



АКАДЕМІЯ ТЕХНІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ

V Міжнародна науково-практична конференція

**ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-
ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

5-7 квітня 2021

Івано-Франківськ

**АКАДЕМІЯ ТЕХНІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
CONNECTIVE TECHNOLOGIES LTD (ВЕЛИКОБРИТАНІЯ)**

ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

APPLIED SCIENTIFIC AND TECHNICAL RESEARCH

Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції
(5-7 квітня 2021 р.)

Видавець Кушнір Г. М.
Івано-Франківськ – 2021

УДК 60
ББК 30
П 75

ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції

Голова оргкомітету:

Кузь М.В. – доктор технічних наук, президент Академії технічних наук України, професор кафедри інформаційних технологій Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ.

П 75 **Прикладні** науково-технічні дослідження : матеріали V міжнар.
наук.-прак. конф., 5-7 квіт. 2021 р. – Академія технічних наук
України. – Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г. М. – 2021. –
436с

ISBN 978-617-7926-12-1

УДК 60

У збірнику надруковано матеріали V міжнародної науково-практичної конференції «Прикладні науково-технічні дослідження».

Для студентів, аспірантів, викладачів ЗВО та наукових організацій.

ISBN 978-617-7926-12-1

© Авторський колектив, 2021.

Ліквідація клинодуального зносу колодок шляхом модернізації елементів гальмової важільної передачі візків вантажних вагонів

Василь Равлюк

*Український державний університет залізничного транспорту
м. Харків, Україна*

I. ВСТУП

Останніми роками відбувається істотне погіршення технічного стану гальмового обладнання рухомого складу від якого, насамперед, залежить безпека руху поїздів на залізничному й промисловому транспорті.

У результаті виконаних розширених експлуатаційних обстежень гальмових систем візків вантажних вагонів як інвентарного парку АТ «Укрзалізниця» так і промислових підприємств, було встановлено, що більшість пристроїв для рівномірного відведення колодок знаходяться в незадовільному стані. Одна з причин — недосконала конструкція важільної передачі візка, яку не модернізували багато десятиліть. Через нетривалий час експлуатації у значній частині пристроїв виникає відмова замка зі скобою через їх розтягнення, що спричиняє непрацездатний стан і призводить до виникнення клинодуального зносу гальмових колодок, а іншою основною причиною є конструктивний недолік триангеля.

II. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У сучасних умовах експлуатації гальмові системи візків вантажних вагонів в яких використовується типова гальмова важільна передача (ГВП) не забезпечує нормативний знос колодок. Це пояснюється як і конструктивними особливостями ГВП, так і виходом з ладу через нетривалий час експлуатації пристроїв М 1180.000 для рівномірного відведення гальмових колодок [1].

Для знаходження раціональних конструктивних рішень щодо зменшення зносу гальмових колодок від шкідливих явищ, які обумовлені конструктивними особливостями візка з ГВП, були проведені дослідження його структури за результатами яких встановлено, що він має зайві зв'язки. Тому визначити кінематику й провести аналіз неможливо, так як і нереально знайти інерційні силові фактори, які діють на ГВП зі сторони його елементів [2]. Через це для проведення силового аналізу цього складного механізму потрібно накладати відповідні обмеження або розглядати його динаміку саме в межах рівнянь Лагранжа системи з гнучкими зв'язками. Для того, щоб визначити зусилля в ланці, потрібно враховувати його піддатливість в межах взаємодії пружних й інерційних сил.

У закордонних дослідженнях [3, 4] працездатність гальмових систем рухомого складу визначають за стендовими випробуваннями зносу і температурних показників, а деякі зосереджені на перевагах використання чавунних гальмових колодок [5].

III. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

У зв'язку з тим, що конструкція ГВП візка симетрична, умовно поділимо її на дві частини, які віднесемо до першої (правої) і до другої (лівої) колісної пари та побудуємо об'єднану схему розподілу силових факторів, що діють на відповідні елементи ГВП при гальмуванні (рис. 1).

