

НОВА КОНСТРУКЦІЯ МАГНІТНОГО СПОВІЛЬНЮВАЧА І МОЖЛИВОСТІ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ

У статті автори пропонують один із напрямків модернізації гальмівної системи залізничного транспорту в Україні з метою підвищення технічного ресурсу та ефективності гальм, які використовують сили тертя. Зі зростанням швидкості технічний ресурс гальмівних колодок різко зменшується із-за надлишкового температурного перегріву елементів фрикційних гальм (гальмівного диску і колодок). Це призводить до прискореного зносу контактуючих поверхонь, зменшення коефіцієнту зчеплення і внаслідок зниження ефективності гальм. Тому для гальмування на великих швидкостях використовують гальма іншого типу: електродинамічні, гідродинамічні, електромагнітні, магнітні тощо.

Дослідження авторів присвячені створенню нової конструкції магнітного сповільнювача з постійними магнітами (магнітний ретардер або скорочено магнетардер), яка на відміну від відомих закордонних зразків дозволяє регулювати гальмівний коефіцієнт у широкому діапазоні. Авторами пропонується концепція ефективного використання магнетардери, як гальмового пристрою для сповільнення руху залізничних колісних пар, що експлуатуються на швидкісних потягах. Надаються рекомендації щодо його застосування на залізничному транспорті у якості додаткових гальм разом із традиційними фрикційними гальмами.

Ключові слова: магнітний сповільнювач, магнетардер, ретардер, технічний ресурс гальмівних колодок, міжремонтний пробіг колісних пар.

Сьогодні на швидкісних потягах здебільшого використовуються фрикційні гальма, конструкція яких складається із гальмівного диску і гальмівних колодок, що притискаються спеціальним механізмом до диску і завдяки силі тертя уповільнюється рух колісної пари. Є багато наукових розробок, що стосуються використання гальмівних колодок, виготовлених з різного матеріалу з метою поліпшення гальмівної сили. Напрямок подальшого вдосконалення гальм фрикційного типу має певні обмеження. Це пов'язано з фізичною природою самих гальм в яких використовуються сили тертя [1]. Можливості збільшення гальмівної сили колодок за рахунок використання іншого композитного матеріалу обмежені, бо в такому разі замість гальмівних колодок збільшиться знос гальмівного диску і навпаки. Гальма фрикційного типу ефективно використовувати на швидкостях до 110 км/год. Їх ефективність різко зменшується пропорційно зростанню швидкості, тому для гальмування на великих швидкостях використовують гальма іншого типу: електродинамічні, гідродинамічні, електромагнітні, магнітні тощо.

Зазвичай у швидкісних потягах комбінують різні типи і застосовують сумісно декілька типів гальм з розподілом режиму їх застосування у залежності від величини швидкості. Наукові дослідження авторів присвячені створенню нової конструкції магнітного сповільнювача і концепції його ефективного використання як гальмового пристрою у сукупності із гальмами фрикційного типу для сповільнення руху залізничних колісних пар, що експлуатуються на швидкісних потягах.

Прикладна проблема, на вирішення якої спрямовані дослідження. Головна проблема усіх гальм фрикційного типу – це зростання температури нагріву гальмівного диску і колодок при збільшенні швидкості руху, що призводить до прискореного зносу їх контактуючих поверхонь, зменшення коефіцієнту зчеплення і внаслідок зниження ефективності гальм, які використовують сили тертя. На закупівлю гальмівних колодок тільки Одеська залізниця витрачає 9,5 млн. гривень на рік. І це потреби рухомого складу, який експлуатується зі швидкістю до 110 км/год. Якщо швидкість потягів збільшиться до 140 км/год. витрати на закупівлю колодок збільшаться на 40%, а при швидкості 160 км/год. перевищення витрат збільшиться у 2 рази. Це обумовлено тим, що технічний ресурс гальмівних колодок різко зменшується зі зростанням швидкості, на якій проводиться

