



ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

СПІВОРГАНІЗАТОРИ



Silesian University
of Technology



IK
INSTYTUT KOLEJNICTWA

ГЕНЕРАЛЬНІ ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ



ДЕПАРТАМЕНТ
ОСВІТИ І НАУКИ
Дніпропетровської області



XV МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ

ПРОБЛЕМИ МЕХАНІКИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу
та енергозбереження

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Дніпро
2020



Публічне акціонерне товариство «КРЮКІВСЬКИЙ ВАГОНБУДІВНИЙ ЗАВОД»



Створюємо нове, зберігаючи традиції!



ВЕДУЧИЙ ВИРОБНИК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ УКРАЇНИ - ПАТ «КРЮКІВСЬКИЙ ВАГОНБУДІВНИЙ ЗАВОД» - ПРОПОНУЄ:

- Широку гамму магістральних вантажних та спеціалізованих вагонів для перевезення різноманітних вантажів (піввагони, вагони-хопери, вагони-цистерни, вагони-платформи, криті вагони, тощо);
- Магістральні пасажирські вагони, міжрегіональні швидкісні електропоїзди, пасажирські дизель-поїзди, вагони метро;
- Ходові частини та комплектуючі до вантажних та пасажирських вагонів;
- Капітально - відновлюваний ремонт вантажних та пасажирських вагонів та комплексну модернізацію вагонів метро;
- Продукцію машинобудування (ескалатори, контейнери, комунальна техніка, зварні металоконструкції за індивідуальними замовленнями).

Система менеджменту підприємства сертифікована у відповідності до вимог міжнародного стандарту ISO 9001:2015, міжнародного стандарту ISO TS 2163:2017, національного стандарту ДСТУ ISO 9001:2015.



Публічне акціонерне товариство «КРЮКІВСЬКИЙ ВАГОНБУДІВНИЙ ЗАВОД»



Створюємо нове, зберігаючи традиції!

ВЕДУЧИЙ ВИРОБНИК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ УКРАЇНИ - ПАТ «КРЮКІВСЬКИЙ ВАГОНБУДІВНИЙ ЗАВОД» - ПРОПОНУЄ:

- Широку гаму магістральних вантажних та спеціалізованих вагонів для перевезення різноманітних вантажів (піввагони, вагони-хопери, вагони-цистерни, вагони-платформи, криті вагони, тощо);
- Магістральні пасажирські вагони, міжрегіональні швидкісні електропоїзди, пасажирські дизель-поїзди, вагони метро;
- Ходові частини та комплектуючі до вантажних та пасажирських вагонів;
- Капітально - відновлюваний ремонт вантажних та пасажирських вагонів та комплексну модернізацію вагонів метро;
- Продукцію машинобудування (ескалатори, контейнери, комунальна техніка, зварні металоконструкції за індивідуальними замовленнями).

Система менеджменту підприємства сертифікована у відповідності до вимог міжнародного стандарту ISO 9001:2015, міжнародного стандарту ISO TS 2163:2017, національного стандарту ДСТУ ISO 9001:2015.



АТ «Дніпропетровський стрілочний завод» - виробник стрілочних переводів та запасних частин типу Р65 , Р50, Р33, Р24, UIC60, UIC 54, UIC 49; марок 1/18, 1/14, 1/11,1/9,1/7,1/6,1/5,1/4,1/2; колія1524мм, 1520,мм, 1435мм, 900мм, 750мм.

Стрілочні переводи використовуються на магістральних коліях, промислових підприємств, міського транспорту та метрополітенах. Стрілочні переводи АТ «ДнСЗ» присутні у країнах СНД та Балтії, Турції, Іспанії, Алжиру, Німеччині.



**Перевід стрілочний Дн 675 UIC60 1/9
колії 1435 мм**

з дотичним вістряком, суцільнолитотою хрестовиною з 4-ма приварними рейковими закінченнями, підухил 1:20 рейкових елементів

Хрестовина 49Е1 1/9 Дн 679

суцільнолита з приварними рейковими закінченнями

АТ «Дніпропетровський стрілочний завод» - виробник стрілочних переводів та запасних частин типу Р65, Р50, Р33, Р24, UIC60, UIC 54, UIC 49; марок 1/18, 1/14, 1/11, 1/9, 1/7, 1/6, 1/5, 1/4, 1/2; колія 1524мм, 1520мм, 1435мм, 900мм, 750мм. .

Стрілочні переводи використовуються на магістральних коліях, промислових підприємств, міського транспорту та метрополітенах. Стрілочні переводи АТ «ДнСЗ» присутні у країнах СНД та Балтії, Турції, Іспанії, Алжиру, Німеччині.



Перевід стрілочний Р65 1/11 пр. Дн 400

з хрестовиною безперервною поверхнею катання з поворотним осердям, зі стрілочною та хрестовиною гарнітурами с замкачами на з.б. брусах з шурупно-дюбельним кріпленням підкладок (200 км/годину)

Перевід стрілочний Р65 1/14 пр. Дн 600

з вістряками зі зменшеним кутом вписування, підухил 1:20 рейкових елементів по всьому стрілочному переводі, моноблочна хрестовина

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна
Dnipro national university of railway transport named after academician V. Lazaryan

Інститут технічної механіки національної академії наук України
і державного космічного агентства України
Институт технической механики национальной академии наук Украины
и государственного космического агентства Украины
Institute of technical mechanics of the national academy of sciences of Ukraine
and state space agency of Ukraine

Сілезький технологічний університет (Польща)
Силезский технологический университет (Польша)
Silesian university of technology (Poland)

Залізничний інститут (Польща)
Институт путей сообщения (Польша)
The railway research institute (Poland)

XV Міжнародна конференція
**ПРОБЛЕМИ МЕХАНІКИ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**
Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження
ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

XV Международная конференция
**ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**
Безопасность движения, динамика, прочность подвижного состава и
энергосбережение
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

15th International Conference
**PROBLEMS OF THE RAILWAY
TRANSPORT MECHANICS**
Safety of motion, dynamics, strength of rolling stock and energy saving
ABSTRACTS

Дніпро
2020

П68
УДК 625.1/5

Редакційна колегія:

А. В. Радкевич (гол. редактор)
С. А. Костриця (зам. гол. редактора)
Л. В. Урсуляк
Л. О. Недужа
А. О. Швець (компьютерное оформление)
О. М. Маркова

Editorial Board:

A. V. Radkevych (Editor-in-Chief)
S. A. Kostritsa (vice Editor-in-Chief)
L. V. Ursulyak
L. O. Neduzha
A. O. Shvets (computer design)
O. M. Markova

Адреса редакційної колегії:
ДНУЗТ, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010

Проблеми механіки залізничного транспорту: Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження. XV Міжнародна конференція. Тези доповідей. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2020. – 166 с.

У тезах приведені результати теоретичних та експериментальних досліджень динаміки і міцності рухомого складу залізниць, у тому числі високошвидкісного, зносу коліс і рейок, безпеки руху.

В тезисах представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований динамики и прочности подвижного состава железных дорог, в том числе высокоскоростного, износа колес и рельсов, безопасности движения.

Results of theoretical and experimental investigations of railway rolling stock dynamics and strength, including high-speed rolling stock, wheel/rail wear, safety of motion are presented in the abstracts.

П68

© Дніпровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна

Суміщена колія – вpletіння, сплетіння, пересічення

Корноухова К. В.

АТ «Дніпропетровський стрілочний завод»

kornouhova@dsz.dp.ua

Throughout its history, railways in different countries were built with individual gauge. At the junction of railway systems with different track gauges, as a rule, re-installation of wagon bogies with an appropriate track gauge was used, or the cargo was reloaded and passengers were transferred. It is advisable (for example, for the sake of sharing the infrastructure) of investing a track along which rolling stock of different track gauges can move – in this case, the tracks are aligned.

На протяжении своей истории железной дороги в разных странах строились с индивидуальной шириной колеи. На стыке железнодорожных систем с различной шириной колеи как правило использовалось переустановки вагонных тележек с соответствующей шириной колеи, или перегружали груз и пересаживали пассажиров. Целесообразно (например ради совместного использования инфраструктуры) вложения пути, по которому может двигаться подвижной состав различной ширины колеи – в этом случае выполняется совмещение путей.

Протягом своєї історії залізниці в різних країнах будувались з індивідуальною шириною колії. На стику залізничних систем з різною шириною колії як правило використовувалось перевстановлення вагонних візків з відповідною шириною колії, чи перевантажували вантаж та пересажували пасажирів. Доцільно (наприклад заради сумісного використання інфраструктури) вкладання колії, по якій може рухатись рухомий склад різної ширини колії – в цьому випадку виконується суміщення колій.

Суміщення колій – з'єднання колій з різною шириною на одному земляному полотні в разі підходу колій до загальних

перевантажувальних майданчиків, платформ чи складів [1].

Частіше всього суміщаються дві колії (1520 мм та 1435 мм) (рис. 1), але існують і інші комбінації суміщення якщо різниця параметру ширини колій достатня, щоб розташувати рейку меншої колії в більшу, а одна рейка використовується як загальна (рис. 2).



Рис. 1 – Чотирьохниткова суміщена колія



Рис. 2 – Трьохниткова суміщена колія

Використання суміщеної колії в порівнянні з двома окремими коліями для відповідної ширини дає можливість економити площу та кошти на будівництво штучних споруд (земельні насипи, мости, тунелі), а також контактної мережі та пристроїв сигналізації. В Україні використовується чотирьохниткова суміщена залізнична колія для суміщення колій шириною 1435 мм та 1520 мм на одній підрейковій основі (рис. 3).