Виконаний аналіз дозволив виділити специфічний знос гальмових колодок, з-за якого тільки на їх верхніх частинах починає з'являтися місцева фрикційна стертість не під час гальмувань, а коли відбувається рух вагонів у режимах тяги та вибігу. Встановлено, що таке негативне явище відбувається через низьку надійність пристрою рівномірного відведення колодок від коліс і недосконалу конструкцію триангеля. Через це за власною вагою деталей гальмової системи на триангель діє статична й динамічна сила $G_1 \pm m_1 \ddot{z}_1 = G_2 \pm m_2 \ddot{z}_2$ (рис. 1, а).

В результаті дії цієї сили на плече L , з'являється момент, що крутить $M_{кр}$, у зв'язку з цим триангель здійснює повертання навколо нижніх шарнірів 7 маятникового підвішування 6 (рис. 1) до торкання верхніми кінцями обох колодок у поверхні колісної пари вагона, що обертається і врівноважується реакцією $(Nl/2)tg$, яка починає діяти на майданчику контакту гальмової колодки з поверхнями кочення коліс вагона (рис. 2).

Всі елементи ГВП, вагою яких утворюється динамічна сила $G_i \pm m_i \ddot{z}_i$ і момент, що крутить $M_{кр}$, з'єднані за допомогою шарнірів із значними зазорами, які розміщені в невідресореній зоні вагонного візка. Тому в результаті руху ходових частин вантажного вагона виникають вимушені коливання цих елементів ГВП, а це призводить до знакозмінних переміщень ударного характеру в зазорах шарнірів від дії значної за величиною складової статичного й динамічного характеру $G_i \pm m_i \ddot{z}_i = G_2 \pm m_2 \ddot{z}_2$.

Відомо, що у пристрої, які призначені для запобігання ненормативного зносу колодок і мають різні конструктивні особливості, створюється протидія вищезазначеним зусиллям, тому в умовах експлуатації такі пристрої швидко виходять з ладу й мають малий ресурс [6].

Для розв'язання завдання ненормативного зносу колодок вантажних вагонів у триангельній гальмовій системі необхідно повністю позбутися моменту, що крутить $M_{кр}$. У зв'язку з цим потрібно виконати деякі конструктивні зміни в елементах триангеля — місце з'єднання розпірки типового триангеля з вертикальним двоплечим важелем, слід розташувати на осі $A-A$ в точці ΔC (рис. 1, а), що знаходиться на одній прямій і поєднує між собою шарніри маятникових підвісок, які знаходяться в гальмових башмаках з колодками вагонів. Для вирішення цієї проблеми необхідно якомога зменшити відстань L від існуючого отвору до нового. Методику розрахунків типової ГВП з пристроєм М 1180.000 рівномірного відведення, було перевірено на існуючій схемі-моделі (рис. 2) без жодних конструктивних змін в її елементах. За результатами кінетостатичних розрахунків елементів ГВП, зменшення дії шкідливого зносу вверху гальмових колодок не спостерігалось, допоки конструкцію триангеля не було модернізовано [6, 7].

