

УДК 625.032.8

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ОПОРУ РУХУ РЕЙКОВИХ ЕКІПАЖІВ

Семенов С.О., Михайлов Є.В.

ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF EQUIPMENT FOR RESEARCHES RESISTANCE OF MOTION OF RAIL VEHICLES

Semenov S., Mikhailov Ye.

Дослідження питань, що присвячені зниженню опору руху рухомого складу є актуальними для підвищення енергетичної ефективності рейкових транспортних засобів. Розглянуті пристрій та характеристики відомого стендового обладнання, що використовується для експериментальних досліджень опору руху рейкових екіпажів. Аналізом встановлено, що найбільш раціональними по критерію «вартість-якість» є модельні стендові установки із замкнутим кінематичним ланцюгом і можливістю імітації руху моделі екіпажа в кривих ділянках рейкової колії.

Ключові слова: рейковий екіпаж, опір руху, дослідження, стенд, колесо, рейка.

Вступ. Пошук рішень задач і здійснення заходів, пов'язаних зі зниженням опору руху рухомого складу є актуальними для підвищення енергетичної ефективності рейкового транспорту та сприяє поліпшенню показників роботи залізниць і зниженню собівартості перевезень.

Дослідні дані про опір руху мають важливе значення для вдосконалення експлуатаційних якостей рейкового екіпажу [1], оскільки будь-які розрахунки, які пов'язані з ефективністю нових технічних рішень, неможливо здійснити достатньо точно без даних про опір руху.

У реальних умовах експлуатації на опір руху вагону впливає значна кількість чинників: конструкція кузова і ходових частин, швидкість руху, розташування у складі поїзда, ступінь навантаження, тип вантажу, технічний стан транспортного засобу і колії та ін. [2], що визначає труднощі при оцінці самої величини опору руху.

Реалізацію досліджень, направлених на вивчення опору руху рейкових екіпажів, можна розділити по наступних напрямках:

- дослідження на фізичних моделях, характеристики яких вивчаються в лабораторних умовах;

- натурні випробування, що проводяться в реальних умовах або умовах, близьких до реальних.

Відповідно до положень ГОСТ 15.101-98 «Порядок виконання науко-дослідницьких робіт» [3], під фізичною моделлю розуміється виріб, відтворюючий або імітуючий конкретні властивості та виготовлений для перевірки принципу його дії і визначення характеристик.

Недоліками натурних випробувань, що проводяться в реальних умовах, є достатньо коштовні заходи щодо їх організації і проведення, необхідність забезпечення «вікон» в графіці руху поїздів (якщо випробування проводяться на коліях магістральних залізниць), тому, при наявності можливості, доцільно дослідження впливу різноманітних факторів на опір руху рейкових екіпажів здійснювати в рамках першого напрямку.

Достатньо широке різноманіття існуючих стендових установок [4, 5, 6, 7, 8, 9], призначених для випробувань рухомого складу, вимагає проведення аналізу їх конструкцій з метою визначення раціональних характеристик експериментальної установки, що дозволяє адекватно відтворювати великий спектр явищ при дослідженні поведінки рейкових екіпажів відповідно до поставлених завдань.

Мета статті – аналіз конструкцій та характеристик обладнання для проведення експериментальних досліджень опору руху рейкових екіпажів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Попередній аналіз конструкцій експериментального лабораторного устаткування для дослідження опору руху рейкових екіпажів показав достатньо широку їх різноманітність [4, 10, 11]. Умовно їх можна розділити на 2 великі групи:

- модельні випробувальні гірки;
- натурні та модельні каткові стенди.

Використання модельних випробувальних гірок є достатньо поширеним при визначенні опору

руху [12 – 14 та ін]. Зазвичай така гірка складається з двох ділянок рейкової колії: похилої та горизонтальної. Перша ділянка має пристосування для зміни кута нахилу і його фіксації, причому на ньому встановлений спусковий механізм, за допомогою якого забезпечуються однакові умови спуску моделей екіпажів. Швидкість руху моделі екіпажу регулюється зміною кута нахилу розгінної ділянки випробувальної гірки.

Загальний принцип дії модельних випробувальних гірок наступний (рис.1): шляхом підняття важеля спускового механізму проводиться запуск моделі рейкового екіпажу, в результаті він рухається по розгінній ділянці гірки до горизонтальної ділянки.

