

УДК 625.42 : 625.23

О.М.ЗАДОРОЖНИЙ

*Харківська національна академія міського господарства*

## **ДЕЯКІ СПОСОБИ ПРИПИНЕННЯ ЮЗУ ВАГОНІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ І ЇХ ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА**

Розглядається сучасний підхід до уникнення такого негативного явища при експлуатації вагонів метрополітену як надмірне прослизання колісних пар відносно рейок на прикладі юзу, найбільш характерного відхилення від нормального режиму руху поїзду. Наведена фізична інтерпретація цього явища, електричні схеми їх запобігання, приклади результатів досліджень, графіки процесів, співставлення варіантів.

Рассматривается современный подход к недопущению такого негативного явления в эксплуатации вагонов метрополитена как чрезмерное проскальзывание колесных пар относительно рельса на примере юза, наиболее характерного отклонения от нормального режима движения поезда. Предлагается физическая интерпретация этого явления, электрические схемы их предотвращения, примеры результатов исследований, графики процессов, сопоставление вариантов.

Modern approach is examined to non-admission of such negative phenomenon in exploitations of carriages of underground passage as excessive slipping of wheelpairs in relation to a rail on the example of 'juz', most characteristic deviation from the normal mode of motion of train. Physical interpretation of this phenomenon, electric charts of their prevention, examples of results of researches, graphs of processes, comparison of variants, is given in the article.

*Ключові слова:* юз, протиюзовий пристрій, інтерпретація юза, вимоги експлуатації, номінальне тягове прискорення, схема гальмування, процес гальмування, зрівняльний струм, прослизання, контакт колеса з рейкою, СДРК (серводвигун реостатного контролера).

Юз колісних пар – загальновідоме явище, властиве всім видам тягових одиниць. Проблемі боротьби з юзом надається істотна увага як на залізниці, так і на метрополітені як міському електричному транспорту.

Наукове значення проблеми пов'язано з осмисленням причин виникнення юза, його розвитку і припинення. Практичне значення юза зводиться до створення ефективних протиюзових пристроїв.

Стосовно вагонів метрополітену цій проблемі надається недостатня увага, не дивлячись на частоту вияву юза й істотні збитки від його виникнення. Практично всі спроби розробити і запровадити протиюзові пристрої на вагонах метрополітену не мають практичного застосування по причині невизначеності остаточного варіанту і обмежуються окремими пропозиціями технічного плану без урахування споріднених факторів ускладнюючих весь комплекс проблеми.

Аналіз досліджень [1-5] підтверджує цю тезу. Особливо наявно прослідковується відсутність аналізу впливу на погіршення режимів гальмування електропоїздів організаційної складової: підвищення вимог до технології ремонту і режиму ведення поїзду.

В даній статті подана фізична інтерпретація юзу вагону [1-3] метрополітену, способи його припинення і їх порівняльної оцінки, запропоновано напрямки попереджувального плану. На підставі приведених рекомендацій можливе створення протиюзового пристрою вагону метрополітену, який би відповідав сучасним вимогам експлуатації і що не менш важливо – технічні заходи щодо їх попередження.

Для подальших порівняльних оцінок необхідно визначити номінальне тягове прискорення вагону метрополітена.

Розрахунок проводиться для потягу з двох вагонів, кожний з яких має масу 40,0 т.

З метою спрощення розрахунків, передбачається, що кожний з вагонів має дві осі, але двигун має вдвічі більшу потужність, ніж номінальна і, отже, удвічі більший момент.

$$\alpha_0 = \frac{NM_{ян} \cdot \mu}{R_k \cdot m}. \quad (1)$$

З урахуванням зроблених припущень:

$$\alpha_0 = \frac{4 \cdot 2 \cdot 710 \cdot 5,33}{0,39 \cdot 40000}; \quad \alpha_0 = 1,94 \text{ м/с}^2.$$

Номінальна гранична сила зчеплення:

$$\Psi_{нпс} = \frac{R_k \cdot 9,81 \cdot m_1}{4 \cdot \mu \cdot M_{ян}}; \quad (2)$$

$$\Psi_{нпс} = \frac{0,39 \cdot 9,81 \cdot 80000}{4 \cdot \mu \cdot 5,33 \cdot 110} = 10,1. \quad (3)$$

Номінальне прискорення ковзання

$$\nu_0 = \frac{\mu \cdot M_{ян}}{J_k}. \quad (4)$$

Оскільки в розрахунку з'єднані двигуни одного візка, то і моменти інерції колісних пар мають бути з'єднані:

$$\nu_0 = \frac{5,33 \times 710 \times 2}{2 \times 173} = 21,9 \text{ 1/с}^2. \quad (5)$$

Схеми обмеження юзу при гальмуванні.