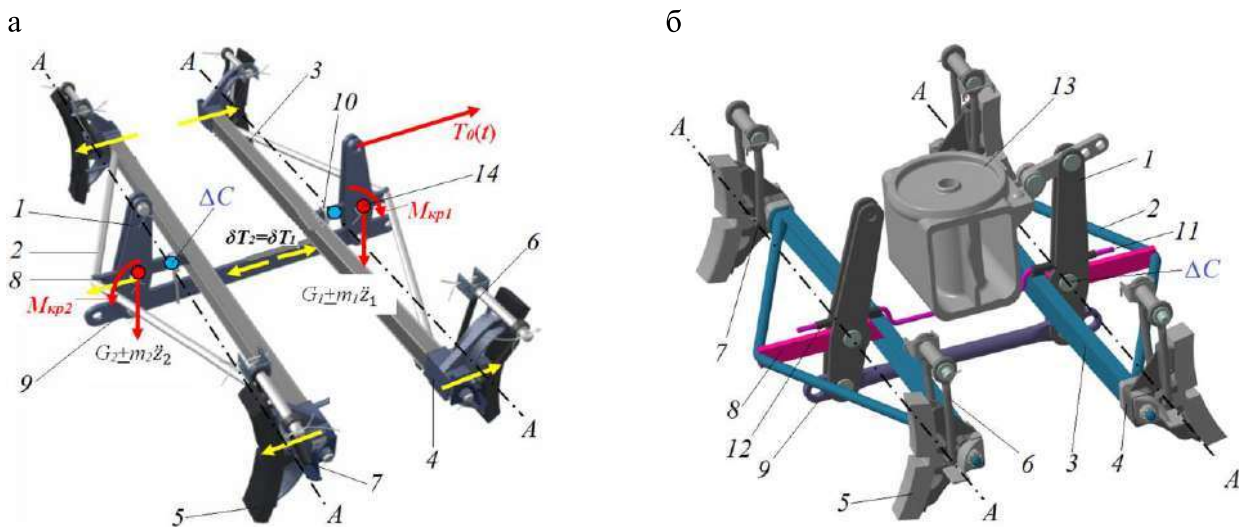


Рисунок 1 — Загальний вигляд моделі ГВП вантажного вагона: а — типової конструкції; б — модернізованої конструкції; $T_0(t)$ — гальмова зовнішня сила; $\delta T_2 = \delta T_1$ — розпірні внутрішні «віртуальні» сили; L — відстань на яку потрібно перенести отвір у розпірці триангеля

В основі модернізації пристрою (рис. 1, б) було поставлено завдання: по-перше центр мас конструкції триангеля потрібно якомога ближче наблизити до балки триангеля 3, щоб вісь загального центру ваги триангельної ГВП співпадала з нижніми шарнірами 7 маятникового підвішування 6 гальмових башмаків 4 з колодками 5. Це можна досягти за рахунок перенесення отвору з'єднання вузла (шарніра) 14 вертикального двоплечого важеля 1 з розпіркою 8 триангеля 2 на відповідну відстань. Для цього необхідно з конструкції ГВП (рис. 1, а) виключити скоби для рівномірного зносу з замками 10, які не виконують свою функцію. А по-друге замість скоб із замками встановити у циліндричні ковзуни 12 напрямний криволінійний стрижень 11, який забезпечить рівномірну відстань між гальмовою колодкою 5 і колесом за попуцених гальм у режимах тяги та вибігу поїзда незалежно від навантаження надресорної балки вагона 13. Також у процесі обслуговування гальмової системи візків вантажних вагонів не виявлено випадків пошкодження напрямного криволінійного стрижня 11.

У дослідженні умови використання й розрахунок елементів ГВП візків розглядаються типовим способом — з прикладенням сили $T_0(t)$. З часом закінчення перехідного процесу гальмове зусилля зростає до номінального значення T_0 , з напруженням зусиль N_1 в стрижнях підвішування триангелів (рис. 2) [8].