В процесі свого руху модель рейкового екіпажу витрачає енергію, і швидкість її питомої витрати на одиницю довжини колії визначає енергетичну ефективність руху екіпажу по рейковій колії. Витрата енергії при русі моделі рейкового екіпажу пояснюється дією зовнішніх сил, що виконують роботу проти напрямку його руху.

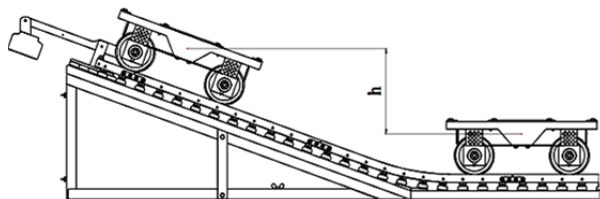


Рис. 1. Приклад модельної випробувальної гірки [12]

У деяких модельних випробувальних гірках є горизонтальна ділянка у вигляді модельних кривих різних радіусів. Опис і принцип дії такої установки приведений у роботі [15]. **Ошибка! Закладка не определена.** Проте, у вищеперелічених роботах самими авторами відмічено, що для вирішення завдань з дослідження опору руху, подібні стендові установки є недосконалими, що пов'язане з некоректним відображенням складових повного опору руху моделей рейкових екіпажів.

Серед різновидів експериментального устаткування другої групи важливе місце займають каткові стенди. У роботі [16] відмічено, що проведення стендових випробувань сприяє створенню конструкцій ходових частин рейкових екіпажів на високому технічному рівні. Стендові дослідження дозволяють забезпечити вимірювання параметрів досліджуваних процесів з найменшою похибкою, виявити закономірності і суть окремих явищ, що протікають в процесі руху по рейковій колії, скоротити пов'язані з випробуваннями витрати, забезпечити стабільність роботи і повторюваність результатів.

Випробування рухомого складу за допомогою натурних каткових стендів здійснюються шляхом установки рейкового транспортного засобу на «шлях, що біжить», який складається з катків, що обертаються, сполучених з гальмівним пристроєм, який імітує опір складу. Сила тяги вимірюється ди-

намометром, катки приводяться в обертання від двигуна.

В результаті аналізу конструкцій стендових установок, використовуваних в різних країнах, автором роботи [17] виконана детальна класифікація існуючої різноманітності каткових стендів (рис.2) залежно від поставлених в лабораторних дослідженнях завдань.

На кафедрі залізничного транспорту СХУ ім. В.Даля також створено декілька натурних стендів, що дозволяють вирішувати задачі по визначенню характеристик силової взаємодії в системі «колесо-рейка». Однією з таких стендових установок є стенд «колесо-рейка» [15, 18-21], який призначений для дослідження процесів зчеплення в умовах контактування, наближених до реальних (рис.3).

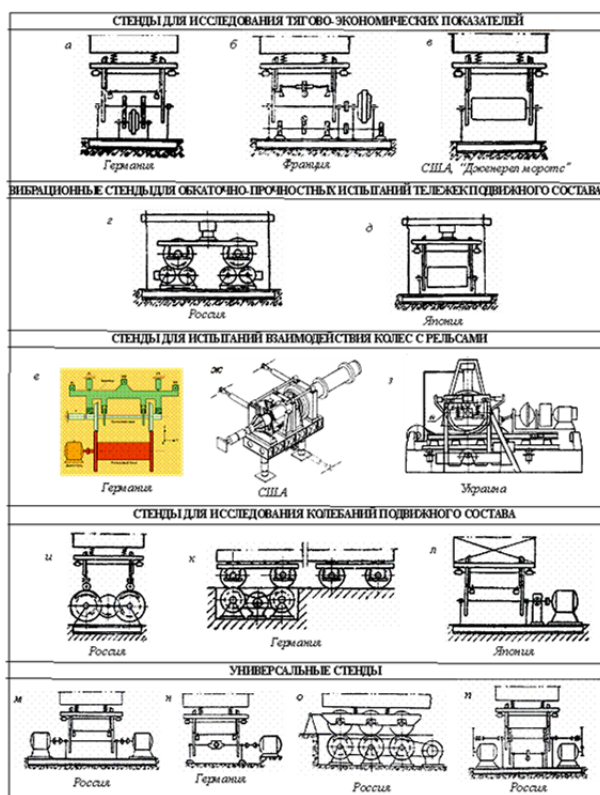


Рис. 2. Класифікація каткових стендових установок [15]