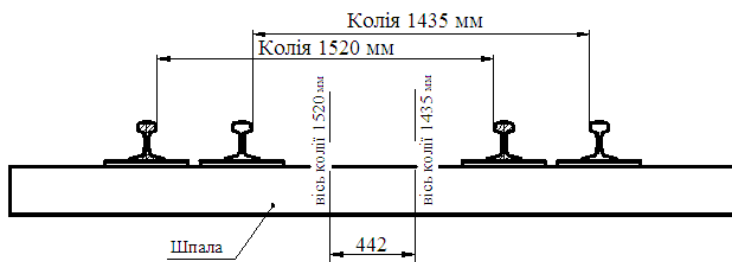


Рис. 3 – Суміщена залізнична колія (1520 мм та 1435 мм)

В Україні ширина колії залізниць – 1520 мм, а в країнах-сусідів

– 1435 мм. Зацікавленість в проекті створення суміщеної колії є не тільки у українських залізничників. До цього проекту придивляються польські та чеські залізничники.

Будівництво такої колії від державного кордону до станції Склинів анонсував у листопаді 2019 року ексочільник Укрзалізниці Євген Кравцов, коли перебував з візитом у Львові. Після реалізації цього проекту пасажирів отримають швидкісне сполучення зі Львова до Кракова, Праги, Відня.

З появою магістральної суміщеної колії виникає потреба в конструкціях, що забезпечать розгалуження колій, сплетіння колії 1520 мм зі стрілочними переводами колії 1435 мм, пересічення колії 1520 мм колією 1435 мм.

АТ «ДнСЗ» має конструктивні рішення зазначених конструкцій для рейок типу Р50, що використовувались за часів СРСР на лініях без системи засобів сигналізації, централізації та блокування (СЦБ):

- **Дн 810** – вплетіння типу Р50 марки 1/11 колії 1435 мм в колією 1520 мм (рис. 4).



Рис. 4 – Вплетіння пр. Дн 810 на випробувальному стенді АТ «ДнСЗ»

Вплетіння забезпечує розгалуження колій суміщеної колії на окремі колії 1435 мм та 1520 мм. Колія 1520 мм – по прямій колії,

колія 1435 мм – по боковій колії. Конструктивно конструкція складається з окремої хрестовини Р50 1/11, 2-х контррейкових вузлів та приєднувальних рейок з комплектом кріпильних елементів – підкладок, клем, болтів, гайок та шайб. Вплетіння вкладається на дерев'яні дубові бруси.

- **Дн 760** – сплетіння переводу стрілочного типу Р50 марки 1/11 колії 1435 мм з колією 1520 мм (рис. 5).

Сплетіння використовується в разі необхідності проходження рухомого складу по прямій колії шириною 1435 мм, а по боковій колії – продовження суміщеної колії. Зазначена конструкція сплетіння змонтована з використанням серійних елементів хрестовин, контррейкових вузлів та стрілки на костильному скріпленні. Переведення вістряків виконується ручним перевідним механізмом, що не може бути використано на нових ділянках.



Рис. 5 – Сплетіння переводу стрілочного типу Р50 марки 1/11 колії 1435 мм з колією 1520 мм під час вкладки

- **Дн 985** – сплетіння переводу стрілочного типу Р50 марки 1/11 колії 1435 мм з колією 1520 мм (рис. 6).



Рис. 6 – Сплетіння переходу стрілочного типу Р50 марки 1/11 колії 1435 мм з колією 1520 мм на випробувальному стенді АТ «ДнСЗ»

Ця конструкція сплетіння забезпечує проходження рухомого складу по боковій колії шириною 1435 мм, а по прямій колії – продовження суміщеної колії. В конструкції максимально використано серійні елементи за необхідністю незначних доопрацювань. Кріплення рейкових елементів до підкладки в доступних місцях на підкладках з високою ребордою. В стислих місцях встановлено індивідуальні підкладки. Кріплення рамної рейки з внутрішнього боку виконано пластиною пружною, розташованою в подушці. Кріплення підкладок до дерев'яних брусів шурупами. Переведення вістряків виконується ручним перевідним механізмом, тому сплетіння не може бути використано на нових електрифікованих ділянках.

- Дн 194 – сплетіння типу Р65 марки 1/11 з пересіченням колії 1520 мм колією 1435 мм.

Потреба в цій конструкції виникає, коли обидві нитки колії 1435 мм повинні перетнути колією 1520 мм (рис. 7). Проект цього сплетіння розроблено на АТ «ДнСЗ», але виготовлення ще не виконувалось.



Рис. 7 – Схема вкладання сплетіння типу Р65 марки 1/11 з пересіченням колії 1520 мм колією 1435 мм

Сплетіння має чотири вістряки зі зміщенням передніх торців кривого та прямого відносно один одного. Переведення кожного вістряка виконується окремим електроприводом СП-6. Проходження рухомого складу по прямій колії шириною 1520 мм, а по боковій колії шириною 1435 мм.

Підкладки з високими ребордами та клемами ПКЛ з шурупним кріпленням до брусків. Максимальна швидкість руху по сплетінню – 40 км/годину. Підрейкова основа дерев'яні дубові бруси.

Створено державний стандарт України ДСТУ Б В.2.6-209:2016 «Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 мм і 1435 мм. Технічні умови» відповідно якого для суміщеної колії виготовляються шпали СБЗС (Ш2С-1). Розташування рейкових нитей на шпалі СБЗС (Ш2С-1) наведено на рис. 8.

Відстань між робочими гранями рейок колії 1520 мм та колії 1435 мм складає 400 мм з одного боку та 485 мм з іншого.

Сучасні вимоги до конструкцій суміщеної колії:

- переведення вістряків повинно виконуватись електроприводом;
- тип рейки повинен бути Р65;
- примикаючі ділянки повинні бути вкладені на залізобетонній шпалі СБЗС (Ш2С-1);
- підрейкова основа конструкцій суміщеної колії – залізобетонні чи дубові бруси.

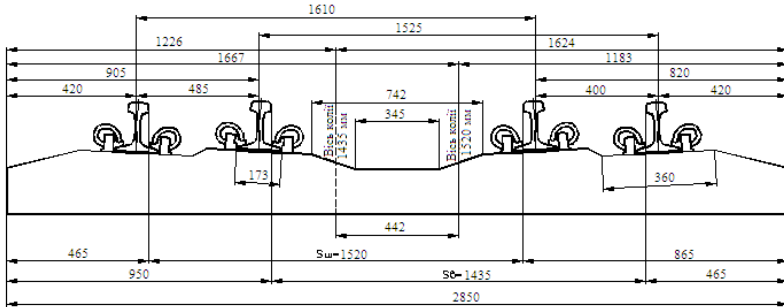


Рис. 8 – Основні геометричні співвідношення суміщеної колії 1520 і 1435 мм з рейками типу Р65 на залізобетонних шпалах СБЗС (Ш2С-1)

Під час дослідження використовувались проекти конструкцій суміщеної колії з конструктивними рішеннями, що існували з часів СРСР (Дн 760, Дн 810, Дн 985), державний стандарт України на залізобетонну шпалу для суміщеної колії з рейками типу Р65 (ДСТУ Б В.2.6-209:2016 «Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 мм і 1435 мм. Технічні умови»), сучасні вимоги та норми залізничної галузі (ЦП-0269 «Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України»).

Впровадження в експлуатацію ділянок суміщеної колії потребує:

- розробку технічного завдання на особливості конструкції елементів. Які сплетіння необхідно розробити – стрілочний перевід сплетіння колії 1520 мм чи 1435 мм, суміжна колія розташовується по прямому напрямку стрілочного переводу чи по боковому. Які вpletіння необхідно розробити – пряма колія 1520 мм чи 1435 мм;
- розробку та узгодження з замовником конструкторської документації на необхідні конструкції;
- розробку постановчої документації на конструкції;
- виготовлення дослідного зразка;
- проведення попередніх випробувань за участі замовника;
- вкладання в дослідну експлуатацію;

- проведення приймальних випробувань.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Крейнис З. Л. Путь и путевое хозяйство железных дорог. Термины и определения. Москва. ООО «Издательский дом. «Транспортная книга», 2008.639 с.

2. ДСТУ Б В.2.6-209:2016 «Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 мм і 1435 мм. Технічні умови», Київ. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016.

Удосконалення визначення параметрів розпилювання палива тепловозними форсунками в умовах депо

Аулін Д. О., Кліменко О. В., Фалендиш А. П., Клецька О. В.,
Dizo J.

Український державний університет залізничного транспорту
University of Zilina
gurao@ukr.net

The impact of resource-saving measures, such as indiscriminate cleaning technology, on the technical condition of the fuel apparatus was also assessed by testing the diesel injector nozzles on the stand before and after the indiscriminate cleaning technology. To determine the effect of indiscriminate cleaning technology on the quality of fuel spraying during testing, a method of trapping glycerol droplets was used, followed by microscopic analysis.

Влияние мер ресурсосбережения, таких как технология неизбирательной очистки, на техническое состояние топливного аппарата также оценивалось путем испытания форсунок дизельных форсунок на стенде до и после технологии неизбирательной очистки. Чтобы определить влияние технологии неизбирательной очистки на качество распыления топлива во время испытаний, был использован метод улавливания капель глицерина с последующим микроскопическим анализом.