При гальмуванні потягу метрополітену двигуни кожного вагону з'єднуються в схему, зображену на рис.1.

Ідея модернізації такої схеми полягає в наступному. При юзі коліс частота обертання якорів зменшується, зменшується також ЕДС між точками А і В. Якщо між цими точками підтримувати ту ж напругу, що було перед настанням юзу, то між точками А і В протікатиме додатковий струм  $I_n$ . Цей струм розгалужується і протікає по ланцюгу Д1,

Д2, ОВ1, ОВ2, і ланцюгом Д3, Д4, ОВ3, ОВ4, причому по цих ланцюгах протікають приблизно рівні струми.

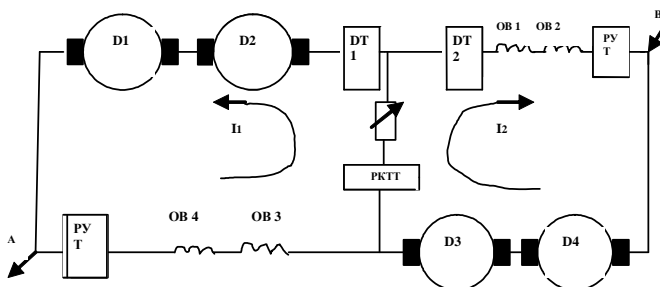


Рис. 1 – Схема гальмування

Оскільки при появі зрівняльного струму електромагнітний (гальмівний) момент обов'язково зменшується, тому юз колісної пари припиняється.

Для порівняння на рис.2 [6] зображено графіки процесу гальмування при виникненні юза. Як видно з графіків, впродовж приблизно 2 с від початку юзу останній вже складає близько 85% від частоти обертання неюзячої колісної пари, а гальмівний момент юзячої пари падає від номінального до  $\sim 0,1$  Мн. В реальних умовах в цій ситуації при такому малому моменті гальмування може спрацювати РКТТ і пневматичне гальмо, що напевно призведе до заклинювання і глухого юза. Через 21с швидкість потягу з двох вагонів, якщо колісні пари одного вагону юзять, складе близько 20 км/год, замість 5-8 км/год.

Процес гальмування без пристроїв юзу  
1 відрізок для S - 10%, для M - 2 Н/м

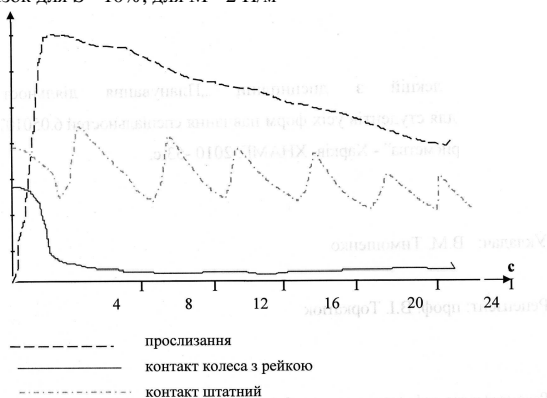


Рис.2 – Процес гальмування без протиюзного пристрою

Зупинка потягу в цій ситуації практично неможлива, раніше ніж через 5-6 с.

На рис.3 [6] наведено графіки моментів юзячого і неюзячого вагонів, коли зменшення юза досягається при подачі зрівняльного струму на точки А і Б.

Процес гальмування при підживленні тягових двигунів  
1 відрізок для S - 10%, для M - 2Н/м

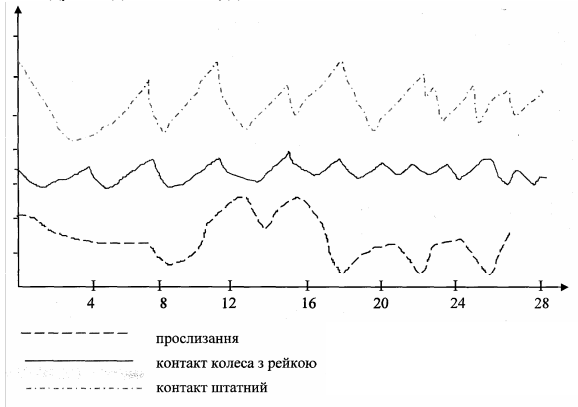


Рис.3 – Процес гальмування з підживленням тягового двигуна

В цьому випадку максимальне значення юзу складає близько 20% і досягається приблизно через 3 с після появи юзу. Приблизно через 7 с юз припиняється повністю і, якщо ділянка шляху із зниженим коефіцієнтом зчеплення має довжину менше 90 м, зчеплення відновлюється. Гальмівний момент при цьому варіанті зниження юза істотно вище, так що через 21 с потяг матиме швидкість близько 8-9 км/год, навіть в тому випадку, якщо коефіцієнт зчеплення у коліс одного вагону не змінюється. При цьому юз обода колісної пари щодо рейки періодично з'являтиметься і зникає, проте, максимальне прослизання не перевищить 10-12% частоти обертання неюзячої колісної пари.