гальмування потягів, окрім додаткових проблем, виникаючих із температурним перегрівом елементів фрикційних гальм, що саме і є причиною підвищеного їх зносу.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Сфера застосування допоміжних гальм-сповільнювачів (ретардерів) з кожним роком стає все ширше. І чималу роль в цьому процесі відіграє конкуренція між двома різними принципами поглинання енергії – гідравлікою і електрикою. Перший ретардер німецької фірми Voith був зовсім не автомобільним, а залізничним. Півстоліття тому в США вже працювали потяги величезної маси (до 10000 т) і запаморочливої довжини (до 5 км). Тягали їх, аж десять тепловозів, потужністю 4000 к.с. кожен. А оскільки загальмувати таку рухливу масу на крутому схилі вкрай непросто, в 1961 році фірма Voith розробила трансмісію, де процес тривалого гальмування був покладений на гідродинамічний пристрій – ретардер [2].

Ініціатором використання ретардерів на автобусах став Отто Кессборер, «батько» автобусів Setra (це було в 1968 році). Зараз же практично всі туристичні лайнери європейських марок оснащуються ретардером [3].

У сектор вантажного автомобілебудування ретардери прийшли в середині сімдесятих. Сьогодні у Європі виробництвом електродинамічних сповільнювачів для вантажних автомобілів займаються група компаній, таких як ValeoTelma (Франція), Frenelsa (Італія), Voith (Німеччина). Проведені тести вантажних автомобілів зі встановленим ретардером показали блискучі результати – витрати на ремонт гальм протягом терміну експлуатації були знижені на 66%. Водії, які брали участь у тестуванні, особливо відзначили додаткові переваги: відмінну силу гальмування, підвищену безпеку і підвищений комфорт.

Принцип роботи ретардери фірми Voith полягає в використанні вихрових струмів Фуко, які генеруються у протилежному напрямку постійними магнітами при обертанні ротора. Оскільки ці струми діють в протилежному напрямку обертання ротора (карданний вал) це і призводить до уповільнення руху транспортного засобу (рис.1).

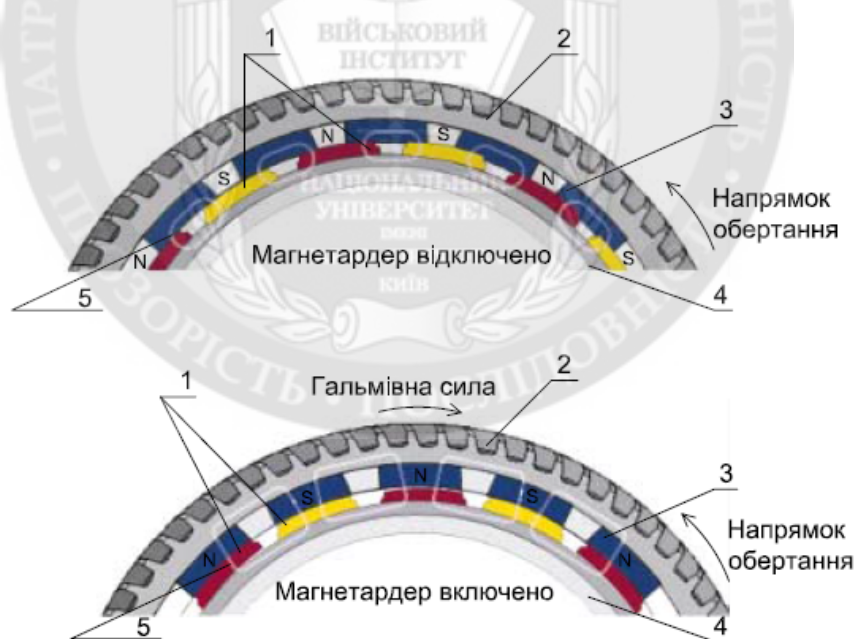


Рис. 1. Функціональна схема роботи ретардери фірми Voith: 1 – постійні магніти, які розташовані попарно з протилежними полюсами, 2 – обертовий ротор, 3 – магнітопровід, 4 – статор (ярмо), 5 – петлі магнітного потоку