Вплив заходів ресурсозбереження, таких як технологія невибіркового очищення, на технічний стан паливного апарату також оцінювалося шляхом випробування форсунок дизельних форсунок на стенді до і після технології невибіркового очищення. Щоб визначити вплив технології невибіркового очищення на якість розпилення палива під час випробувань, був використаний метод уловлювання крапель гліцерину з подальшим мікроскопічним аналізом.

Оцінка впливу застосування ресурсозберігаючих заходів (наприклад, технології безрозбірного очищення з використанням оригінальних присадок) на технічний стан паливної апаратури проводиться шляхом випробування форсунок дизеля на типових стендах типу А-106 до та після застосування запропонованої технології. При випробуваннях контролюється тиск вприску, гідравлічна щільність форсунок, герметичність, а також візуально оцінюється якість розпилювання палива. Результати випробувань показали, що на тиск вприску і гідравлічну щільність форсунок застосування запропонованої технології безрозбірного очищення не вплинуло. При проведенні випробувань форсунок на стенді А106 якість розпилювання оцінювалась візуально, що дозволило виявити тільки значні зміни в роботі форсунки. Тому для оцінки впливу застосування запропонованої технології безрозбірного очищення на якість розпилювання палива форсунками необхідно було застосувати більш точний і достовірний метод оцінки.

Проведення досліджень по розпилюванню палива, а особливо, щодо визначення розмірів і кількості крапель, є складною і трудомісткою задачею. Існують різні методи для її вирішення: мікрокінозйомка крапель в факелі, фотометричний метод, вприск в розплавлений парафін з подальшим заморожуванням крапель і просіюванням їх через сита, сідентометричний метод та ін. Всі ці методи, вимагають складного устаткування і значних витрат і не завжди можуть бути застосовані в дослідженнях, що проводяться в умовах виробництва. Для визначення впливу технології

безрозбірного очищення на якість розпилювання палива, при випробуваннях застосовувався метод уловлювання крапель гліцерином, з наступним мікроскопічним аналізом.

Зображення через об'єктив мікроскопа потрапляє в відеокамеру, де перетворюється в цифровий відеосигнал. Цей сигнал надходить в комп'ютер і перетворюється в растрове зображення. Отримання і подальша обробка графічного зображення здійснюється за допомогою спеціального програмного забезпечення яке дозволяє:

- проводити калібрування і вводити масштабний коефіцієнт;
- проводити фільтрацію зображення;
- перетворювати зображення в негативне;
- відображати зображення по горизонталі і вертикалі;
- розділяти зображення по відтінкам;
- перетворювати зображення в бінарне (чорно-біле);
- проводити обробку країв зображення (видаляти небажані об'єкти по краях зображення);
- проводити ручні лінійні виміри;
- проводити ручні вимірювання площ;
- проводити автоматичний аналіз зображення (обчислення лінійних розмірів і площ);
- групувати дані, отримані при аналізі зображення.

Обробку та аналіз результатів випробувань форсунок доцільно виконувати статистичним методом, приймаючи для відносної кривої параметри за залежністю Розіна-Раммлера:

$$S(z) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{z}{B} \right)^A \right]$$

де A та B – постійні, які визначаються на основі експериментальних даних.

Параметр B , званий ще константою розміру, є розмір краплі, яка розділяє відносну сумарну криву так, що 63,2% всього розпиленого палива складено з крапель, розміри яких менше, а 36,8% – з крапель

розміром більше. Параметр A характеризує ширину розподілу, тобто ступінь однорідності крапель за розміром z .

Таким чином, при використанні розробленого програмного забезпечення було отримано, що при збереженні тиску подачі палива застосування технології безрозбірного очищення призводить до зменшення розміру крапель розпиленого палива. Це призводить до збільшення питомої поверхні, прискоренню випаровування палива, і, як наслідок, до поліпшення якості сумішоутворення, як слід процесу згоряння і покращення техніко-економічних показників роботи тепловозів.

На основі запропонованого методу та розробленого програмного забезпечення були розроблені рекомендації для виготовлення випробувального стенду для визначення якості розпилювання палива форсунками.

Модернізація буферного бруса електровозу керування тягового агрегату ПЕ2У

Банніков Д. О., Радкевич А. В., Мунтян А. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
ім. акад. В. А. Лазаряна
bdo2020@yahoo.com

The main results of a theoretical study devoted to the analysis of the stress-strain state of the design of the buffer beam of the electric locomotive control traction unit PE2U are presentsd. As a separate task, an estimation of the possibility and effectiveness of attaching a special safety bracket to the front wall of the buffer beam was made. Constructive recommendations for improving the performance of the buffer beam are given.

Приведены основные результаты теоретического исследования посвященного анализу напряженно-деформированного состояния конструкции буферного бруса электровоза управления тягового агрегата ПЭ2У. В качестве отдельной задачи рассматривалась

оценка возможности та ефективності прикрєплення к передней стенке буферного бруса специального страховочного кронштейна. Представлены конструктивные рекомендации относительно улучшения работы буферного бруса.

Наведені основні результати теоретичного дослідження присвяченого аналізу напружено-деформованого стану конструкції буферного бруса електровоза керування тягового агрегату ПЕ2У. Як окрема задача розглядалась оцінка можливості та ефективності прикрєплення до передньої стінки буферного бруса спеціального страхувального кронштейну. Представлені конструктивні рекомендації щодо покращення роботи буферного бруса.

В теперішній час на ряді гірничодобувних підприємств України та країн СНД продовжується експлуатація тягових агрегатів серії ПЕ2. Вони були розроблені та серійно запущені в експлуатацію починаючи з 60-х років ХХ сторіччя на Дніпропетровському електровозобудівному заводі (на тепер – ДП «Дніпровський електровозобудівний завод»). Надалі тяговий агрегат був модернізований з частковим покращенням тягових характеристик і отримав позначення ПЕ2У. Він складався з електровозу керування постійного струму та двох самохідних думпкарів. В практиці експлуатації нерідко електровоз керування почав застосовуватись як самостійна тягова одиниця рухомого складу, на кшталт локомотива.

Оскільки строк експлуатації багатьох таких машин сягає 40-50 років, то все частіше їх експлуатація супроводжується різноманітними відмовами та аваріями завдяки в тому числі й високому рівню зносу несучих конструктивних елементів. Одним з таких важливих конструктивних елементів є буферний брус, який фактично безпосередньо сприймає зусилля від автозчеплення. Тому моніторингу його надійної роботи приділяється особлива увага.

У зв'язку із дуже широким поширенням програмних засобів аналізу роботи під навантаженням конструкцій переважно на базі методу скінчених елементів з'явилась можливість оцінити

напружено-деформований стан (НДС) в тому числі й буферного бруса. Його розрахунки та конструювання виконувались в свій час із застосуванням доволі спрощених моделей та звісно просторова робота цього конструктиву не приймалась до уваги. Тому основною метою виконаних досліджень була оцінка НДС буферного бруса електровозу керування тягового агрегату ПЕ2У з наданням відповідних рекомендацій щодо покращення його роботи під час експлуатації.

Також додатковою практичною задачею, яка також розглядалась під час досліджень була оцінка можливості та ефективності прикріплення до передньої стінки буферного бруса спеціального страхувального кронштейну. Функція цього кронштейну полягає в утриманні зв'язки електровоз-вагон у випадку їх розчеплення під час руху на доволі крутих ухилах або у зв'язку зі зносом та пошкодженнями автозчеплення. Утримання передбачало наявність додаткового ланцюга, який і прикріплювався до страхувального кронштейну. Фактично це є додатковий своєрідний аварійний засіб безпеки, який почав запроваджуватись в практиці експлуатації електровозів керування.

Конструктивно буферний брус являє собою складну просторову пластинчасту конструкцію із габаритними розмірами $2,1 \times 1,5$ м. По боках брус приєднується до поздовжніх несучих балок рами електровозу керування, які мають коробчастий переріз. Висота бруса становить 0,4 м. Верхній лист має товщину 1 см, нижній лист – 1,4 см. В конструкції буферного бруса наявні чотири вертикальні стінки товщиною 0,8 см, які поєднують між собою верхній та нижній листи. В нижньому листі та в вертикальних стінках передбачені отвори, які дещо полегшують конструкцію. Центральна частина буферного бруса, де розташовується система автозчеплення, має додаткову систему спеціальних упорів та підкріплюючих елементів. Загальна маса конструкції буферного бруса сягає 1 400 кг.

Оцінка НДС конструкції буферного бруса виконувався із застосуванням проектно-обчислювального комплексу SCAD for

Windows. Хоча він є будівельно-орієнтованою програмною розробкою, проте доволі коректно може бути застосований і для аналізу роботи машинобудівних конструкцій. Для забезпечення вірогідності отримуваних результатів оцінка НДС також проводилась і в програмному комплексі Nastran при приблизно однаковій сітці скінчених елементів.

Окремим питанням під час моделювання конструкції буферного бруса було питання щодо врахування певної довжини бокових несучих балок рами електровозу, адже від цього суттєво залежить розподіл зусиль в конструкції. Дослідним шляхом було визначено, що прийнятним є моделювання балок на довжині ще 1,5 м від задньої стінки буферного бруса (приблизно 4 висоти балки). Цього виявляється достатньо для уникнення впливу жорсткості балок на НДС конструкції буферного бруса.