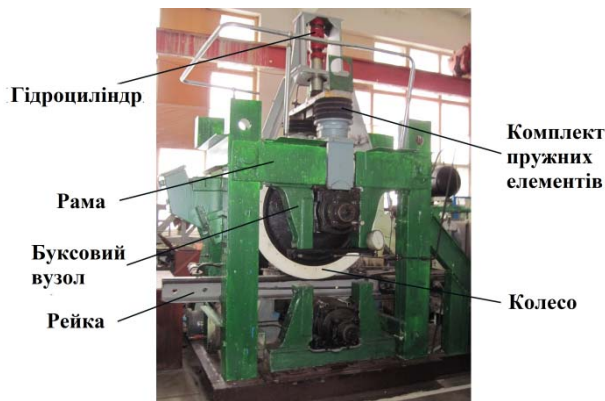


Рис. 3. Загальний вид стенду «Колесо-рейка»

Основними частинами стенду є: натурне колесо, відрізок рейки, рама, привід, система навантаження, система гальмування. Схема «електродвигун – маховик – мультиплікатор –гідротрансформатор – редуктор» дозволяє при порівняно невеликій потужності приводу короткочасно досягати силових моментів, достатніх для імітації боксовань навіть при високих навантаженнях колеса на рейку. Одна з особливостей стенду – наявність пристрою для створення величини сили опору руху [22], що регулюється блоком управління.

Також на стенді передбачена можливість імітації руху в прямій і кривій ділянці колії шляхом фіксованого повороту верхньої рами із закріпленням на ній колесом щодо нижньої рами стенду, а також моделювання горизонтальних та вертикальних динамічних навантажень.

Детальніше характеристики цього стенду представлені в роботах [18, 19], автори яких указують на необхідність багатократних випробувань для отримання надійних і об'єктивних даних.

Ще одним натурним стендом з широкими можливостями є каткова станція [18, 23], створена на тій же кафедрі. Її особливість – наявність можливості зміни положення колісних пар щодо рейки (рис.4).

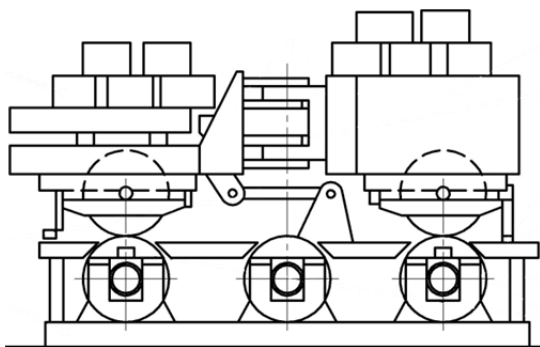


Рис. 4. Схема каткової станції

Установка дозволяє проводити динамічні випробування коліс різних конструкцій, вивчати поведінку рейкового екіпажу при зміні кута набігання коліс, виконувати дослідження акустичної емісії [18, 22]. На катковій станції вертикальне навантаження моделюється шляхом застосування навантажуючих пристроїв, в ролі яких виступають чавунні плити. За рахунок конструктивного виконання рами дослідного екіпажу, що складається з двох напіврам, сполучених між собою шарнірами і поворотною тягою, функціональні можливості каткової станції розширюються.

Так, В.П. Ткаченко [18] із застосуванням цієї стендової установки було отримано залежності опору руху коліс від кута набігання на рейку при різних осьових навантаженнях (рис.5).

Серед стендових установок, що є за кордоном, слід зазначити натурний стенд, сконструйований в дослідницько-технологічному центрі залізниць Німеччини (DBAG) [23].

Загальний вид стенду та його кінематична схема показані на рис.6.