Під час застосування ретардери змінюється тільки напрямок петель магнітного потоку відносно обертового ротору. При переміщенні парних магнітів 1 з протилежними полюсами (рис. 1) відносно статора 4 петлі магнітного потоку 5 замикаються, або по короткому шляху всередині ярма 4, або по довгому шляху через магнітопровід 3 і обертовий ротор 2. При цьому розрахункова величина гальмівного моменту і потужності магнітного поля

зкладається конструкторами ще на стадії виробництва ретардери для кожного типу транспортного засобу окремо в залежності від експлуатаційної швидкості обертання ротору (рис. 2).

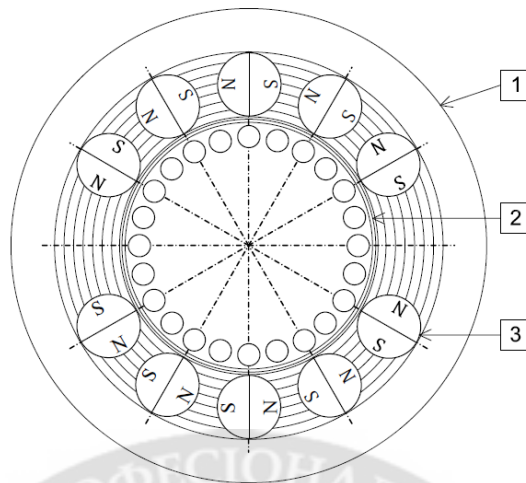


Рис. 2. Поперечний переріз магнетардери при відсутності впливу магнітного поля на обертовий ротор: 1 – постійні магніти, 2 – обертовий ротор, 3 – магнітопровід, 4 – статор (ядро), 5 – петлі магнітного потоку

При виборі ретардери треба враховувати те, що розрахункова величина гальмівного моменту змінюється при гальмуванні від швидкості обертання ротору (рис. 3).

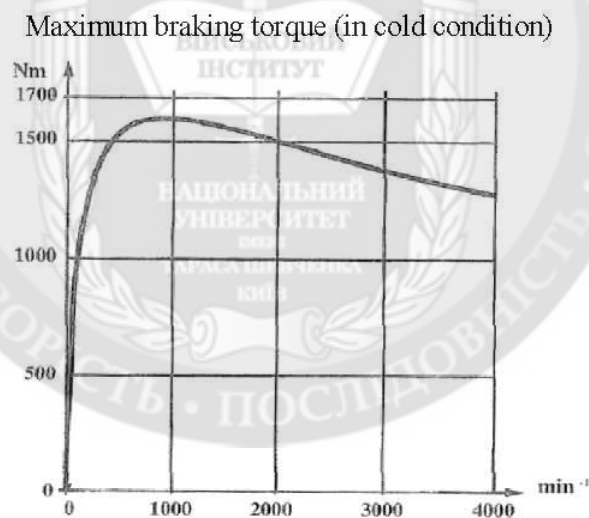


Рис. 3. Залежність розрахункової величини гальмівного моменту при гальмуванні від швидкості обертання ротору

Під час експлуатації керування процесом гальмування здійснюється самим керманічем за рахунок зміни у часі терміну гальмівної дії (включення ретардери) на обертовий ротор (карданний вал) магнітного поля розрахункової потужності. При цьому термін застосування ретардери у часі обмежено і залежить від величини допустимої температури нагріву конструктивних елементів ретардери і механічної трансмісії в наслідок перетворення механічної енергії обертання ротору при сповільненні у теплову. Дослідження показали, що температура нагріву окремих конструктивних деталей ретардери може сягати до 700 °С.

Таким чином під кожні умови експлуатації виготовляється свій окремий ретардер з постійними магнітами відповідної гальмівної потужності. Це в значній мірі підвищує

собівартість виробництва ретардери і звужує умови його використання на транспортних засобах.