Скінченно-елементна модель конструкції буферного бруса являла собою пластинчасту систему. Основним визначальним видом навантажень, відповідно до чинних норм, приймався поздовжній стиск зусиллям в 250 т. При аналізі роботи страхувального кронштейну задавалось розтягуюче навантаження в 140 т. Всі розрахунки виконувались в фізично та геометрично лінійній постановці.

Щодо отримуваних результатів оцінки НДС конструкції буферного бруса електровоза керування тягового агрегату ПЕ2У слід констатувати наступне. Найбільш навантаженим елементом буферного бруса є внутрішня вертикальна стінка, на якій розташовані упори, що сприймають навантаження від автозчеплення. Рівень напружень в ній сягав 350 МПа при допустимому рівні в 180 МПа. Також можна виділити ще 3 зони в конструкції буферного бруса, в яких рівень напружень досягає 170-190 МПа. Всі вони розташовані на нижньому листі. На інших ділянках конструкції напружений стан є більш рівномірним та напруження не перевищують в цілому рівня 100 МПа. За рахунок позацентрового прикладання навантаження від автозчеплення спостерігалось вертикальне деформування конструкції буферного

бруса, яке досягало 18 мм.

Такий НДС потребував певних заходів щодо підсилення конструкції буферного бруса. Для цього були проаналізовані 6 конструктивних варіантів підсилення зони упорів системою ребер жорсткості. При цьому розглядалось як їх вертикальне, так і горизонтальне розташування. Найбільш ефективним виявився варіант із постановкою чотирьох горизонтальних ребер жорсткості товщиною по 16 мм, що знизило рівень напружень в цій зоні майже вдвічі. Також були запропоновані додаткові локальні конструктивні зміни, для вирівнювання НДС конструкції буферного бруса.

Прикріплення спеціального страхувального кронштейну, як показали результати моделювання, суттєво погіршує НДС передньої стінки буферного бруса. Рівень напружень в окремих ділянках збільшується до 370 МПа. Для вирівнювання НДС розглядалась система спеціальних підсилюючих ребер жорсткості, які аналізувались в вертикальній, горизонтальній, віялоподібній та комбінованій постановці. В результаті був визначений найбільш раціональний конструктивний варіант, який проте призвів до збільшення маси конструкції буферного бруса (разом із страхувальним кронштейном) майже на 350 кг. Також по результатах оцінки НДС самого страхувального кронштейна був наданий ряд рекомендацій щодо вдосконалення його конструктивного рішення.

Ефективність використання акумуляторів тепла для опалення теплиць

Бордун М. В., Савицький М. В., Данішевський В. В.

Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

klmari@ukr.net

The stable microclimate in greenhouses is provided by different engineering systems such as heating, ventilation, lighting, etc. These

systems require a lot of energy. Energy consumption can be reduced by using solar energy and heat accumulator. The purpose of this research is to determine the optimal heat accumulator for equalizing temperature amplitude inside the greenhouse under atmospheric effects in spring.

Для обеспечения стабильного микроклимата теплицы оборудуют системами отопления, вентиляции, освещения, которые для своей работы требуют много энергии. Снизить использование энергии при эксплуатации теплиц возможно при использовании солнечной энергии и аккумулятора тепла. Целью исследования является определение оптимального суточного теплоаккумулятора для выравнивания внутренней температуры в теплице при атмосферных воздействиях в ранне-весенний период.

Для забезпечення стабільного мікроклімату теплиці оснащують системами опалення, вентиляції, освітлення, які для своєї роботи потребують багато енергії. Знизити використання енергії при експлуатації теплиць можливо при використанні сонячної енергії і акумулятора тепла. Метою дослідження є визначення оптимального добового теплоаккумулятора для вирівнювання внутрішньої температури в теплиці при атмосферних впливах у ранньо-весняний період.

Основні витрати енергії в спорудах закритого ґрунту відбуваються на їх обігрів при знижених температурах. Витрати на енергоносії є визначальним фактором при формуванні собівартості тепличної продукції і становлять від 30 до 70%.

У звичайній теплиці протягом доби спостерігається широкий діапазон коливань температур і вологості повітря, а різниця денних і нічних температур в теплиці становить більше 40 °С навіть у весняний період. Наявність великих площ світлопрозорого огороження також сприяє втратам енергії. Так, в теплий період завдяки світлопрозорим конструкціям температура повітря в теплиці швидко підвищується до рівня, який значно перевищує необхідний температурний режим, і іноді, лише тільки природної вентиляції повітря недостатньо для видалення надлишків тепла. В

холодний період, навпаки, через прозорі покриття теплиць тепло дуже швидко втрачається і для підтримки мікроклімату в приміщенні теплиць потребують постійного опалення. Це все призводить до значних витрат енергії, що робить рослинництво закритого ґрунту найбільш енергоємним і витратним напрямом сільського господарства.

Економія енергії і зниження амплітуди коливань температур всередині теплиці під час її експлуатації у ранньо-весняний період може бути досягнута за рахунок використання сонячної енергії в системі теплопостачання теплиці за допомогою акумуляторів тепла.

Акумулятори тепла можна класифікувати за характером процесів, що протікають в теплоакumuлюючому матеріалі. Найбільш поширеними є акумулятори ємнісного типу, в яких використовується теплоємність акумулюючого матеріалу, що нагрівається (охолоджується) без зміни його агрегатного стану. Теплоакumuлюючим матеріалом в таких теплоакumuляторах може бути бетон, камінь, цегла, вода та їх поєднання, а в якості теплоакumuляторів можуть використовуватись конструктивні елементи споруди: підлога, непрозорі стіни, або ґрунт. Також в якості акумуляторів тепла можуть використовуватись окремі предмети встановлені в теплиці (ємності з водою, каміння).

Теплоакumuлююча здатність матеріалів залежить від їхньої теплоємності і різниці температур. З усіх теплоакumuлюючих матеріалів вода має найбільшу теплоємність.

Метою дослідження є визначення оптимального добового водяного теплоакumuлятора для вирівнювання внутрішньої температури в теплиці при атмосферних впливах у ранньо-весняний період.

Для визначення діапазону добових температурних коливань в середині теплиці проведено експериментальні дослідження тепловлажностного режиму теплиці без теплоакumuлюючих заходів при атмосферних впливах для кліматичних умов м. Дніпра.

Безперервні вимірювання температури і вологості повітря здійснювались на висоті 0,3 м і 2,2 м від рівня поверхні ґрунту в

середині і зовні теплиці по годинно в період з 23.03.2019 р. – 06.04.2019 р. Вимірювання температури і відносної вологості проводились з використанням цифрових датчиків Tinytag Ultra 2. Встановлено, що діапазон коливань температури всередині теплиці протягом експериментального періоду складає від $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $52\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це вказує на те, що навіть у весняний період, внутрішня температура в теплиці не відповідає встановленим нормам температури внутрішнього повітря для нормального росту і розвитку рослин.

Для дослідження ефективності використання акумулятора тепла в теплиці запропоновано теплотехнічну модель, яка враховує теплонадходження від сонячної радіації, теплові втрати через огорожуючі конструкції і теплоту, що накопичується у акумуляторі. Для даної моделі теплиці встановлені залежності температури теплоакумулятора, внутрішньої температури теплиці і температури зовнішнього повітря від часу. При чому, залежність температури зовнішнього повітря від часу задана чисельно, згідно експериментальних даних. Складені рівняння теплового балансу теплиці. Запропонована математична модель теплиці дозволяє визначити зміни температури внутрішнього повітря і температури теплоакумулятора в зазначений період часу.

Розрахунки змін внутрішньої температури в теплиці і температури теплоакумулятора проведено за допомогою програмного комплексу wxMaxima. Для проведення верифікації математичної моделі теплиці виконано розрахунок зміни внутрішньої температури в теплиці без урахування теплоакумулятора. Результати розрахунків співпадають з експериментальними даними, це підтверджує вірність запропонованої математичної моделі теплиці.

На основі запропонованої математичної моделі теплиці визначено оптимальний добовий теплоакумулятор для вирівнювання температур в середині досліджуваної теплиці у ранньо-весняний період.

Встановлені залежності між об'ємом та площею акумуляуючої поверхні теплоакумулятора і його ефективністю. При однаковому

об'ємі ефективність теплоакумулятора підвищується за умови збільшення площі акумуляуючої поверхні.

Запропонована математична модель теплиці дозволяє обрати оптимальний об'єм і розміри добового теплоакумулятора для будь-якої теплиці.

Обчислення точності прогнозування видів несправностей тягових редукторів електропоїздів

Бульба В. І., Михалків С. В., Ходаківський А. М.

Регіональна філія «Південна залізниця»

Український державний університет залізничного транспорту

svm_m@kart.edu.ua

The forecasting of the technical state of the traction gearboxes of electric trains was done by the fitted ARIMA models with an 80 % confidence interval for the period since the 71st 3rd level maintenance up to the next 2nd level current repair. After disassembling 14 traction gearboxes of electric trains the five types of faults were detected. Despite high complexity, the absence of the automatic process for the calculation and the necessity of performing several iterative procedures, the calculated minimum value precision of the ARIMA model forecasting is equal to 91.4 %.