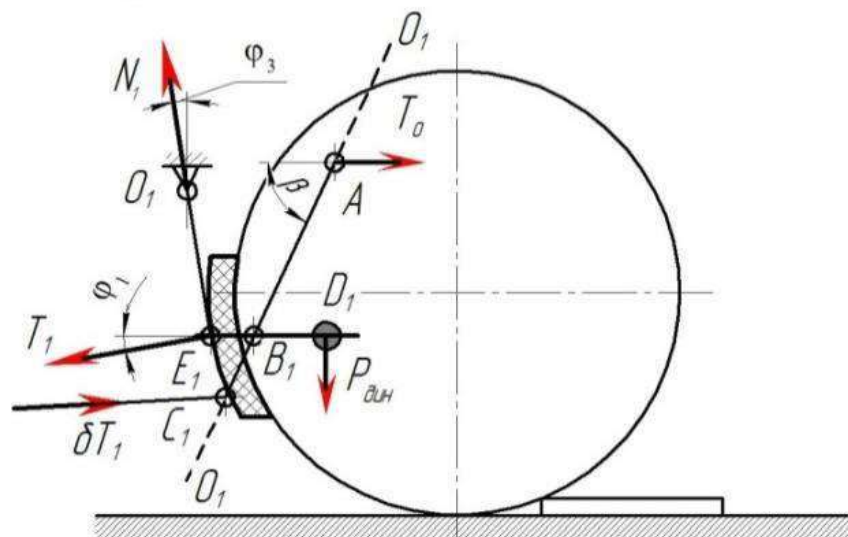


Рисунок 2 — Розрахункова 2D схема-модель модернізованої конструкції триангеля

Слід зазначити, що плечі вертикальних важелів ГВП сконструйовано так, що два вертикальних важелі діють таким чином: важіль 1 — зі збільшенням силової дії $T_0(t)$ в i_1 раз; а другий 1' — зі зменшенням сили $\delta T_2 = \delta T_1 = \delta T$ в i_2 раз, згідно співвідношенням плечей в кожному з них ($i_1 \times i_2 = 1$). Тобто силове натискання гальмових колодок на першу (по ходу руху) колісну пару дорівнює натисканню аналогічних колодок на другу колісну пару (рис. 1):

$$T_1 = T_2, \quad (1)$$

де T_1 і T_2 — середні арифметичні зусилля парної дії колодок на першу й другу колісні пари при гальмуванні.

Для пошуку раціональних рішень в конструюванні розпірок триангеля з урахуванням інерційності ГВП і вертикальної динаміки двовісного візка вантажного вагона наведено схему (рис. 2), для якої складена система рівнянь, яка дає змогу визначити невідомі силові фактори взаємодії елементів ГВП шляхом математичного моделювання при гальмуванні:

$$\sum X = 0; \quad T_0 + \delta T - N_1 \sin \varphi_1 - T_1 \cos \varphi_1 = 0; \quad (2)$$

$$\sum Y = 0; \quad N_1 \cos \varphi_1 - T_1 \sin \varphi_1 - P_{\text{дин}} = 0; \quad (3)$$

$$\sum M_{B_1} = 0; \quad T_0 \cdot l_{B_1C_1} \cdot \sin \beta - P_{\text{дин}} \cdot l_{B_1D_1} + \delta T \cdot l_{B_1C_1} \cdot \sin \beta - M_0 = 0, \quad (4)$$

де M_0 - компенсуючий момент, який утворюється при натисканні колодки на колесо й дорівнює $M_0 = T_0 \cdot l_{AC_1} \cdot \sin \beta$; $P_{\text{дин}}$ - динамічна сила (за попередніми дослідженнями приймаємо $P_{\text{дин}} = 1 \text{ кН}$); $l_{B_1C_1}$, $l_{B_1D_1}$, - геометричні параметри елементів ГВП [9].

У цьому випадку рівняння (2) - (4) перетворимо в систему (5), яку нескладно привести до матричного вигляду (6):

$$\begin{cases} T_0 + \delta T - N_1 \sin \varphi_1 - T_1 \cos \varphi_1 = 0 \\ N_1 \cos \varphi_1 - T_1 \sin \varphi_1 - P_{\text{дин}} = 0 \\ T_0 \cdot l_{B_1C_1} \cdot \sin \beta - P_{\text{дин}} \cdot l_{B_1D_1} + \delta T \cdot l_{B_1C_1} \cdot \sin \beta - T_0 \cdot l_{AC_1} \cdot \sin \beta = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Вводимо вектор невідомих зусиль $\Delta = (N_1, T_1, \delta T)$, тоді матриця системи рівнянь буде мати вигляд G в якій права частина матриці має вигляд вектору-стовпчика R :

$$G = \begin{bmatrix} -\sin \varphi_1 & -\cos \varphi_1 & 1 \\ \cos \varphi_1 & -\sin \varphi_1 & 0 \\ 0 & 0 & l_{B_1C_1} \cdot \sin \beta \end{bmatrix}, \quad (6)$$

$$R = \begin{bmatrix} -T_0 \\ P_{\text{дин}} \\ -T_0 \cdot l_{B_1C_1} \cdot \sin \beta + T_0 \cdot l_{AC_1} \cdot \sin \beta + P_{\text{дин}} \cdot l_{B_1D_1} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Для розв'язання системи рівнянь методом Крамера потрібно знайти визначник матриці $G = \Delta$. Якщо він не дорівнює нулю, тоді система лінійних алгебраїчних рівнянь має єдиний розв'язок.