Мета наукових досліджень – збільшення технічного ресурсу елементів гальм фрикційного типу не знижуючи ефективності гальмування транспорту.

Основне завдання, яке ставлять перед собою автори - це зниження експлуатаційних витрат на технічне обслуговування транспорту. Проблему планується вирішувати за допомогою:

- розробки концепції підвищення технічного ресурсу гальм фрикційного типу за рахунок впровадження дворежимного гальмування із застосуванням двох різних типів гальм;
- створення нової конструкції магнітного сповільнювача і експериментальна перевірка ефективності його використання як додаткового гальмового пристрою у сукупності із гальмами фрикційного типу для сповільнення руху.

Об'єктом дослідження є процес гальмування транспорту, що експлуатується на великих швидкостях.

Предметом дослідження – є способи підвищення технічного ресурсу гальм фрикційного типу.

Виклад основного матеріалу. Автори вже мають патент України на винахід [4], який стосується конструкції і місця розміщення магнетардери у якості додаткових гальм електромагнітного типу на пасажирських вагонах (рис. 4).

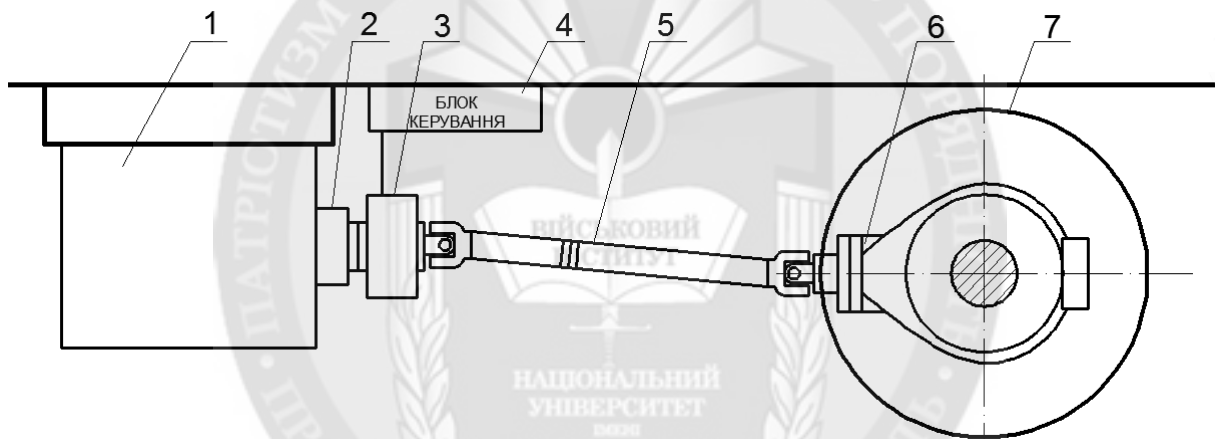


Рис. 4. Принципова схема місця розміщення магнетардери: 1 – підвагонний генератор, 2 – гумометалічна муфта, 3 – магнетардер, 4 – блок керування, 5 – карданний вал, 6 – редуктор, 7 – колісна пара

Автори отримали другий патент [5], що стосується розробки нової конструкції ретардери з постійними магнітами, під новою назвою «магнетардер», який відрізняється за своїми експлуатаційними властивостями від аналогічних зразків магнітних сповільнювачів закордонних виробників.

Суть другого винаходу авторів, полягає в розробці нової конструкції магнетардери, яка дозволяє механічним способом плавно керувати потужністю магнітного поля в залежності від кута повороту постійних магнітів щодо обертового ротору на відміну від закордонного аналогу фірми Voith, в якому потужність є незмінною величиною, а керування напрямком петель магнітного поля здійснюється за рахунок переміщення парних магнітів відносно магнітопроводу 3 і статору 4 (рис. 1).