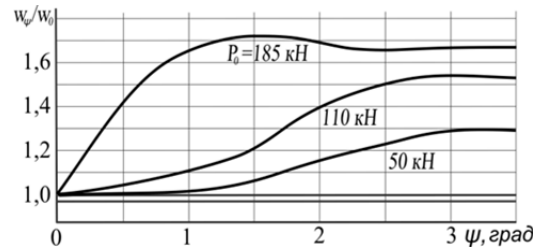
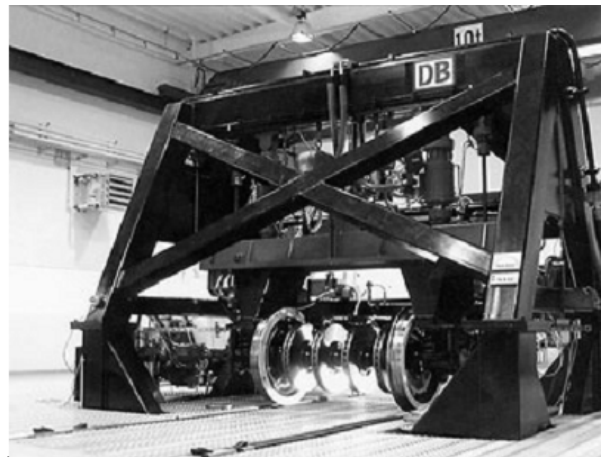
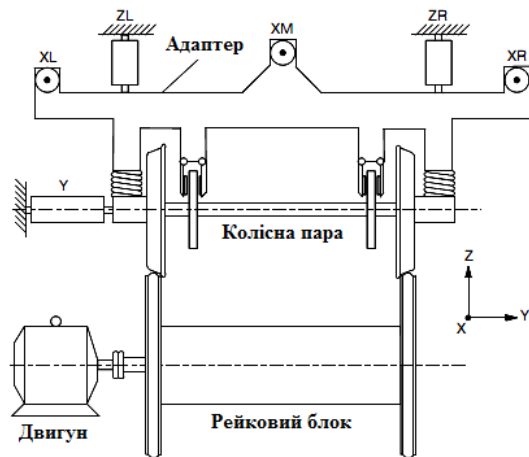


Рис. 5. Залежність відносного збільшення опору коченню колеса по рейці при гребеновому контакті від кута набігання



а



б

Рис. 6. Натурний стенд для дослідження системи «колесо-рейка»:

а – загальний вид стенду; б – кінематична схема стенду

Як стверджують автори роботи [23], результати, отримані в ході випробувань на натурному стенді, дають можливість встановлювати відповідність між необхідним об'ємом заходів щодо поточного утримання компонентів системи «колесо - рейка» з урахуванням граничних допустимих експлуатаційних параметрів з одного боку, і сучасних експлуатаційних вимог, з іншого. Також є можливість імітації

навантажень, що діють на рейковий екіпаж при проходженні кривих, для чого необхідно погоджувати діаметри коліс або кільцевої рейки з різними умовами випробувань.

Істотним недоліком натурних каткових стендів є висока вартість стендового устаткування, випробовуваних натурних моделей елементів екіпажу та організації самих процесів випробувань.

Окреме місце в даній групі займають модельні каткові стенди, оскільки їх спорудження та модернізація залежно від поставлених завдань є порівняно недорогим. Основною особливістю таких стендів є наявність катків або роликів, які виконують роль рейкової колії, що приводяться в рух за допомогою приводу. Важлива вимога до модельних каткових стендів – виготовлення катків, що імітують рейку, і коліс рейкового екіпажу з такого ж матеріалу, як рейки і колісні пари відповідно, з дотриманням жорсткостей зв'язків, моментів інерції і так далі у відповідному масштабі.

У роботі [24] приведені результати дослідження на модельному катковому стенді «Рухомий склад – Верхня будова колії», що проводилися з метою визначення впливу ширини рейкової колії на динамічні характеристики рухомого складу при вписуванні в криві різного радіусу, а також опору руху рухомого складу в кривих ділянках колії. Конструкція стенду дозволяє проводити порівняльні випробування на моделях екіпажу і визначати знос ходової частини рухомого складу в кривих ділянках колії. На жаль, в роботі [24] детально не викладено, яким чином визначався опір руху в кривих ділянках колії, і яким чином здійснювалася імітація кривих різних радіусів.