Недоліком цього способу зниження юзу є досить великий зрівняльний струм, який відбиратиметься від інших вагонів. У максимумі цей струм може скласти до 1,8, а в середньому за час гальмування рівний  $0,6 I_n$ . Це значить, що якорі електродвигунів вагону з юзячими колісними парами будуть недовантажені під час юза приблизно на 30%, а обмотки збудження переобтяжені на ті ж 30% по струму.

На рис.4 [6] зображено графіки, що описують процес гальмування при загальмовуванні СДРК у разі появи юза.

В цьому випадку юз швидко розвивається і досягає максимуму (близько 30% від частоти обертання неюзячої пари через 1,5-1,7 с). Надалі приблизно через 7,5 с прослизання припиняється повністю. Як і

вище, якщо стан колії або колісних пар не міняються, прослизання періодично виникає знов, проте ніде не перевищує 10-11%. Гальмівний момент зберігається достатньо високим. Швидкість, при якій включаються вентилі заміщення досягається приблизно через 20-21 с.

Процес гальмування при загальмуванні СДРК  
1 відрізок для  $S = 10\%$ , для  $M = 2\text{Н/м}$

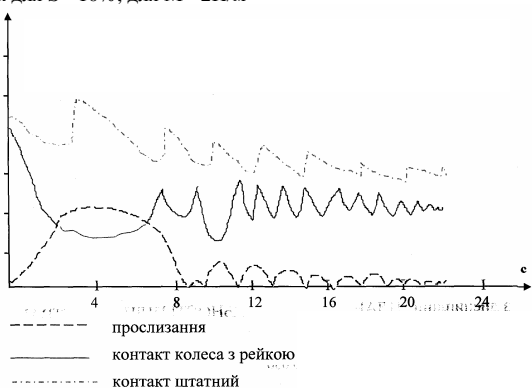


Рис.4 – Процес гальмування при загальмуванні СДРК

На рис.5 [6] зображено графіки, що описують процес гальмування при реверсуванні СДРК у разі появи юза. При зникненні юза СДРК знов обертається набираючи позиції.

1 відрізок для  $S = 10\%$ , для  $M = 2\text{Н/м}$

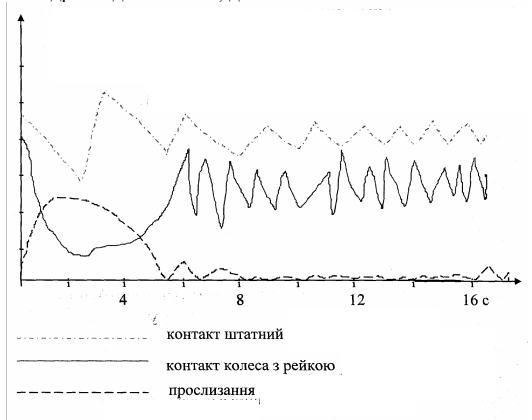


Рис. 5 – Процес гальмування при реверсуванні СДРК

Цей спосіб характерний тим, що після придушення юза, останній практично не виникає знов, оскільки СДРК підтримує таку величину

гальмівного опору, при якій гальмівний момент розвиває на ободі колеса силу в точності рівну силі зчеплення. Тільки дискретність роботи СДРК пояснює появу прослизання не перевищуючого 5% від частоти обертання неюзячої колісної пари. Проте, така жорстка підтримка гальмівного моменту призводить до того, що час гальмування росте через мале середнє значення гальмівного моменту. Через 21 с після початку гальмування швидкість потягу приблизно рівна 9-10 км/год (у тому випадку, якщо властивості зчеплення залишаться ті ж).

Таким чином, вибираючи оптимальний варіант пристрою для пристосування до тих чи інших умов експлуатації і використовуючи пропонувані варіанти є можливість вибору найбільш прийняттого.

