього осьового гальма (локомотив E10 має внутрішню раму тягової секції). Осьове гальмо має тонший складений диск (з двох закріплених на маточині і сполучених між собою секторів), коротші та меншого діаметра плунжери (див. рис. 3 б). Але навіть при рівних розмірах двох типів гальм трансмісійний створює більший в 2,73 рази гальмівний момент M_{inj} на кожному з чотирьох коліс тягової секції, оскільки передавальне число осьового редуктора u_t дорівнює 10,93. При рівномірному розподілі гальмівного моменту між колісними парами і колесами визначається таким чином

$$M_{inj} = \frac{M_{id} u_t}{nj} = \frac{M_{id} 10,93}{2 \cdot 2} = 2,73 M_{id},$$

де M_{id} – гальмівний момент, що розвивається дисковим трансмісійним гальмом, Н·м; n, j – відповідно кількість колісних пар в тяговій секції та коліс на колісній парі; в локомотиві E10 дорівнює двом.

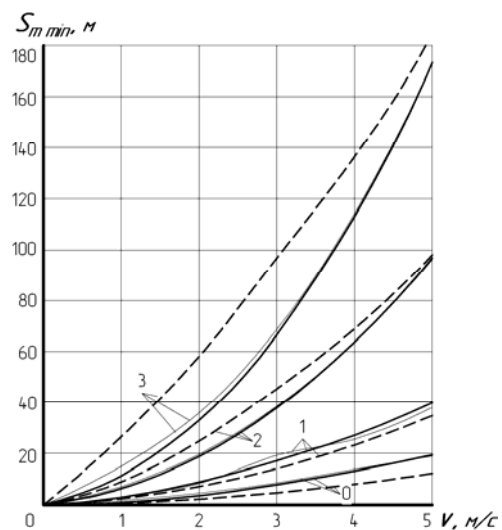


Рис. 4. Залежність гальмівного шляху від швидкості

Використовуючи допрацьований підхід [3], для локомотива масою 12 т на чистих рейках одержані залежності гальмівного шляху (наведені на рис. 4, див. вище) і гальмівного моменту на осьовому дисковому гальмі (показані на рис. 5) від швидкості руху локомотива перед початком гальмування.

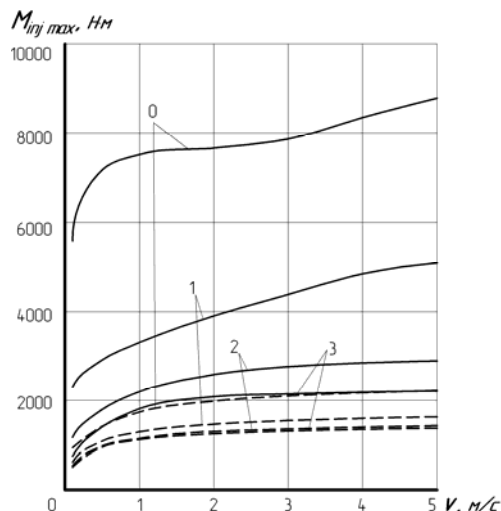


Рис. 5. Залежність гальмівного моменту від швидкості

На рис. 4, 5 цифрами від (1-3) позначено кількість вагонів, що транспортуються локомотивом на ухилі 30 ‰, а нуль – для руху одиночного локомотива. Основні лінії відповідають колісним парам електровоза К14, штрихові – електровоза АМД8 (менші на два порядки моменти інерції і жорсткості), а тонкі лінії – для проміжного варіанта початкових даних. З отриманих результатів видно, що, наприклад, гальмування локомотива з трьома вагонетками ВГЗ,3 на допустимий гальмівний шлях 40 м можливе лише при швидкості не більше 1,45 м/с.

Висновки. При рівних розмірах двох типів дискових гальм і рівномірному розподілі гальмівного моменту між колісними парами, трансмісійний створює більший гальмівний момент на кожному з чотирьох коліс тягової секції за рахунок передавального числа осьового редуктора.

Установлення дискового гальма на осі колісної пари з центральним розташуванням приводного зубчастого колеса дозволяє змінити маси півосей, а значить, усунути автоколивання, що руйнують привідну вісь під дією резонансних крутильних коливань.

Чим рухомий склад поїзду, що транспортується, важчий або більше ухил колії на спуску, тим менший гальмівний момент може бути прикладений до колісної пари, для виключення її блокування і зриву зчеплення. З одержаних результатів видно, що чим менші моменти інерції та жорсткості коліс, півосей та елементів трансмісії (зубчасті колеса, вали і т.д.), тим менший гальмівний момент потрібен для зупинки локомотива на тому ж гальмівному шляху. Але чим вища швидкість поїзду перед гальмуванням, тим більший повинен бути гальмівний момент.

Враховуючи вищевикладені особливості дискових гальм, слід вважати виправданим і необхідним бага-

торівневе резервування гальмівних систем важких шахтних локомотивів, що працюють на ухилах колії до 50 ‰. Такі локомотиви повинні мати і дискові трансмісійні гальма, як ефективніші, та дискові осьові – як безпечніші.

Список літератури

1. Шляхов Э.М. Исследование и разработка усиленной тормозной системы рудничного электровоза: Дис... канд. техн. наук: 05.22.12. – Д., 1974. – 142 с.
2. Проців В.В. Формування динамічної моделі шахтного шарнірно-зчленованого локомотива, що рухається в режимі гальмування // Науковий вісник НГУ. – 2009. – № 4. – С. 76-83.
3. Мона А.Г. Выбор рациональных параметров дискового тормоза шахтного локомотива с многосекторным тормозным диском // Гірничі електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – Дніпропетровськ: НГУ, 2003. – Вип. 71. – С. 75-82.
4. Типовые решения по безопасной перевозке людей и грузов в выработках с уклоном от 0,005 до 0,050. – Донецк: Дон УГИ, 1973. – 62 с.

Проанализированы достоинства и недостатки дисковых осевых и трансмиссионных тормозов. Проведены расчеты тормозного пути и тормозного момента в зависимости от скорости локомотива перед торможением. Следует считать необходимым многоуровневое резервирование тормозных систем для тяжелых шахтных локомотивов, работающих на уклонах пути до 50 ‰. Такие локомотивы должны иметь и дисковый трансмиссионный тормоз, как более эффективный, и дисковые осевые тормоза, как более безопасные. Доказано, что чем тяжелее транспортируемый состав или больше уклон пути на спуске, тем меньший тормозной момент может быть приложен к колесной паре, для исключения ее блокировки и срыва сцепления.

Ключевые слова: шахтный локомотив, дисковые осевые и трансмиссионные тормоза, тормозной момент.

Dignities and lacks of disks axial and transmissions brakes are analysed. The calculations of braking distance and brake moment are conducted depending on speed of locomotive before braking. It is necessary to consider the multilevel backuping of the brakes systems for heavy mines locomotives working on the slopes of way to 50 ‰. Such locomotives must have and disk transmission brake, as more effective, and disks axial brakes, as more safe. It is well-proven that than the heavier transported composition or anymore slope of way on lowering, the brake moment can be attached to the wheelpair, for the exception of its blocking and derangement of tripping.

Key words: mine locomotive, disc axle and transmission brakes, braking moment.

Рекомендовано до публікації д.т.н. С.Є. Блохіним 30.03.10