Зусилля, які потрібно знайти будуть обчислюватися для кожного моменту часу на плані положень за формулами:

$$N_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad T_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta}, \quad \delta T = \frac{\Delta_3}{\Delta}, \quad (8)$$

де Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 - визначники матриць в яких згідно індексу стовпчика (1, 2, 3) матриці (6) системи замінено стовпчиком із матриці (7).

Невідомі зусилля N_1 , T_1 і T_0 , які діють в елементах модернізованої ГВП при гальмуванні вантажного вагона знаходяться чисельним розрахунком.

Користуючись програмним забезпеченням *MathCad* визначено зусилля, які діють у складових елементах ГВП трьохелементних візків вантажних вагонів (таблиця 1).

За результатами розрахунків, що наведені в табл. 1 видно, що схемні рішення конструкції триангельних важільних передач гальмових систем візків вантажних вагонів, впливають на величини розрахункових значень її елементів.

Таблиця 1 — Порівняльні значення величин зусиль, які діють в елементах ГВП

Схема для якої виконується розрахунок	T_1 , кН	T_2 , кН	N_1 , кН	N_2 , кН
Типової важільної передачі	46,0	46,0	-	-
Модернізованої важільної передачі	47,4	47,4	9,38	9,38

Завдяки отриманим результатам запропоновано виконати експериментальну серію ГВП з модернізованими елементами в умовах вагоноремонтного підприємства, обладнати ними візки вантажних вагонів й провести комплексні дослідні випробовування на мережі АТ «Укрзалізниця».

IV. ВИСНОВКИ

1. Установлено, що в типовій ГВП через несправність пристрою рівномірного відведення (скоби із замком) колодки зношуються клинодуально, тому їх передчасно замінюють на нові при технічному обслуговуванні вагонів. Натомість дослідження з використання модернізованих ГВП продемонстрували збільшення ресурсу гальмових колодок у 1,67 рази. Це пов'язано з модернізацією елементів ГВП та введення в її конструкцію криволінійного напрямного стрижня, який дозволяє утримувати колодки при попушеному гальмі на однаковій відстані від поверхні кочення коліс при русі вагона.

2. Проведено порівняльний розрахунковий аналіз, щодо визначення раціональних рішень з точки зору детермінованого силового навантаження елементів гальмових важільних передач візків при гальмуванні з урахуванням дії шкідливого крутного моменту.

3. Науково обґрунтовано перший крок щодо модернізації ГВП, який досягнуто технологічно доступним й економічно доцільним способом в умовах вагоноремонтного підприємства й не потребує значних капітальних вкладень. На підставі проведених досліджень вирішено створити 2D узагальнену схему модель для визначення достовірної інформації щодо роботи триангельних важільних передач візків вантажних вагонів.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Аналіз стану безпеки руху в структурі АТ «Укрзалізниця» у 2019 році / Акціонерне товариство «Українська залізниця» Департамент безпеки руху. Київ : 2019. 198 с.
- [2] В. Г. Равлюк, І. М. Афанасенко, М. Г. Равлюк. Дослідження геометричних параметрів гальмових колодок вантажних вагонів за шкідливого зносу // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. -Дніпропетровськ, 2020. - Вип. 1 (85). - С. 99-118. doi: <https://doi.org/10.15802/stp2020/199515>.
- [3] M. R. K. Vakkalagadda, D. K. Srivastava, A. Mishra, & V. Racherla. Performance analyses of brake blocks used by Indian Railways. *Wear*, 328 — 329, 2015. 64 — 76. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2015.01.044>.
- [4] Y. Zhang, M. Zhang. The application status of unit brakes on metro vehicles in China. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*. 3(15), 2018. 17 — 23. <https://doi.org/10.9790/1684-1503031723>.
- [5] K. P. Vineesh, M.R.K. Vakkalagadda, A. K. Tripathi, A. Mishra, V. Racherla. Non-uniformity in braking in coaching and freight stock in Indian Railways and associated causes. *Engineering Failure Analysis*, 59, 2016. 493 — 508. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.11.023>.
- [6] V. Ravlyuk, M. Ravliuk, V. Hrebenuk, V. Bondarenko. Research of the calculations cheme for the brakeleve rtransmission and construction of the load model for the brake pads of freight cars. *Conference Series Materials Science and Engineering* 708:012026, 2019. IOP. doi: 10.1088/1757-899X/708/1/012026.
- [7] Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України: ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015. [Чинний від 1997-10-28 № 264-Ц]. Київ : ТОВ НВП «Поліграфсервіс», 2004. 146 с.
- [8] В. П. Шпачук, В. О. Пушня, О. І. Рубаненко, А. О. Гарбуз. «Теоретична механіка. Динаміка»: консп. лек. / Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 222 с.
- [9] В. Р. Асадченко. Автоматические тормоза подвижного состава : учеб. пособие. М. : Маршрут, 2006. 392 с.