На відміну від ретардери фірми Voith, в якому є механічне переміщення одного ряду магнітів відносно другого ряду магнітів, в запропонованій авторами конструкції, регулювання магнітного поля вирішується шляхом обертання магнітів навколо своєї осі. Саме тому магніти мають циліндричну форму і намагнічені перпендикулярно поздовжньої осі.

Магнетардер працює в такий спосіб. Якщо постійні магніти 3 у статорі 1 займають положення таким чином (рис.2), щоб поздовжня поділяюча біполярні полюси магніту площина розташовувалася радіально стосовно обертового ротора 2, то в такому положенні магнітне поле від постійних магнітів 3 буде розташовано концентрично навколо ротора 2 (на рис. 2 позначено силовими лініями по колу статора), і не взаємодіє з ротором 2, що забезпечує йому безперешкодне обертання від ротора двигуна з яким зв'язаний магнетардер.

У запропонованій конструкції магнетардери, для забезпечення зміни швидкості обертання ротора двигуна або його гальмування, з яким кінематично зв'язаний магнетардер, за допомогою привода постійних магнітів 3 у статорі 1 механічно повертають в інше положення таким чином, щоб поздовжня поділяюча біполярні полюси магнітів 3 площина розташовувалася паралельно стосовно обертового ротора 2. У результаті такого обертання, відбувається зміна напрямку магнітного поля з концентричного стосовно ротора 2, до перпендикулярного напрямку (на рис. 5 позначено штриховими силовими лініями, направленими радіально до ротора), у результаті чого здійснюється взаємодія магнітного поля з ротором 2, що приводить до сповільнення його обертання (рис. 5).



Рис. 5. Поперечний переріз магнетардери при взаємодії магнітного поля з обертовим ротором

При цьому кути повороту кожного знабору постійних магнітів 3 можуть бути різними по величині й регулюватися, що забезпечить плавнерегулювання сповільнення обертання або гальмування ротора двигуна. Обертання постійних магнітів 3 навколо своєї поздовжньої осі здійснюється за допомогою будь-яких пристроїв (механічних, електричних), звичайно застосовуваних для таких цілей.

Додатковий технічний результат, який полягає в підвищенні потужності магнітного поля постійних магнітів, досягається використанням магнітів, які виконані з композитів на основі суміші порошків неодиму, заліза і бору, або з композитів на основі суміші феритів барію або стронцію, або композитів на основі самарію та кобальту.

Нова конструкція магнетардери дозволяє зменшити ефект пригальмування, який виникає при вимиканні сповільнювача. Даний ефект виникає у зв'язку з можливістю часткового проходження магнітного потоку через ротор. Використовуючи магніти циліндричної форми, зменшена площа намагнічування, що призводить до зменшення ефекту пригальмування, яке в свою чергу веде до зменшення витрат палива. Також відрізняються методи управління потоками і напрямком намагнічування. Використовуючи, обертання магнітів і поздовжнє намагнічування, досягається найбільш повне замикання петель магнітного потоку, на відміну від використання зміщення магнітного потоку і поперечного намагнічування. Використовуючи магніти циліндричної форми з поздовжнім

намагнічуванням і метод управління магнітним потоком шляхом їх обертання, призводить до контрольованого управління потужністю магнітного потоку, тобто управлінням гальмівної силою не включено/відключено, а використання ступеневого режиму, що є більш сприятливим режимом роботи для трансмісії. Дану перевагу можливо використовувати при встановленні ідентичних магнетардерів на різні транспортні засоби за розміром та потужністю, що веде до уніфікованого виробництва.

Висновки. Новизна запропонованої авторами конструкції магнетардери відносно відомого ретардери з постійними магнітами фірми Voith вбачається:

1) в заміні магнітів з поздовжнім намагнічуванням на поперечне відносно їх найбільшого геометричного розміру;

2) в заміні геометричної форми магнітів з прямокутної на циліндричну;

3) в заміні принципу механічного переміщення магнітів для здійснення процесу гальмування відносно центру обертового ротору з кутового на ексцентричний;

4) в можливості змінювати в широкому діапазоні розрахункової величини потужності магнітного поля (напрямок петель магнітного потоку) під час гальмування за рахунок зміни кута обертання циліндричних магнітів з поперечним намагнічуванням в статорі.

