

METHODS FOR LIMITING THE SLIDING OF THE WHEELS OF UNDERGROUND MINING LOCOMOTIVES

Lyuben Tasev

University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 1700 Sofia; E-mail: luben.tasev@mgu.bg

ABSTRACT. Sliding of the wheels relative to the rail of mine locomotives is one of the main reasons for the wear of the former. This leads to a loss of traction, which in turn leads to a decrease in the acceleration (or braking) of the locomotive. It also brings about intense wear, both on the wheel bandage and on the track. The article will consider several options for limiting this phenomenon.

Key words: underground mining locomotives, wear, anti-sliding system

МЕТОДИ ЗА ОГРАНИЧАВАНЕ НА БОКСУВАНЕ НА РУДНИЧНИТЕ ЛОКОМОТИВИ ЗА ПОДЗЕМЕН ИЗВОЗ

Любен Тасев

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София

РЕЗЮМЕ. Боксуването на колелата спрямо релсата на рудничните локомотиви, е една от основните причини за износването на първата. Това води до загуба на сцепление, което от своя страна до намаляване до спиране на ускорението (спирането) на локомотива. Води и до интензивно износване както на бандажа на колелото, но и на релсовия път. В статията ще се разгледат няколко варианта за ограничаване на това явление.

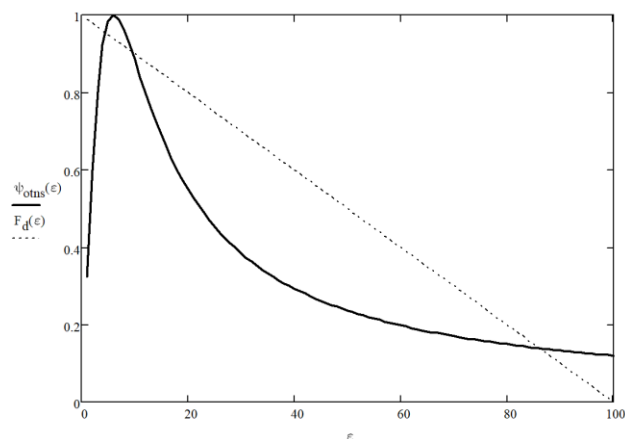
Ключови думи: руднични локомотиви за подземни извоз, износване, противобоксуваща система

Въведение

Боксуването на колелата спрямо релсата на рудничните локомотиви е една от основните причини за износването на първата. Това води до загуба на сцепление, което от своя страна води до намаляване ускорението на локомотива, а следователно и до интензивно износване както на бандажа на колелото, така и на релсовия път. В статията ще се разгледат възможностите за ограничаване на това явление.

Изложение

Износването на основните възли в рудничния локомотив се определя от реалния път, в който се осъществява триенето и интензивността на износване. Бандажните гривни контактуват с релсата само в определен момент. В зоната на контакта се осъществява определено еластично приплъзване (Тасев, 2015). Това приплъзване представлява отношението на обиколката на бандажната гривна към действително изминатият път. При нормални условия това отношение е в границите от 0,1 до 4 %. В този процес на приплъзване се променя и коефициентът на сцепление. Кривата на изменение на сцеплението започва с възходящ участък. Увеличаването на приплъзването води до увеличаване на сцеплението. Това нарастване продължава до достигане на максималната стойност на коефициента на сцепление. Устойчива работа на локомотива имаме в първия участък, в който при нарастване на приплъзването нараства и коефициентът на сцепление. Работата във втория и третия участък е неустойчива, тъй като с увеличаване на приплъзването, коефициентът на сцепление пада и процесът завършва с боксуване.



Фиг. 1. Изменението на коефициента на сцепление в зависимост от приплъзване

Реалният път на износване се определя от приплъзването на колелото спрямо релсата и може да се опише със следната зависимост (Крагелски, 1978):

$$l_{uz} = \varepsilon L = 2\varepsilon \pi R_k n \quad (1)$$

$$i_{uz} = l_{uz} I_h = 2\varepsilon \pi R_k n I_h \quad (2)$$

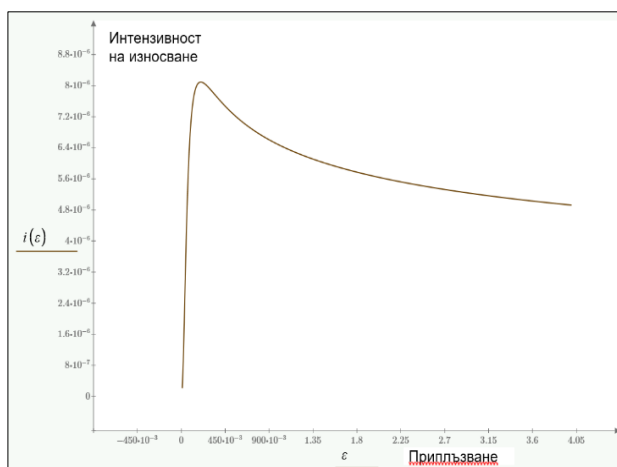
където L е общият изминатият път, km;

Стойностите на износването са в зависимост от относителното приплъзване ε , както се вижда и от горната зависимост. При боксуване стойностите на приплъзването стигат до големи размери, което води до износвания с няколко порядъка по-големи от тези при нормални условия на работа.