earthworks in a forestry enterprise.....	322
Stanislav Horzov, Borys Bakay. Image Processing Methodology for Measuring Dimension Features of Objects.....	326
Bohdan Mahura, Oles Bilous. Influence of the abrasive wheel components volume content and the abrasive grain size on its hardness.....	329
Ігор Каратник, Юрій Цимбалюк. Загальні умови для моделювання деформацій і руйнування у масиві деревини.....	331
Марина Кузнєцова, Катерина Кремнева, Денис Адаменко. Піролізна установка для виробництва біовугілля.....	334
Borys Bakay, Yuriy Tymbalyuk. New Breakthrough Technologies in Forestry.....	337
Володимир Кий, Юрій Цимбалюк. Комбінований спуск деревини на затяжних гірських схилах.....	340

Транспорт

Наталя Грищенко. Тенденції зміни обсягів перевезень вантажів за видами транспорту.....	342
Volodymyr Nerubatskyi, Denys Hordiienko. Improving the energy efficiency of the traction power supply system of electric rolling stock with alternative energy sources.....	344
Валерій Дембіцький. Підвищення якості послуг у сфері автомобільного транспорту...	347
Віктор Запара. Стан залізничної галузі України та аспекти удосконалення функціонування АТ «Укрзалізниця».....	350
Ярослав Запара. Організація вантажних перевезень в умовах створення UZ Cargo.....	353
Ганна Примаченко, Тетяна Хлань. Дослідження питань удосконалення вантажних залізничних перевезень в Україні.....	355
Iryna Ienina, Serhii Rahulin. Application of composite materials in the design gas turbine engines of aircrafts.....	358
Шраменко Наталя, Шраменко Владислав. Особливості розвитку українського ринку перевезень сільськогосподарських вантажів.....	360
Олеся Марченко. Адекватність математичної моделі для визначення раціональних капіталовкладень.....	363
Василь Равлюк, Ярослав Дерев'янчук. Раціональний спосіб модернізації елементів гальмової важільної передачі пасажирських вагонів.....	366
Наталя Шраменко, Анастасія Грицаєнко, Владислав Шраменко. Транспортно-технологічне забезпечення зернових елеваторів України: особливості та проблеми.....	371
Василь Равлюк. Ліквідація клинодуального зносу колодок шляхом модернізації елементів гальмової важільної передачі візків вантажних вагонів.....	374
Денис Ломотько, Олександр Огар, Ганна Шаповал, Микола Ломотько. Удосконалення технології обробки місцевих вагонів на сортувальній станції.....	379
Василь Равлюк. Апробація модернізованої гальмової важільної передачі візків вантажних вагонів.....	381
Наталя Шраменко, Владислав Шраменко. Тенденції ринку перевезень зернових вантажів при постачанні в порти.....	385
Марина Резуненко, Євгеній Балака, Володимир Вдовиченко. Прогнозування транспортного обслуговування населення в дальньому і міжміському сполученнях.....	388
Євгеній Балака, Дмитро Лючков. Використання електропоїздів для прискорених вантажоперевезень невеликими відправленнями.....	391
Денис Ломотько, Олександр Огар, Дмитро Козодой, Микола Ломотько. До питання актуальності контейлерних перевезень в Україні.....	393

Міждисциплінарні наукові дослідження

Hanna Nelasa, Maksym Vereshchak. Features of multi-scalar multiplication operation on elliptic curves implementation for GPU.....	396
--	-----