#### *Висновки*

1. Якщо коефіцієнт зчеплення колеса з рейкою зменшено до 0,05-0,08, швидко розвивається прослизання колеса відносно рейки. Прослизання зростає до 80-85% від частоти обертів неюзячої колісної пари. При цьому зменшується гальмівне зусилля, оскільки робота РУТ і СДРК не спричиняють його збільшення. На практиці при таких ковзаннях необхідно включати вентилі пневматичного заміщення, що спричиняє глухий юз.

2. Для обмеження прослизання рекомендується:

- 2.1. З'єднати всі вагони зрівнювальними проводами.

- 2.2. Загальмувати СДРК при появі прослизання.

- 2.3. Реверсирувати СДРК при прослизанні.

3. Для того, щоб зафіксувати прослизання, доцільно використати зрівнювальні проводи між вагонами.

4. Підживлення двигунів через зрівнювальні проводи забезпечує найбільш швидко ліквідацію прослизання.

5. Загальмування СДРК забезпечує мінімальне збільшення гальмівного шляху.

Тому з розглянутих варіантів найбільш перспективним є спосіб припинення юзу шляхом загальмування СДРК.

Окремо слід зупинитися на проблемі уникнення надмірного прослизання за рахунок профілактичних заходів: додержання режимів ведення поїзду [7] і оптимізація підбору колісно-моторних блоків. Якщо перший напрямок має суцільно організаційний характер, то зупинимося на другому – технічному. Він не новий, але пропонується змінити підхід до нього за рахунок підвищення якісних параметрів при застосуванні. Як показали останні дослідження на базі ремонтно-механічної служби Харківського метрополітену, навіть без порушень технології капітального ремонту вагонів метрополітену при комплектації колісно-моторних блоків одного вагону в рамках допусків діаметрів колісних пар та частоти оберту тягових двигунів у обох напрямках руху максимальна відносна різниця лінійних швидкостей може досягати

9,5%. Але при оптимальному підборі колесно-моторних блоків, з урахуванням руху вагону в обох напрямках, та за умови вибору з тих самих колісних пар і тягових двигунів, максимальна різниця лінійних швидкостей може бути зниженою до 5,1%. Це досягається завдяки запропонованій програмі ПК і розглядається 184 можливі варіанти підбору для двох візків одного вагону.

В даній статті докладно цей напрямок уникнення надмірного прослизання колісних пар не розглядається, але очевидна його користь при комплексному застосуванні з іншими заходами.

Таким чином, запропоновано способи припинення надмірного прослизання коліс вагону метрополітену теоретично й експериментально обґрунтовані і можуть скласти основу для подальшого дослідження і, як результат, використані для впровадження на вагонах метрополітену та інших транспортних засобах з електричною тяговою передачею.

1. Розенфельд В.Е. и др. Теория электрической тяги. – М.: Транспорт, 1983. – 328 с.
2. Минов Д.К. Повышение тяговых свойств электровозов и тепловозов с электрической передачей. – М.: Транспорт, 1965. – 268 с.
3. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985.
4. Тихменев Б.И., Трахтман М.М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. – М.: Транспорт, 1980. – 471 с.
5. Далека В.Ф., Гайдуков В.Е., Минеева Ю.В., Скурихин И.Л., Андрейченко В.П. Повышение тормозных свойств вагона метрополитена / Отчет о науч.-техн. работе. – Харьков: ХНАГХ, 2005. – 15 с.
6. Задорожний О.М. Способи припинення юзу вагонів метрополітену і їх порівняльна характеристика // Матеріали міжнарод. наук.-практ. конф. «Сталий розвиток міст. Електричний транспорт – перспективи розвитку та кадрове забезпечення». – Харків: ХНАМГ, 2009. – С.120-121.
7. НТО Московского метрополитена. Режимы вождения поездов и экономия электроэнергии. – М.: Транспорт, 1968. – 71 с.

*Отримано 26.04.2010*

УДК 656.027

**О.І.ЛЕЖНЕВА**, канд. техн. наук

*Харківська національна академія міського господарства*

## **ЩОДО ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ НА МАРШРУТІ ПРИ ЗМІНІ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ**

Розроблено математичні моделі розподілу кореспонденцій залежно від співвідношення автобусів на маршруті, які працюють у звичайному режимі руху, та експресних автобусів, що дозволяють виконувати пошук заходів щодо підвищення ефективності функціонування пасажирських перевезень у великих містах.

Разработаны математические модели деления корреспонденций в зависимости от соотношения автобусов на маршруте, которые работают в обычном режиме движения, и экспрессных автобусов, которые позволяют выполнять поиск мероприятий по повышению эффективности функционирования пассажирских перевозок в больших городах.