Фиг. 2. Средства за ограничаване на боксуването

Анализирайки горната формула, с цел ограничаване на боксуването трябва или да намалим теглителната сила, респективно въртящия момент от двигателя, или да повишим сцеплението. Методи за това са представени на фиг. 3.



Фиг. 3. Изменение на износването спрямо приплъзването за един километър

За намаляване на теглителната сила се ограничава тока, който се подава към двигателя. Това става чрез превключване от машиниста на по ниска степен на контролера. А увеличаването на сцеплението с подсипване с пясък.

Режимът на боксуване е изключително вреден и може да се счита за аварийен при работата на рудничните локомотиви. Причина за това е не само интензивното износване на бандажните гривни, но и загуба на тяга и преразход на електрическа енергия.

Установено боксуване се получава винаги когато теглителната (или спирателната сила) е по-голяма от произведението на коефициента на сцепление по нормалния натиск.

$$F_T > fN$$

Масово използваният метод за увеличаване на сцеплението е подсипване с пясък (Переновски 2016). Той е нежелателен, защото води до промяна в режима на

триене от сухо към абразивно. Последното е свързано със значително увеличение на интензивността на износване и трябва да се използва само при липса на други варианти.

Съществуват и други методи за увеличаване на коефициента на сцепление, които по различни причини не са намерили приложение в минната практика. С цел пълнотата на изложението ще посоча тези методи.

1. Почистване на релсовите пътища с цел увеличаване коефициента на сцепление.
2. Намагнетизиране на колела с помощта на тяговия ток на двигателя. Методът има известни предимства, но изисква усложняване на конструкцията на локомотива. Използване на чисти от кал и прах релси и др. Тук трябва да се отбележи, че намагнетизираните колела събират изпадналите по линиите магнитни материали.
3. Електроискрово обработване на релсовия път непосредствено преди навлизането на бандажното колело. Методът е сложен, води до интензивно износване на релсите и практически не е намерил приложения.
4. Покритие на работното колело с активизатор на триенето. По този въпрос се работи като известни успехи са постигнали американски и френски специалисти с препарати, които увеличават коефициента на сцепление до 0.4. Използването на този метод е свързано с увеличаване общото съпротивление на движение на подвижния състав.

Увеличение на сцеплението може да се осъществи с преразпределение на масите на самия локомотив (Биличенко, 2010). Много често условията на работа на двете колооси предполагат в режимът на боксуване да е само една от водещите колооси. Това е особено характерно при последователно свързване на двата двигателя. В този случай повишение на сцеплението, респективно ограничаване на боксуването, може да се постигне чрез преразпределение на масите на локомотива. За целта се използва подходяща по размер тежест, която конструктивно е разположена така, че в нормално положение се намира в централната ос на локомотива. При боксуване на коя да е от колосите може да се премести към боксуващата колоос. Затова теглото върху боксуващата колоос ще се увеличи с ½ то теглото на компенсираща плоча, с което се увеличава общото сцепление. Методът не е използван досега и е предложен от автора за патентоване. Системата би била

много ефективна ако се използва задвижване и автоматично управление съгласно показана та блок схема.

Типично за момента рудничните локомотиви за подземен извоз са с единично задвижване на всяка от колоосите и контролерно реостатно управление (Джустров, 2012) на двигателите. При тази схема на управление в началния период на ускоряване на локомотиви двата двигателя се свързват последователно. Това се прави с цел намаляване на загубите при ускоряване на подвижния състав и значително намаляване мощността на пусковите съпротивления (Зъбчев, 2025). Тази схема има предимства от енергийна гледна точка, но има сериозен недостатък. При последователно свързване изменението на натоварването на един от двигателите води до намаляване на неговата честота на въртене. При това напрежението, което пада върху него, намалява съгласно формулата:

$$U_{\phi 1} = C\Phi\omega_1 \quad (3)$$

където:

C – електромеханична константа на съответния двигател;

ω - честота на въртене на двигателя;

Φ – магнитен поток.

Тъй като двата двигателя са свързани последователно, върху втория двигател се подава по-голямо напрежение, определено от зависимостта:

$$U_{\phi 2} = U - U_{\phi 1} \quad (4)$$

където U е напрежението, което се подава от контролера.

Повишеното напрежение върху втория двигател води до увеличаване на неговата честота и той може да изпадне в режим на боксуване. Тази нестабилност на работа на двигателите при последователно свързване води до намаляване на теглителната сила на машината. Независимо от това при влошаване на коефициента на сцепление на една от колооса при този режим на свързване винаги съществува възможност на изпадане на едното задвижване в режим на боксуване, като другото практически не развива тягова сила. Последно се лимитира от намаления общ ток през двата двигателя, който намалява при изпадане в режим на боксуване на едно от задвижванията.