Детальний аналіз характеристик модельних каткових стендів був проведений також Вінником Л.В. [25], який запропонував класифікувати ці установки залежно від наявних в них кінематичних ланцюгів. Перевагами установок із розімкненим кінематичним ланцюгом (один каток і одна модель колеса, або колісної пари) є легкість завдання на випробовуванні моделі колеса потрібної дотичної сили і порівняльна простота здійснення вимірювань. Перевага замкнутих кінематичних ланцюгів (система з катків і моделей коліс) полягає в реалізації на модельній установці умов, подібних експлуатаційним. У роботі показано, що відхилення діаметру одного з катків на деяку величину Δ дозволяє імітувати рух моделі рейкового екіпажу в кривій певного радіусу.

Висновки. Порівняльна оцінка конструктивності виконання та характеристик відомого стендового устаткування для дослідження опору руху рейкових екіпажів свідчить, що найбільш раціональними за критерієм «вартість-якість» є модельні стендові установки із замкнутим кінематичним ланцюгом і можливістю імітації руху моделі екіпажу в кривій ділянці колії за рахунок використання змінних каткових коліс.

Література

1. Астахов, П.Н. Сопротивление движению железнодорожного подвижного состава / П. Н. Астахов. – Москва: Транспорт, 1966. – 178 с.
2. Комарова, А. Н. Влияние характеристик тележек на энергоэффективность грузовых вагонов : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Комарова А. Н.; Петербургский Государственный университет путей сообщения Императора Александра I. – Санкт-Петербург, 2015. – 88 с.
3. ГОСТ 15.101-98 «Порядок выполнения научно-исследовательских работ». – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – 10 с.
4. Димов Д. Ю. Лубрикация поможет и колесу и рельсу / Д. Ю. Димов // Локомотив, 1998. – №3. – С. 29–31.
5. Стенд для исследования системы колесо-рельс // Железные дороги мира. – М., 2005. – №4. – С. 41 – 46.
6. Стенды для испытаний подвижного состава железных дорог // Транспортное машиностроение. НИИИФОРМТЯЖМАШ. – Москва, 1966. – № 11-66-4. – С. 24.
7. Сравнение результатов стендовых и ходовых испытаний // Железные дороги мира. – Москва, 2003. – №9. – С. 12 – 16.
8. Althammer Karlheinz. Zöllner Fritz. Der amerika-nische Roll-prüfstand in Pueblo, Colorado / USA. Z. Eisenbahnw. und Verkehrstechn. – Glas. Ann., 1975, 1975. – №4. – P. 111 -115.
9. Михайлов С.В. Аналіз експериментальних досліджень, направлених на вивчення опору руху / С.В. Михайлов, С.О. Семенов // Актуальні проблеми сучасного управління в соціально-економічних, технічних та гуманітарних системах: збірник тез конференції, 24-26 листопада 2016 р., м. Одеса (Україна) / відп. ред. Н.Б. Чернецька-Білецька, С. 97-99.
10. Александров Е. В. Повышение ресурса колесных пар грузовых вагонов и рельсов путем улучшения условий их взаимодействия и динамического мониторинга: дис. ... к.т.н.: 05.22.07 / Александров Е. В.; Ростовский государственный университет путей сообщения. – Ростов-на-Дону, 2011. – 214 с.
11. Результаты стендовых испытаний по определению характеристик горизонтальной угловой связи рам тележек грузовых вагонов / [В. А. Двухглазов, Г. Н. Салоусов, А. А. Кривецкий та ін.]. – Труды ДИИТ, Днепропетровск, 1978. С.103-107.
12. Чупраков, Е. В. Снижение износа колес и рельсов за счёт дифференциального вращения колесных пар нетягового подвижного состава при движении в кривых участках пути: дис. ... к.т.н.: 05.22.07 / Чупраков Е.В.; Иркутский государственный университет путей сообщения. – Иркутск, 2016. – 225 с.
13. Шилер, В.В. Исследование динамических свойств колесной пары с гибкими независимо вращающимися бандажами/ В.В. Шилер, П.А. Шипилов, А.В. Шилер. Научно-технический журнал «Известия Транссиба», Омск, 2011. – №4 (8). – С. 69 – 75.
14. Камаев, А.А. Взаимодействие локомотива и пути в кривых участках пути. Учебное пособие. / А.А. Камаев, Г.С. Михальченко. – Тула.: Тульский политехнический институт, 1977. – 68 с.
15. Кравченко Е.А. Усовершенствование испытательно-измерительного комплекса для исследования сцепления колеса с рельсом / Е.А. Кравченко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал – електронне науко-