Прогнозирование технического состояния тяговых редукторов электропоездов осуществлялось подходящими ARIMA моделями с 80 % доверительным интервалом с 72-ого ТО-3 и до следующего ТР-2. После разборки 14 тяговых редукторов электропоездов было выявлено 5 видов неисправностей. Несмотря на большую сложность, отсутствие автоматизированного процесса подсчета и необходимость осуществления нескольких итерационных процедур, рассчитанное наименьшее значение точности прогнозирования ARIMA моделью составляет 91,4 %.

Прогнозування технічного стану тягових редукторів електропоїздів здійснювалось припасованими ARIMA моделями з 80 % довірчим

інтервалом з 72-ого ТО-3 і до наступного ПР-2. Після розбирання 14 тягових редукторів електропоїздів було виявлено п'ять видів несправностей. Незважаючи на вищу складність, відсутність автоматичного процесу підрахунку та необхідність здійснення декількох ітераційних процедур, підраховане найменше значення точності прогнозування ARIMA моделлю становить 91,4 %.

Вібраційні сигнали тягових редукторів електропоїздів містять важливу інформацію про технічний стан зубчастого зацеплення та підшипників кочення. Тому в технології діагностування є важливою фіксація тих змін у сигналах, які вказують на наближення відмови. Тому запорукою успішного переходу до системи ТО й ПР тягового (ТРС) та моторвагонного рухомого складу (МВРС) за технічним станом є реалізація точних методів прогнозування, які здатні визначати час настання відмови й надавати змогу вчасно вживати відповідні превентивні заходи.

Незважаючи на безліч методів прогнозування, багато дослідників зосередилися на застосуванні та поглибленні теорії часових рядів у таких додатках, як фінанси, виробництво, управління. У часових рядах є одна змінна та її попередні значення й завжди наявне припущення про випадковий вплив чинників з навколишнього середовища на змінну, величина якої має прогнозуватись, тому висновок про майбутню поведінку часових рядів робиться з їх попередніх значень. У прогнозуванні набули поширення детерміновані методи експоненційного згладжування, аналізу тренду й стохастичні методи. Модель регресії упроваджує задану форму для опису відношення між залежними й незалежними змінними часового ряду, що не завжди дозволяє вважати цю модель адекватною для прогнозування відповідних величин. Також модель регресії володіє стандартним припущенням про статистичну незалежність величини помилки, хоча здебільшого реальні часові ряди залежать або мають автокореляцію між своїми складовими. Натомість сучасні методи машинного навчання позбавлені потреби здійснювати припущення щодо визначення залежності в моделі та

автоматично визначають згадану залежність упродовж процесу навчання даних. Нейронні мережі більше призначені для роботи з часовими рядами зі складною та нелінійною структурою. Іншим підходом до моделювання часових рядів є використання методології Бокса-Дженкінса або інтегрованої дискретної стохастичної моделі авторегресії і ковзного середнього (ARIMA), яка оперує вхідними змінними й позбавляє дослідника потреби вибору вагомих змінних або форми залежності між ними та використовується у низці додатків.

Зважаючи на брак чітких або емпіричних правил із вибору найкращої моделі для прогнозування технічного стану обладнання ТРС та МВРС, доцільно обирати ту модель, яка володіє найменшими помилками за результатами моделювання, де дослідник має шукати компроміс між точністю прогнозування та складністю метода, якщо точність однакова, то переваги надаються простішому методу.

ARIMA модель здатна описувати часові ряди з ознаками нестаціонарності та синтезує два різні методи моделювання часового ряду: авторегресії (AR) і ковзного середнього (MA).

Алгоритм побудови ARIMA моделі містить такі складові:

- 1) ідентифікація моделі;
- 2) оцінювання моделі;
- 3) перевірка адекватності моделі;
- 4) практичне застосування моделі для прогнозування.

Експериментальні дослідження проводилися вибірково на чотирнадцяти тягових редукторах трьох електропоїздів серії EP2T. Упродовж міжремонтного інтервалу між двома ПР-2 проводились сімдесят п'ять ТО-3 та п'ять ПР-1. На кожному ТО-3 та ПР-1 в оглядовому стійлі здійснювалася реєстрація вібраційних реалізацій чотирнадцяти тягових редукторів з боку підшипника кочення передньої кришки редуктора. Реєстрація відбувалася на шістдесяти шести ТО-3 та п'яти ПР-1 та на ПР-2 перед розбиранням. Для кожного із зареєстрованих вібраційних реалізацій розраховувалась фрактальна розмірність покриття. Прогнозування технічного стану

здійснювалось на решту дев'ять ТО-3 і до ПР-2 з наступним порівнянням фактичного технічного стану після розбирання редуктора на ПР-2 із прогнозованим значенням фрактальної розмірності покриття. Із чотирнадцяти редукторів справними виявилися дев'ять, решта мали такі несправності:

- 1) недостатня кількість мастила в редукторі;
- 2) знос ролика підшипника передньої кришки редуктора;
- 3) тріщина кільця підшипника передньої кришки редуктора;
- 4) відкол зуба шестерні редуктора;
- 5) руйнування підшипника передньої кришки редуктора й тріщина зуба шестерні.

Сконструйованими оптимальними ARIMA моделями здійснене прогнозування технічного стану тягових редукторів із 80 % довірчими інтервалами. Довший період прогнозування призводить до стрімкого розширення довірчих інтервалів, що не властиво для моделей із сильно вираженим трендом, які не застосовують диференціювання.

Точність прогнозування припасованими ARIMA моделями є такою:

- для справного редуктора: 96,3 %;
- для 1) виду несправності: 93,8 %;
- для 2) виду несправності: 95,1 %;
- для 3) виду несправності: 97,5 %;
- для 4) виду несправності: 91,4 %;
- для 5) виду несправності: 95,1 %.

Отже, гнучкість методології Бокса-Дженкінса дозволяє обрати найбільш прийнятний підклас моделей з-поміж AR- та MA-складової. Для всіх 6 видів технічного стану досліджуваних тягових редукторів найкраще припасування продемонструвала лише AR-складова, тимчасом MA-складова як наодинці так і в поєднанні з AR-складовою реалізовувала вищі значення інформативного критерію Акаїкі та Байєсового інформаційного критерію. Здійснена структурна ідентифікація ARIMA моделей для відповідних технічних станів. Успішна реалізація дискретних стохастичних

ARIMA моделей потребує лише наявності дискретних величин, які накопичуються протягом відповідних експериментів. Такі недоліки ARIMA моделей, як вища складність, потреба в здійсненні декількох ітераційних процедур та неможливість реалізації автоматичного процесу не впливають на точність прогнозування, найменше значення якої за результатами досліджень сягало 91,4 %.

Технологічні параметри процесу ущільнення ґрунтів нижньої будови колії

Главацький К. Ц.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
ім. акад. В. А. Лазаряна
kazimir.glavatskij@gmail.com

The construction of modern high-speed railways requires guaranteed stability of the lower track structure during the design period of its operation. It is necessary to ensure maximum productivity and minimum energy intensity of the proposed technological processes. The scientific basis for adjusting the parameters of sealing machines and technological schemes of their use in order to accelerate the process of sealing and reducing the number of machines.

Строительство современных скоростных железных дорог требует гарантированной устойчивости конструкции нижней колеи в течение проектного периода ее эксплуатации. Необходимо обеспечить максимальную производительность и минимальную энергоёмкость предлагаемых технологических процессов. Научная основа для настройки параметров пломбировочных машин и технологические схемы их использования с целью ускорения процесса пломбирования и уменьшения количества машин.

Будівництво сучасних швидкісних залізниць вимагає гарантованої стійкості конструкції нижньої колії протягом проектного періоду її експлуатації. Необхідно забезпечити максимальну продуктивність і мінімальну енергоємність запропонованих технологічних процесів.

Наукова основа для настройки параметрів пломбувальних машин і технологічні схеми їх використання з метою прискорення процесу пломбування та зменшення кількості машин.

При будівництві залізничних доріг стабільність їх просторового розміщення визначає гарантована жорсткість ґрунтового масиву нижньої будови колії протягом встановленого терміну експлуатації дороги за умови виключення факторів, які можуть змінювати задані фізико-механічні властивості ущільненого ґрунту.

При виборі ГУМ визначальними факторами є забезпечення максимально можливої у даних обставинах продуктивності та мінімальної собівартості виконання робіт.

Це можливо за рахунок прискорення ущільнення ґрунту шляхом скорочення витрат часу та енергоносіїв і зменшення загальної кількості ГУМ, задіяних у технологічному процесі ущільнення. Скорочення витрат часу та енергоносіїв можна досягти підвищивши інтенсивність ущільнення ґрунту, тобто активізувавши ущільнювальну дію на нього РО ГУМ, наприклад, використовуючи РО блокуючої дії на ґрунт і змінюючи в широкому діапазоні їх загальне привантаження. Зменшити загальну кількість ГУМ можна шляхом створення машин нового покоління, компоувальні структурні схеми яких включали б РО коткового і площадкового пересувного типу статичної і динамічної дії.