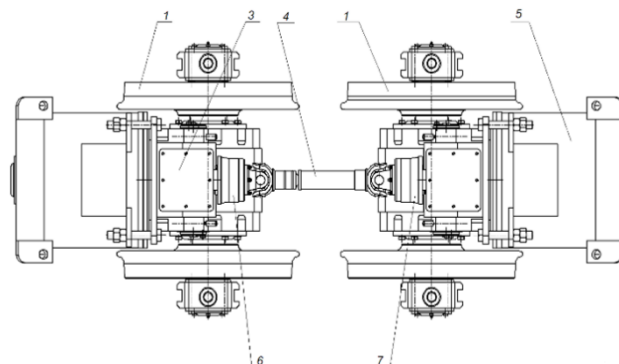
$$I = \sqrt{\frac{C}{\omega}}, A; \quad (5)$$

За избягване на това критично състояние съществуват електрични и механични методи.

Групово задвижване

По мнение на автора, един много сигурен начин, който не е намерил приложение в рудничните локомотиви, е осигуряване на групово задвижване виж фиг. 4. Подобно задвижване е разработен за 7-тонен рудничен локомотив с намалена база. За да се осигури възможност за вертикално и напречно независимо преместване на двете колооси е запазена самостоятелността на единичните задвижвания. Като се вземе предвид други трудове (Тонкова Г. 2021)

кинематичната връзка между тях е осъществена с карданен вал с два пускови предпазни съединителя. Включване на съединител (п. 6) става ръчно или автоматично при разлика на въртене на двете колооси. Съединител (п. 7) има предпазна функция Това изключва постоянното боксуване на коя и да е от колоосите. Нашият опит в рудник “Батанци” показва, че в нестационарни режими се осигурява с 20 % по- голяма тяга на локомотива..



Фиг. 4. Групово задвижване на рудничен локомотив

Въвеждане на допълнително спирачно усилие

Намаляване на теглителната сила чрез въвеждане на спирачно усилие върху боксуващото колело може да намери приложение при последователно свързване на двигателите. При въвеждане на спирачен момент към боксуващата колоос, токът през двигателя нараства, а честота на въртене спада. Двата двигателя са свързани последователно, съответно нараства тока и през двигателя на небоксуващото задвижване. Неговият момент нараства, а теглителната сила на задвижване се увеличава. С дозиране на допълнителния спирачен момент може да се стигне до там, че сумата на двете теглителни сили да е по голяма от съпротивлението на придвижване на подвижния състав, т.е. подвижният състав ще се ускори:

$$F_{k1} + F_{k2} > \sum W \quad (6)$$

Трябва да се отбележи, че целият процес на въвеждане на допълнителна спирачна сила трябва да се извършва прецизно и с потегляне на подвижния състав внимателно да се намали допълнителната спирачна сила и локомотивът да продължи да работи на естествените си характеристики.

Условието за да може локомотива да преустанови боксуването е следното:

$$F_{m1} = F_{m2} \quad (7)$$

$$F_{cy2} = \psi_2 N - F_{cn} \quad (8)$$

откъдето се вижда, че спирачното усилие трябва да е равно на:

$$F_{cn} = \psi_2 N - F_{cy1} \quad (9)$$

където:

ψ_1 – коефициент на сцепление на боксуващата колоос;

ψ_2 – коефициент на сцепление на небоксуващата колоос.

За да се реализира горния процес, е необходимо да се автоматизира. За целта трябва да има датчици за ъгловата скорост на въртене на двете колооси, датчик за ускорение на локомотива, датчици за тока на двигателите, спирачни устройства, снабдени с апаратура за автоматично управление и контролер, съвместяващ работата на системата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разгледаните методи в статията може да послужат за основата на една сериозна модернизация на рудничните локомотиви за подземен извоз. Авторът счита за най-перспективни груповото задвижване и прилагането на спирачно усилие, върху което смята да посвети бъдещите си разработки.

Литература

- Тасев, Л. (2015). Физически основи на предаваната тягова сила посредством контакта на триене при руднични локомотиви за подземен извоз. Годишник на Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски”, Том 58, св. III.
- Тонкова Г., Пулев, С. (2021). Намаляване на натоварването при усукващи трептения на вал. Годишник на Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски”, ISSN: 2738-8808(печатно), ISSN: 2738-8816 (онлайн), том 64, стр. 165–167.
- Джустров К., (2012), *Усъвършенстване електрообзавеждането на руднични акумулаторни локомотиви*, дисертационен труд за ОНС Доктор.
- Биличенко. (2010). *Снижение энергопотребления на шахтном транспорте*. Днепропетровск: НГУ
- Крагелски. (1978). *Основк разчет триен и износ*. Москва: МИР.
- Переновски, Н. С. (2016). Ръководство за упражнения по проектиране на миннамеханизация. изд. къща “Св. Иван Рилски”, ISBN 978-954-353-313-8.