- ве фахове видання, № 4, 2009. – Режим доступа: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/vsunud/2009-4E/09keaksr.htm>. - Назва з екрану.
16. Кравченко Е.А. Усовершенствование испытательно-измерительного комплекса для исследования сцепления колеса с рельсом / Е.А. Кравченко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал – електронне наукове фахове видання, № 4, 2009. – Режим доступа: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/vsunud/2009-4E/09keaksr.htm>. - Назва з екрану.
17. Горбунов Н.И. Повышение тяговых качеств тепловозов за счет совершенствования упругих связей тележек: дис. ... к.т.н.: 05.22.07 / Н.И. Горбунов; Институт инженеров железнодорожного транспорта имени М.И. Калинина. – Днепропетровск, – 1987. – 269 с.
18. Ткаченко В. П. Кинематическое сопротивление движению рельсовых экипажей / В. П. Ткаченко. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1996. – 200 с.
19. Голубенко А. Л. Сцепление колеса с рельсом / А. Л. Голубенко. – Луганск: ВУГУ, 1999. – 476 с.
20. Горбунов Н.И. Повышение тяговых качеств тепловозов за счет совершенствования упругих связей тележек: дис. ... к.т.н.: 05.22.07 / Н.И. Горбунов; Институт инженеров железнодорожного транспорта имени М.И. Калинина. – Днепропетровск, – 1987. – 269 с.
21. Патент на корисну модель №52970, кл. G01M1/04 Стенд для дослідження зчеплення колеса з рейкою та випробування елементів буксового ресорного підвішування залізничного рухомого складу / Горбунов М.І., Кашура О.Л., Спірягін В.І., Спірягін М.І., Костюкевич О.І., Міхєєв О.С.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u2002010036; заявл. 03.01.2002; опубл. 15.01.2003, Бюл. № 6. – 4 с.
22. Ключев С. О. Зниження рівня силової взаємодії коліс локомотива з рейками автоматичним управлінням положенням колісних пар : дис. ... к.т.н.: 05.22.07 / С. О. Ключев; СНУ ім. В. Даля. – Северодонецьк, 2015. – 172 с.
23. Стенды для испытаний подвижного состава железных дорог // Транспортное машиностроение. НИИИФОРМТЯЖМАШ. – Москва, 1966. – №11-66-4. – С. 24.
24. Результаты стендовых испытаний по определению характеристик горизонтальной угловой связи рам тележек грузовых вагонов / [В. А. Двухглавов, Г. Н. Салусов, А. А. Кривецкий та ін.]. – Труды ДИИТ, Днепропетровск, 1978. С.103-107.
25. Lorenz A. Modellbetrachtungen zum Schadi-gunsprozess in Maschinen und Geraten // Schmierungstechnik, 1984. – Jg. 15. № 8. S. 250 – 253.
5. Stend dla issledovanija sistemy koleso-rel's // Zheleznyye dorogi mira. – Moskva, 2005. – №4. – S. 41 – 46.
6. Stendy dlja ispytanij podvizhnogo sostava zheleznyh dorog // Transportnoe mashinostroenie. NIIFORMTJaZhMASH. – Moskva, 1966. – № 11-66-4. – S. 24.
7. Sravnenie rezul'tatov stendovyh i hodovyh ispytanij // Zheleznyye dorogi mira. – Moskva, 2003. – №9. – S. 12 – 16.