Перспективи щодо впровадження. Технічні можливості нової конструкції магнетардери дозволяють спрогнозувати привабливі перспективи більш широкого впровадження магнетардери у транспортній галузі завдяки:

– зменшення на 40÷50% загальної вартості виготовлення магнетардери за рахунок уніфікації;

– можливості використання однієї моделі магнетардери на багатьох різних типах транспорту за рахунок широкого діапазону зміни величини потужності магнітного потоку під час гальмування;

– підвищення комфорту при гальмуванні за рахунок плавного регулювання величини гальмівного моменту в широкому діапазоні в залежності від дорожньої обстановки шляхом зміни кута обертання циліндричних магнітів з поперечним намагнічуванням в статорі;

– підвищення безпеки руху за рахунок необмеженої у часі можливості застосовувати магнетардер в режимі гальмування;

– зниженню витрат на ремонт гальм протягом терміну експлуатації за рахунок можливості плавного регулювання і дієвого контролю за співвідношення між задіяною у часі величиною гальмівного моменту і температурою нагріву конструкційних деталей механічної трансмісії.

Для підвищення ефективності використання гальм фрикційного типу пропонується зменшити технологічний час використання гальм фрикційного типу для уповільнення швидкості пасажирських вагонів за рахунок дії додаткових гальм магнітного типу, які будуть використовуватися сумісно. Пропонується застосовувати фрикційні гальма тільки при швидкостях до 110 км/год., а при більших швидкостях використовувати магнітні гальма, ефективність яких збільшується пропорційно збільшенню швидкості, що призведе до збільшення загального терміну експлуатації (технічного ресурсу) гальм фрикційного типу, що буде сприяти не тільки суттєвому зменшенню щорічних матеріальних витрат на технічне обслуговування рухомого складу, але й підвищенню безпеки руху швидкісних потягів завдяки більшій ефективності і надійності роботи гальм в цілому.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Шушарин А. В. Физические основы технологических процессов на железнодорожном транспорте. Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / А. В. Шушарин – Челябинск: ЧИПС, 2006. – 270с.

2. Betterbrakingmadeeasy: Magnetarder [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: <http://voith.com/en/products-services/power-transmission/retarders-bus/voith-magnetarder-10466.html#>. – Заголовок с экрана, доступ свободный, 20.11.2014.

3. Магнитная стихия. Журнал «Автопарк», №5, 2012 [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: <http://http://www.autotruck-press.ru/archive/number110/article1043>. – Заголовок с экрана, доступ свободный, 20.11.2014.

4. Боряк К. Ф., Возний В. И., Мартиненко С. П. Електродинамічні гальма для рейкового транспорту // Патент UA№93284. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.09.2014р. – Бюл. №18.

5. Боряк К. Ф., Беліков В. Т., Возний В. И., Лисий О. В., Ленков С. В., Мартиненко С. П. Магнетардер // Патент UA №96881. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.02.2015р. – Бюл. №4.

REFERENCES:

1. Shusharin A.V. Fizicheskie osnovy teh-nologicheskikh processov na zheleznodorozhnom transporte. Uchebnoe posobie. 2-e izd., pererab. i dop. / A. V. Shusharin – Cheljabinsk: ChIPS, 2006. – 270s.

2. Betterbrakingmadeeasy: Magnetarder [Jelektronnyj re-surs] // Rezhim dostupa URL: <http://voith.com/en/products-services/power-transmission/retarders-bus/voith-magnetarder-10466.html#>. – Zagolovok s jekrana, dostup svobodnyj, 20.11.2014.

3. Magnitnaja stihija. Zhurnal «Avtopark», №5, 2012 [Jelektronnyj re-surs] // Rezhim dostupa URL: <http://http://www.autotruck-press.ru/archive/number110/article1043>. – Zagolovok s jekrana, dostup svobodnyj, 20.11.2014.