Щоб порівняти ефективність роботи різних груп ГУМ різних виробників запропонована методика визначення відносних та узагальнюючих показників даних машин на основі відомих їх технічних характеристик. При цьому, на основі узагальнюючих показників роботи ГУМ рекомендовані зміни розрахункових діапазонів їх основних і допоміжних параметрів на стадії проектування з метою розширення області раціонального використання машини при ущільненні ґрунту за різними технологічними схемами. Розрахунок і вибір раціональних діапазонів параметрів ГУМ виконується на основі математичного моделювання їх ефективної взаємодії з ґрунтом. Розширення

діапазону застосування ГУМ забезпечує введення в їх структуру вібраційних систем (ВС). Традиційні ГУМ мають, переважно ВС з жорстко фіксованими параметрами (вектор збурюючої сили, амплітуда, частота коливань), що суттєво обмежує технологічні умови їх використання. У сучасних ГУМ комбіноване застосування різнотипних РО обмежене, як правило, спільним типом, до якого вони відносяться (наприклад, для котків застосовуються тільки вальці, що відрізняються конфігурацією зовнішньої поверхні: циліндричні гладенькі, решітчасті і т. ін.).

Модернізація ГУМ за модульним принципом має суттєві переваги перед іншими варіантами. Вони полягають у тому, що: по-перше, окремі їх конструктивні елементи (особливо робоче обладнання та РО) можна виконувати у вигляді уніфікованих блоків – модулів, з яких, залежно від технологічних вимог, можна зібрати потрібну конфігурацію ГУМ; по-друге, не погіршується початковий стан машини, до якого, при необхідності, можна повернутися у кожний момент; по-третє, зменшується номенклатура конструктивних елементів і машин у цілому, оскільки кожна машина може комплектуватися змінними модулями, що призводить до поліпшення їх якості за рахунок глибокого припрацювання.

Виконані дослідження, систематизація і наглядне представлення співвідношень між технологічними параметрами віброкотків для визначення діапазонів їх раціональних значень і оптимальних показників роботи. Для прикладного використання запропонованих рішень автором розроблені компоувальні схеми машин з РО у вигляді котків і віброплит.

Традиційно ущільнення ґрунту при його укладанні у технологічну споруду забезпечується певною послідовністю застосування комплексу машин для земляних робіт, серед яких першу групу складають машини, що застосовуються для копання, транспортування, укладання і профілювання ґрунту (екскаватори, бульдозери, скрепери, грейдери), а другу групу – власне ГУМ. При цьому, машини першої групи під час роботи частково ущільнюють ґрунт своїми опорно-ходовими пристроями (гусеницями і

колесами), а машини другої групи остаточно стабілізують кожний з проміжних і останній шари ґрунту.

Для інтенсифікації ущільнення ґрунту для землерийно-транспортних машин першої групи (зокрема для бульдозерів) запропоновані варіанти технічних рішень бульдозерно-ущільнювальних робочих органів, на які отримані патенти України на винаходи.

При поєднанні в одній ГУМ різних типів РО (котків, віброплощадок, трамбівок) суттєво зміняться її технологічні можливості, а також скоротиться парк ГУМ. Автором запропоновані котки з багатьма робочими вальцями різних діаметрів і форми їх робочих поверхонь блокуючої дії на ґрунт, та котки, на базі яких встановлені віброплощадки і трамбівки з робочими поверхнями блокуючої дії на ґрунт, які, при необхідності, можна замінити на традиційні гладенькі. Прикладом нових видів ГУМ з комбінованими РО є ряд запатентованих автором технічних рішень.

Загальною характерною особливістю всіх запропонованих технічних рішень є їх будова за модульним принципом, особливо стосовно швидкозмінних робочих органів чи їх робочих поверхонь, а також ВС модульного типу (ВСМТ), що сприяють інтенсифікації процесу ущільнення ґрунту шляхом поступового підвищення тиску в зоні контакту робочих поверхонь РО з ґрунтом за рахунок використання додаткової збурюючої сили. При цьому вектор збурюючої сили може задаватися як дискретно, так і у автоматичному режимі, залежно від ступеня ущільнення ґрунту, що вимірюється або дискретно спеціальними переносними вимірювальними пристроями, або постійно в процесі роботи ГУМ за рахунок вмонтованої в її конструкцію слідкуючої вимірювальної системи.

Базовою гіпотезою при розробці нових видів ГУМ є створення напружень на поверхні контакту їх РО з ґрунтом, що перевищують межу пластичності, з одночасним забезпеченням обмеження вислизання ґрунту з-під їх робочих поверхонь, тобто блокування

грунту. При цьому очікується підвищення продуктивності ущільнення ґрунту за рахунок скорочення часу доведення масиву ґрунту до стану маскимально можливого ущільнення.

Особливістю запропонованих конструкцій РО ГУМ є їх універсальність, яка, крім іншого, передбачає можливість блокуваного ущільнення ґрунту, що безумовно призведе до збільшення їх продуктивності за рахунок збільшення питомого тиску на ґрунт РО з ВС і створення умов не вислизання ґрунту з-під контактуючої з ним поверхні РО.

Робочі поверхні РО блокуючої дії розроблені та досліджуються для усіх видів ГУМ. При цьому визначені діапазони їх раціональних параметрів.

Порядок роботи РО ГУМ характеризується або поступовим зменшенням їх контактної площі з ґрунтом за рахунок зміни розмірів і форми їх робочої поверхні, наприклад, поступове зменшення діаметра циліндричного металевого котка, встановлення на його поверхню змінних бандажів з кулачками змінних розмірів та профілю, поступове збільшення тиску в пневматичних котках, або поступове збільшення навантаження на РО за рахунок ВСМТ, ефективність роботи якої визначається зокрема за рахунок раціонального вибору форми і розмірів дебалансів.

Запропоновані розробки принципів варіантів технічних рішень РО ГУМ для прискореного блокуваного ущільнення ґрунту забезпечать досягнення очікуваного результату за рахунок прискорення процесу ущільнення ґрунту шляхом збільшення робочого напруження ґрунту під поверхнею РО за рахунок його блокування. Процес ущільнення ґрунту під блокуючою поверхнею РО ГУМ буде не тільки у вертикальному, але і у горизонтальному та похилому напрямку, що підвищить ефективність і якість і ущільнення.

**Технологія енергоефективного копання ґрунтів
бульдозерами з неповоротним відвалом та об'ємною ножовою
системою для при спорудженні нижньої будови колії**

Главацький К. Ц., Горбенко Ю. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
ім. акад. В. А. Лазаряна
kazimir.glavatskij@gmail.com

The urgency of exploring new bulldozer equipment is driven by increased energy efficiency and productivity of ground works. Conducted theoretical and experimental studies comparing which in the first approximation can be concluded about the superiority of the proposed new technical solution over the traditional bulldozer working body. The conducted experimental studies indicate the need to improve the mathematical and physical model.

Актуальность исследования нового бульдозерного оборудования обусловлена повышением энергоэффективности и производительности земляных работ. Проведены теоретические и экспериментальные исследования, сравнивая которые в первом приближении можно сделать вывод о превосходстве предлагаемого нового технического решения над традиционным бульдозерным рабочим органом. Проведенные экспериментальные исследования указывают на необходимость совершенствования математической и физической модели.

Актуальність дослідження нового бульдозерного обладнання обумовлена підвищенням енергоефективності та продуктивності земляних робіт. Проведено теоретичні та експериментальні дослідження, порівнюючи які в першому наближенні можна зробити висновок про перевагу запропонованого нового технічного рішення над традиційним бульдозерним робочим органом. Проведені експериментальні дослідження вказують на необхідність вдосконалення математичної і фізичної моделі.

Доцільність проведення досліджень обумовлена тим, що в наш час велику увагу приділяють модернізації існуючих або розробці нових машин для земляних робіт та підвищення їх енергоефективності. Відомі дослідження і конструктивні рішення плоских ножових систем (НС): традиційного типу із розміщенням ріжучих країв ножів на одній лінії; з виступаючим середнім ножом, з виступаючими ножами і бічними косинками, а також просторових НС з розміщенням ножових пластин по прямокутному профілю, а також НС з ножовими пластинами трапецієподібної форми. Їх проведення на рівні наукових робіт свідчить про актуальність розробки нових видів НС для бульдозерів.

Актуальність досліджень бульдозерного обладнання полягає у тому, щоб підвищити ефективність та продуктивність використання неповоротного бульдозерного відвала за рахунок використання у ньому комбінованої ножової системи (КНС) нового типу.

Метою роботи є розробка ефективної конструкції КНС для неповоротного бульдозерного відвала на основі застосування косоного різання і копання ґрунту.

Теоретичні і експериментальні дослідження процесу взаємодії робочих органів (РО) бульдозерів з ґрунтом призведуть до спільного результату – зниження енергоємності процесу копання ґрунту та зменшення коефіцієнта питомого опору копання.

Запропонована нова конструкція відвала бульдозера з КНС передбачає, що розміщення КНС з боку лобової площини відвала бульдозера характеризується розмірами H_1 , H_2 , H_3 , які характеризують пропорційний розподіл загальної товщини стружки $H_{\text{кон}}$, вирізаної виступними точками A і B вперед на величину L і вище на величину H_2 точки C ріжучого краю ОНС. Розмір H_3 характеризує зміщення точок A і B попереду і нижче точки C .

З метою виявлення взаємного впливу параметрів РО експериментальні дослідження проводилися на підставі теорії планування експериментів, а результати оброблялися методами теорії ймовірності та математичної статистики. Основні параметри РО бульдозера з ОНС, що оптимізуються і змінювані в ході

експериментів: подовжня відстань між точками $A-B-C$, зміна якого характеризує на яку відстань L будуть віддалені точки A і B від точки C в горизонтальній площині; вертикальна відстань між точками $A-B-C$, зміна якого характеризує на яку величину H_2 чи H_3 , будуть зміщені точки A і B відносно точки C у вертикальному напрямку; товщина стружки h ; кількість пар ножів від однієї до п'яти.