8. Althammer Karlheinz. Zöllner Fritz. Der amerikanische Roll-prüfstand in Pueblo, Colorado / USA. Z. Eisenbahnw. und Verkehrstechn. – Glas. Ann., 1975, 1975. – №4. – R. 111 -115.
9. Mihajlov C.V. Analiz eksperimental'nih doslidzhen', napravlenih na vivchennja oporu ruhu / С.V. Mihajlov, S.O. Semenov // Aktual'ni problemi suchasnoho upravlinnja v social'no-ekonomichnih, tehnicnih ta gumanitarnih sistemah: zbirnik tez konferencii, 24-26 listopada 2016 r., m. Odesa (Ukraina) / vidp. red. N.B. Chernen'ka-Bilec'ka, S. 97-99.
10. Aleksandrov E. V. Povyshenie resursa kolesnyh par gruzovyh vagonov i rel'sov putem uluchshenija uslovij ih vzaimodejstvija i dinamičeskogo monitoringa: dis. ... k.t.n.: 05.22.07 / Aleksandrov E. V; Rostovskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija.–Rostov-na-Donu, 2011.–214 s.
11. Rezul'taty stendovyh ispytanij po opredeleniju harakteristik gorizonta'noj uglovoj svjazi ram telezhek gruzovyh vagonov / [V. A. Dvuhglavov, G. N. Salousov, A. A. Kriveckij ta in.]. – Trudy DIIT, Dnepropetrovsk, 1978. S.103-107.
12. Chuprakov, E. V. Snizhenie iznosa koles i rel'sov za schjot differencial'nogo vrashhenija kolesnyh par netjagovogo podvizhnogo sostava pri dvizhenii v krivyh uchastkah puti: dis. ... k.t.n.: 05.22.07 / Chuprakov E.V.; Irkutskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija. – Irkutsk, 2016. – 225 s.
13. Shiler, V.V Issledovanie dinamicheskih svojstv kolesnoj pary s gibkimi nezavisimo vrashhajushhimisja bandazhami/ V.V. Shiler, P.A. Shipilov, A.V. Shiler. Nauchnotekhnicheskij zhurnal «Izvestija Transsiba», Omsk, 2011. – №4 (8). – S. 69 – 75.
14. Kamaev, A.A. Vzaimodejstvie lokomotiva i puti v krivyh uchastkah puti. Uchebnoe posobie. / A.A. Kamaev, G.S. Miha'chenko. – Tula.: Tul'skij politehnicheskij institut, 1977. – 68 s.
15. Kravchenko E.A. Usovershenstvovanie ispytatel'no-izmeritel'nogo kompleksa dlja issledovanija scepljenja kolosa s rel'som / E.A. Kravchenko // Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja. Naukovij zhurnal – elektronne naukovе fahove vidannja, № 4, 2009. – Rezhim dostupa: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/vsunud/2009-4E/09keaksr.htm> — Nazva z ekranu.
16. Kravchenko E.A. Usovershenstvovanie ispytatel'no-izmeritel'nogo kompleksa dlja issledovanija scepljenja kolosa s rel'som / E.A. Kravchenko // Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja. Naukovij zhurnal – elektronne naukovе fahove vidannja, № 4, 2009. – Rezhim dostupa: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/vsunud/2009-4E/09keaksr.htm>. - Nazva z ekranu.
17. Gorbunov N.I. Povyshenie tjagovyh kachestv teplovozv za schet sovershenstvovanija uprugih svjazej telezhek: dis. ... k.t.n.: 05.22.07 / N.I. Gorbunov; Institut inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta imeni M.I. Kalinina. – Dnepropetrovsk, – 1987. – 269 s.