4. Borjak K. F., Voznyj V. I., Martynenko S.P. Elektrodynamichni gal'ma dlja rejkovogo transportu // Patent UA№93284. Zarejestrovano v Derzhavnomu rejestri patentiv Ukrai'ny na korysni modeli 25.09.2014r. – Bjul. №18.

5. Borjak K. F., Belikov V. T., Voznyj V. I., Lysyj O. V., Ljenkov S. V., Martynenko S. P. Magnetarder // Patent UA №96881. Zarejestrovano v Derzhavnomu rejestri patentiv Ukrai'ny na korysni modeli 25.02.2015r. – Bjul. №4.

Рецензент: д.т.н., проф. Ваганов О. И., головний метролог, начальник центру стандартизації та метрології Одеської залізниці

д.т.н., доц. Боряк К.Ф., к.т.н. Афтаниук О.В., Возний В.И.

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ МАГНИТНОГО ЗАМЕДЛИТЕЛЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ УКРАИНЫ

В статье авторы предлагают одно из направлений модернизации тормозной системы железнодорожного транспорта в Украине с целью повышения технического ресурса и эффективности тормозов, которые используют силы трения. С ростом скорости технический ресурс тормозных колодок резко уменьшается из-за избыточного температурного перегрева элементов фрикционных тормозов (тормозного диска и колодок). Это приводит к ускоренному износу контактирующих поверхностей, уменьшению коэффициента сцепления и, как следствие, к снижению эффективности торможения. Поэтому на высоких скоростях используют другую систему тормозов: электродинамические, гидродинамические, электромагнитные или магнитные.

Исследования авторов посвящены созданию новой конструкции магнитного замедлителя с постоянными магнитами (магнитный ретардер, сокращено - магнетардер), который в отличие от известных зарубежных образцов позволяет регулировать тормозной коэффициент в широком диапазоне. Авторами предлагается новая конструкция магнитного замедлителя (магнетардер) и концепции его эффективного использования в качестве тормозного устройства для замедления движения железнодорожных колесных пар, эксплуатируемых на скоростных поездах. Рассматриваются его отличия и преимущества перед другими конструкциями известных зарубежных производителей магнитных ретардеров. Даются рекомендации по его применению на железнодорожном транспорте в качестве дополнительных тормозов вместе с традиционными фрикционными тормозами.

Ключевые слова: магнитный замедлитель, магнетардер, ретардер, технический ресурс тормозных колодок, межремонтный пробег колесных пар.

Ph.D. Boryak K.F., Ph.D. Aftaniuk O.V., Vozniy V.I.
**A NEW DESIGN OF MAGNETIC RETARDER AND POSSIBILITIES OF ITS
APPLICATION IN THE UKRAINIAN RAILWAY TRANSPORT**

The authors suggest one of the directions of the braking system of railway transport development in Ukraine in order to increase the service life and effectiveness-efficiency brakes that use friction. With increasing speed operating life of brake pads decreases sharply because of redundant temperature overheating the friction elements of brakes (brake disc and pads). This leads to accelerated wear of the contacting surfaces, co-reduction coefficient of adhesion and, as a consequence, a reduction in braking efficiency. Therefore, at high speeds using a different brakes: electrodynamic, hydro--nomic, electromagnetic or magnetic.

Research authors devoted to the creation of a new design of magnetic retarder with permanent magnets (magnetic retarder, reduced - magnetarder), which is in contrast to the well-known foreign models allows you to adjust the brake factor in a wide range. A new design of magnetic retarder (magnetarder) and concepts of its effective application as a braking device for retarding the movement of railway wheelsets used in high-speed trains is put forward. Its distinctions and advantages over other designs of famous foreign manufacturers of magnetic retarders are considered. Recommendations on its application in the railway transport as additional brakes together with conventional friction brakes are given.

Keywords: magnetic retarder, magnetarder, technological lifespan of brake blocks, interrepair running of wheelsets.