Для теоретичного визначення питомого коефіцієнта опору ґрунту копанню КНС використано рівняння тягового балансу бульдозера.

Для визначення довжини ріжучого краю ножа для КНС з ламаною лінією лез ножів виконано теоретичний розрахунок для горизонтального та вертикального зміщення точок $A-B-C$ КНС на базі фізичної моделі відвала бульдозера ДЕТ-250, у масштабі 1:10.

При дослідженні процесу копання ґрунту бульдозерним відвалом із КНС на фізичній моделі запропонована схема роботи відвала від початку роботи до повного набору призми ґрунту. Спочатку відвал знаходиться у початкову положенні; потім відбувається опускання РО до поверхні ґрунту. Після цього спостерігаємо етап заглиблення НС на максимальну глибину заглиблення. Пройшовши певний відрізок шляху на довжині набору призми, відвал повністю заповнює ґрунтову призму ґрунтом, що відповідає положенню максимального заповнення об'єму ґрунтової призми відвала.

З метою виявлення взаємного впливу параметрів робочого обладнання (РОБ) експериментальні дослідження проводилися на підставі теорії планування експериментів, а результати оброблялися методами теорії ймовірності та математичної статистики.

Основні параметри РОБ бульдозера з КНС, що оптимізуються і змінювані в ході експериментів: 1) подовжня відстань між точками $A-B-C$, зміна якого характеризує, на яку відстань L будуть віддалені точки A і B від точки C в горизонтальній площині; 2) вертикальна відстань між точками $A-B-C$, зміна якого характеризує на яку величину H_2 чи H_3 , будуть зміщені точки A і B відносно точки C у вертикальному напрямку; 3) товщина стружки h ; 4) кількість пар

ножів від однієї до шести.

Згідно планування експериментальних досліджень проведена перша серія дослідів для 15-ти варіантів КОНС з трикратним повторенням кожного досліду. Дослідження проведені з використанням сучасної вимірювальної системи з програмним забезпеченням та виводом результатів на монітор комп'ютера та записом у відповідні файли, а також з використанням аналогово-цифрових перетворювачів для наглядності контролю сил опору копання ґрунту.

Перед кожним дослідом: 1) задавалася глибина копання ґрунту від 5 до 30 мм з кроком 5 мм; 2) створювалася потрібна щільність і вологість ґрунту.

Під час кожного досліду: 1) виконувалося відео фіксування процесу копання ґрунту; 2) записувалася сила та час копання ґрунту до набору повної призми перед відвалом.

Після кожного досліду вимірювалися: 1) шлях копання ґрунту до набору повної призми перед відвалом; 2) об'єм призми волочіння ґрунту; 3) втрати ґрунту у бічні валики. На основі отриманих результатів для кожного досліду розраховано: 1) швидкість копання; 2) потужність копання; 3) енергоємність копання; 4) коефіцієнт питомого опору копанню.

Отримана фотограма процесу копання ґрунту бульдозерним відвалом з КНС з характерними положеннями робочого обладнання і, зокрема, відвала. При цьому слід звернути увагу на характерні зсуви ґрунту у призму, що сприяє зменшенню його втрат та на довжину шляху набору ґрунту у призму. Ці особливості процесу копання сприяють зменшенню питомої енергоємності та підвищенню продуктивності.

Висновки. 1. Досліджена фізична модель неповоротного відвала бульдозера з КОНС має суттєві переваги порівняно з неповоротним відвалом бульдозера з традиційною НС за всіма основними дослідними параметрами, а саме: середнє значення продуктивності збільшилося на 5%, середня сила копання зменшилася на 30%, середня питома енергоємність зменшилася на

41% а середній питомий коефіцієнт опору копанню зменшився на 40%.

2. Найбільший відсоток позитивної зміни вказаних показників відповідає фізичній моделі неповоротного відвала бульдозера з КОНС з подовжнім зміщенням країв ножів $X_1=50$ мм та однією парою ножів, ($X_2=1$).

3. Найменший відсоток позитивної зміни вказаних параметрів відповідає фізичній моделі неповоротного відвала бульдозера з КОНС з подовжнім зміщенням країв ножів $X_1=55$ мм та двома парами ножів ($X_2=2$), причому у цьому випадку середня сила копання фізичної моделі неповоротного відвала бульдозера з КОНС більша на 3,4% за відповідну силу для неповоротного відвала бульдозера з традиційною НС, а продуктивність – менша на 35% за продуктивність неповоротного відвала бульдозера з традиційною НС.

4. Серед варіантів фізичних моделей неповоротного відвала бульдозера з КОНС другою за ефективністю є модель з $X_1=50$ мм та $X_2=5$ пар ножів, третьою – модель з $X_1=50$ мм та $X_2=4$ пари ножів, четвертою – модель з $X_1=50$ мм та $X_2=3$ пари ножів.

Слід зазначити, що збільшення призми волочіння ґрунту перед відвалом відбувається у тому числі і за рахунок встановлення бічних косинок відвала збільшених розмірів.

Загальне зменшення питомої енергоємності процесу копання ґрунту відбувається і за рахунок заміни блокованого копання ґрунту напіввільним.

Технологія застосування вібраційних ущільнювальних машин з робочими поверхнями блокуючої дії для ущільнення ґрунтів нижньої будови колії

Главацький К. Ц., Черкудінов В. Е.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту

ім. акад. В. А. Лазаряна

kazimir.glavatskij@gmail.com

This thesis is related to the development and substantiation of physical models of variable working bodies of vibroplates and vibrations for effective sealing of bulk binding soil, as well as soil under normal conditions of occurrence. The purpose of the work is to increase the productivity of GUM in order to ensure maximum soil compaction by applying profile surfaces of the working bodies of the GUM of dynamic action with relief working surfaces of blocking action on the soil.

Этот тезис связан с разработкой и обоснованием физических моделей переменных рабочих органов виброплит и вибраций для эффективного уплотнения насыпного грунта, а также грунта в нормальных условиях залегания. Целью работы является повышение продуктивности ГУМа с целью обеспечения максимального уплотнения грунта путем нанесения профильных поверхностей рабочих органов ГУМа динамического действия с рельефными рабочими поверхностями блокирующего действия на грунт.

Ця теза пов'язаний з розробкою та обґрунтуванням фізичних моделей змінних робочих органів виброплит і вібрацій для ефективного ущільнення насипного ґрунту, а також ґрунту в нормальних умовах залягання. Метою роботи є підвищення продуктивності ГУМу з метою забезпечення максимального ущільнення ґрунту шляхом нанесення профільних поверхонь робочих органів ГУМу динамічної дії з рельєфними робочими поверхнями блокуючого дії на ґрунт.

Вібротрамбівки використовують при ущільненні спорудженого ґрунтового полотна залізничної колії, у зв'язку з тим, що перспективна тенденція організації швидкісного руху, який пов'язаний з якістю утворення нижньої і верхньої будови колії. Зокрема, нижня будова колії суттєво залежить від якості ущільнення ґрунту. Крім того, створюючи другі колії та збільшуючи радіуси кривих, можна досягти підвищення швидкості руху на базі існуючих залізниць. Вібротрамбівки забезпечують ефективне ущільнення

зв'язних та незв'язних ґрунтів (у тому числі і крупно уламкових, а також сухої глини), як правило, на другому етапі їх ущільнення, тобто після роботи машин коткового типу. Область їх використання поширюється на ущільнення ґрунтового полотна доріг, які будуються, перед та після укладки асфальтного чи бетонного покриття, для ущільнення основи під дамбами та відкосів насипів, в обмежених габаритних умовах і незручних місцях та при ущільненні засипаних котлованів, траншей, ям.

Основна перевага трамбівок перед котками у тому, що цими машинами можна продуктивно ущільнювати шари ґрунту значної товщини, проводити ущільнення окремих ділянок насипу та використовувати їх в комплексі з іншими ущільнюючими машинами.

Ефективне ущільнення зв'язних та незв'язних ґрунтів можливе з використанням віброплощадок і вібротрамбівок. Такі ґрунтоущільнюючі машини (ГУМ) використовуються, переважно, при ущільненні незв'язних чи слабо зв'язних ґрунтів (піщаних, супіщаних). Область їх використання поширюється також на усі обсяги робіт, пов'язані з локальним ущільненням ґрунту у місцях, важкодоступних чи взагалі не доступних для машин коткового типу. Такі машини можуть бути використані не тільки для остаточного оздоблення ущільненої поверхні, а і для проміжного ущільнення ґрунту.

Всі відомі ГУМ статичної і динамічної дії побудовані з урахуванням основного принципу ущільнення ґрунтів, а саме створення на поверхні ґрунту напружень, що не перевищують межу пластичності ґрунту.

Було б доцільно застосувати ці машини для зв'язних ґрунтів, створивши на поверхні контакту робочого органу і машини напруження, що перевищують межу пластичності, тим самим прискоривши процес ущільнення ґрунту під робочим органом (оскільки розповзання ґрунту знижує продуктивність машини). А те, що ґрунт буде переміщуватись у вертикальному напрямку, можливо використати як корисну річ. За рахунок цього вже

ущільненого ґрунту ми отримуємо передаючу ланку від поверхні робочого органу до шарів не ущільненого ґрунту, які попередньо відсипані і при цьому можливо їх додатково ущільнити.