References

1. Astahov, P.N. Soprotivlenie dvizheniju zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava / P. N. Astahov. – Moskva: Transport, 1966. – 178 s.
2. Komarova, A. N. Vlijanie harakteristik telezhek na jenergojeffektivnost' gruzovyh vagonov : dis. ... kand. tehn. nauk: 05.22.07 / Komarova A. N.; Peterburgskij Gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija Imperatora Aleksandra I. – Sankt-Peterburg, 2015. – 88 s.
3. GOST 15.101-98 «Porjadok vypolnenija nauchno-issledovatel'skih rabot». – Minsk: Mezghosudarstvennyj sovet po standartizacija, metrologii i sertifikaciji. – 10 s.
4. Dimov D. Ju. Lubrikacija pomozhet i kolosu i rel'su / D. Ju. Dimov // Lokomotiv, 1998. – №3. – S. 29–31.

18. Tkachenko V. P. Kinematicheskoe soprotivlenie dvizheniju rel'sovyh jekipazhej / V. P. Tkachenko. – Lugansk: Izd-vo VUGU, 1996. – 200 s.
19. Golubenko A. L. Scephlenie koleasa s rel'som / A. L. Golubenko. – Lugansk: VUGU, 1999. – 476 s.
20. Gorbunov N.I. Povyshenie tjagovyh kachestv teplovozov za schet sovershenstvovanija uprugih svjazej telezhek: dis. ... k.t.n.: 05.22.07 / N.I. Gorbunov; Institut inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta imeni M.I. Kalinina. – Dnepropetrovsk, – 1987. – 269 s.
21. Patent na korisnu model' №52970, kl. G01M1/04 Stend dlja doslidzhennja zchepennja koleasa z rejkoju ta viprobuvannja elementiv buksovogo resornogo pidvishuvannja zalizničnogo ruhomogo skladu / Gorbunov M.I., Kashura O.L., Spirjagin V.I., Spirjagin M.I., Kostjuevich O.I., Miheev O.S.; zajavnik i vlasnik SNU im. V.Dalja. – u2002010036; zajavl. 03.01.2002; opubl. 15.01.2003, Bjul. № 6. – 4 s.
22. Kljuev S. O. Znizhennja rivnja silovoї vzaemodії kolis lokomotiva z rejkami avtomatichnim upravlinnjam polozhennjam kolisnih par : dis. ... k.t.n.: 05.22.07 / S. O. Kljuev; SNU im. V. Dalja. – Severodonec'k, 2015. – 172 s.
23. Stendy dlja ispytanij podvizhnogo sostava zheleznyh dorog // Transportnoe mashinostroenie. NIIFORM-TJaZhMASH. – Moskva, 1966. – №11-66-4. – S. 24.
24. Rezul'taty stendovyh ispytanij po opredeleniju harakteristik gorizonta'noj uglovoj svjazi ram telezhek gruzovyh vagonov / [V. A. Dvuhglavov, G. N. Salousov, A. A. Kriveckij ta in.]. – Trudy DIIT, Dnepropetrovsk, 1978. S.103-107.
25. Lorenz A. Modellbetrachtungen zum Schadigungsprozess in Maschinen und Geraten // Schmierungstechnik, 1984. – Jg. 15. № 8. S. 250 – 253.

Семенов С.А., Михайлов Е.В. Анализ характеристик оборудования для исследований сопротивления движению рельсовых экипажей.

Вопросы снижения сопротивления движению подвижного состава актуальны для повышения энергетической эффективности рельсовых транспортных средств. Рассмотрены устройство и характеристики оборудования, используемого для экспериментальных исследований сопротивления движению рельсовых экипа-

жей. Установлено, что наиболее рациональными по критерию «стоимость-качество» являются модельные стендовые установки с замкнутой кинематической цепью и возможностью имитации движения модели экипажа в кривых участках пути.

Ключевые слова: *рельсовый экипаж, сопротивление движению, исследование, стенд, колесо, рельс.*

Semenov S.O., Mikhailov Ye.V. Analysis of the characteristics of equipment for researches resistance of motion of rail vehicles.

The issues of reducing the resistance to the movement of rolling stock are relevant to improving the energy efficiency of rail vehicles. The device and characteristics of the equipment used for experimental studies of the resistance to movement of rail vehicles are considered. Studies aimed at studying the resistance to movement of rail vehicles were divided in the following areas: studies on physical models, whose characteristics are studied in laboratory conditions, and field tests, which are carried out in real conditions or conditions close to real ones. A detailed analysis of the characteristics of a number of well - known full - scale and model bench rigs has been carried out. It was found that the most rational by the criterion of "cost-quality" are model bench installations with a closed kinematic chain and the ability to simulate the movement of the crew model in curved sections of the rail path.

Keywords: *rail vehicle, resistance to movement, research, stand, wheel, rail.*

Семенов Станіслав Олександрович, к.т.н., доцент кафедри ЛУБРТ СХУ ім.В.Даля, Северодонецьк, Україна, E-mail: 1mojdodyr1@gmail.com.

Михайлов Євген Валентинович, к.т.н., доц., доцент кафедри ЛУБРТ СХУ ім.В.Даля, Северодонецьк, Україна, E-mail: mihaylov.ev@gmail.com.

Рецензент: д.т.н., професор **Горбунов М.І.**

Стаття подана 12.04.2019