Основна перевага трамбівок і віброплощадок перед котками у тому, що цими машинами можна продуктивно ущільнювати шари ґрунту порівняно значно більшої товщини, а також проводити ущільнення окремих ділянок насипу та використовувати їх в комплексі з іншими ущільнювальними машинами.

Модернізація робочих органів таких машин за модульним принципом має суттєві переваги перед іншими варіантами. Вони полягають у тому, що:

- по-перше, окремі їх конструктивні елементи можна виконувати у вигляді уніфікованих блоків – модулів, з яких, залежно від технологічних вимог, можна зібрати потрібну конфігурацію робочого органу (РО) ущільнювальної машини;

- по-друге, не погіршується початковий стан базового РО машини, до якого, при необхідності, можна повернутися у кожний момент;

- по-третє, зменшується номенклатура конструктивних елементів і машин у цілому, оскільки кожна машина може комплектуватися змінними модулями РО, що призводить до поліпшення їх якості за рахунок глибокого пропрацювання.

Перевагами розробки поверхонь блокуючої дії є можливість обмеження вислизання ґрунту з-під блокуючої поверхні РО і використання ґрунту, як передаючої ланки для ущільнення нижніх шарів.

В основі розробки РО з поверхнею блокуючої дії лежить традиційний РО віброплити. Для виконання перспективно-пошукових досліджень запропоновані варіанти профілю РО:

- а) П-подібний профіль РО постійного поперечного перерізу з висотою, рівною товщині свіжо відсипаного шару ґрунту, призначеного для наступного ущільнення;

- б) аналогічний варіанту (а) профіль з вертикальними тонкими подовжньо розміщеними пластинами, висотою, рівною висоті П-

подібного профілю, що поділяють обмежену ним зону ущільнення ґрунту на певну кількість частин заданої форми;

в) аналогічний варіанту (б) профіль зі змінною шириною пластин, постійною впродовж усієї їх довжини;

г) аналогічний варіанту а) профіль робочої поверхні трикутного і хвилястого поперечного перетину (кількість вставок змінна);

д) варіанти, аналогічні (а), (б), (в), (г), зі змінним перетином перерізом по висоті, ширині чи одночасно пропорційно по двох вказаних параметрах.

Основним параметром при визначенні продуктивності роботи робочого органу з різним видом поверхні та кількістю ребер є об'єм ущільнення, зменшення якого пропорційно зменшенню площі поперечного перетину ущільненого ґрунту. При цьому власними дослідженнями перевірено, що для різних ґрунтів максимальне зменшення об'єму при його ущільненні складає від 15 до 40%.

З метою порівняння результатів експерименту з відомими машинами висоту відсипаного шару ґрунту беремо стандартну для більшості віброплит.

Геометричні параметри робочого органу вибираємо з умови, що обмежувачі будуть при роботі доходити до заздалегідь ущільненого ґрунту та ширина в передній частині робочого органу буде постійною і дорівнювати ширині класичної віброплити.

Виконання робочої поверхні РО рельєфною призведе до збільшення її контактної площі з ґрунтом, а, отже, і до зменшення питомого тиску на ґрунт. Це дозволить більш плавного видаляти з ущільненого масиву газоподібну і рідинну фазу ґрунту.

Рельєфність зовнішньої поверхні ущільненого шару ґрунту створюватиме умови для додаткового блокування наступного насипаного шару ґрунту при його ущільненні.

Застосування змінних робочих поверхонь ґрунтоущільнювальних машин блокуючої дії дозволить інтенсифікувати процес стабілізації ущільненого масиву ґрунту за умови збільшення продуктивності машин і розширення їх технологічних можливостей.

Дослідження факторів, що впливають на безпеку функціонування залізничної транспортної системи і її підсистем

Клюев С. О., Медведєв Є. П.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля
sergistreet@gmail.com

A theoretical study is devoted to the analysis of factors that affect the safety of the functioning of the railway transport system and its subsystems. To ensure the protected status of the RTS, it is necessary to minimize the influence of internal organizational and technological factors. It was established that for the timely identification of factors that have a significant impact on the safety of the functioning of railway transport, it is necessary to develop a software package for predicting the level of safety for individual subsystems.

Теоретическое исследование посвящено анализу факторов, которые влияют на безопасность функционирования железнодорожной транспортной системы и ее подсистем. Установлено, что для своевременного выявления факторов, оказывающих существенное влияние на безопасность функционирования железнодорожного транспорта, необходимо разработать программный комплекс прогнозирования уровня безопасности по отдельным подсистемам. Теоретичне дослідження присвячене аналізу факторів, які впливають на безпеку функціонування залізничної транспортної системи та її підсистем. Встановлено, що для своєчасного виявлення чинників, що роблять істотний вплив на безпеку функціонування залізничного транспорту, необхідно розробити програмний комплекс прогнозування рівня безпеки по окремим підсистемам.

Нові умови експлуатації на залізницях України пов'язані з інтеграцією Укрзалізниці в міжнародну систему транспортних коридорів призводять до необхідності розвитку та впровадженню на

магістральних лініях технічного прогресу, модернізації рухомого складу, удосконаленню технології перевезень та підвищенню швидкості руху залізничного рухомого складу. Підняття максимальних швидкостей руху поїздів сприятиме прискоренню доставки пасажирів й вантажів, а також збільшенню пропускної спроможності залізниць. Підвищення найбільших допустимих швидкостей є одним із засобів для підняття маршрутних швидкостей руху поїздів. Все це дозволить посилити інтеграційні процеси між країнами, але призводить до необхідності контролю та кількісної оцінки динамічної навантаженості рухомого складу для забезпечення безпечного та надійного сполучення на залізницях.

Оцінка стану справ щодо забезпечення безпеки функціонування в вантажному господарстві вимагає визначення основних проблем у цій сфері та розробки шляхів їх вирішення. Серед них головною є перевезення вантажі, оскільки більшість діючих нормативних документів не передбачають оцінку рівня безпеки функціонування залізничної транспортної системи (ЗТС).

Нормальне функціонування ЗТС можливо тільки шляхом злагодженої і оперативної роботи груп підсистем: інфраструктури, комерційної, вантажної, маневрової і поїзної, що представляють собою своєрідні технологічні процеси з характерними для кожного з них особливостями. Кожна з підсистем має власну технологію роботи, своє технічне оснащення, власні основні фонди, свій спеціально підготовлений технічний персонал.

Всі підсистеми об'єднані між собою внутрішніми зв'язками і вступають між собою в технічні, технологічні та фінансово-економічні відносини, без чого неможливо нормальний перебіг перевізного процесу. Чіткої і безперебійної роботи системи, виключення випадків виникнення ризиків, досягнення мети і вирішення поставлених завдань можливе досягти тільки шляхом тісної взаємодії підсистем між собою, виконанням вимог регламентуючих документів, дотриманням норм і нормативів роботи. З метою виявлення найбільш залежних від настання випадків ризику підсистем розглянемо діяльність кожної окремо.

Комерційна підсистема здійснює залучення клієнтів залізничного транспорту, укладення договорів на перевезення, маркетингові дослідження, фінансові операції тощо. Ця підсистема не впливає на властивості безпеки ЗТС, оскільки не має відношення до організації перевізного процесу, не бере участі в ньому, а лише є підготовчим етапом, без якого перевезення не відбудеться як така.

Маневрова підсистема реалізується за допомогою комплексу маневрових робіт: своєчасна і якісна відчеплення-причеплення вагонів, їх перестановка, сортувальні операції тощо. При цьому працівники підсистеми зобов'язані здійснювати маневрові операції таким чином, щоб забезпечувалася безпека руху, збереження вантажів і рухомого складу. У даній підсистемі також можуть з'явитися небезпечні чинники і випадки ризику, що призводять до порушення безпеки через помилки технічного персоналу, небезпечних відмов технічних засобів, порушення вимог нормативних документів.

Поїзна підсистема здійснює свою діяльність за допомогою комплексу підсистеми інфраструктури: рухомий склад, шлях, системи енергопостачання, автоматики, телемеханіки і ін. Являє собою сукупність технічних засобів, функціонально взаємопов'язаних і призначених для виконання поїзної роботи в регламентованих умовах. Тут також можливе виникнення вражаючих факторів через небезпеку відмов технічних засобів, помилок працівників, недотримання нормативної документації.

Підсистема інфраструктури включає в себе всі господарства, забезпечує перевізний процес за допомогою надання послуг роботою основних фондів: колійний розвиток, електропостачання, рухомий склад, системи автоматики і телемеханіки, зв'язок, водопостачання і водовідведення та ін. Безперебійна робота техніки і обладнання, своєчасне і якісне проведення її технічного обслуговування і ремонту безпосередньо впливає на забезпечення безпеки в ЗТС.

З вищевикладеного видно, що з позиції забезпечення безпечного стану ЗТС доцільно розглядати чотири підсистеми:

інфраструктури, вантажну, маневрову і поїзну. Безпеку роботи транспортної системи в цілому визначається безпекою складових її елементів: технологічних підсистем, процесів і операцій.

На підсистеми, як і на саму ЗТС, впливають зовнішні і внутрішні чинники. Зовнішні фактори призводять до численних жертв і втрат матеріальних цінностей, тривалим і масштабним екологічним забрудненням.

До зовнішніх факторів, що впливають на ЗТС, відносять:

- природні: стихійні лиха, повені, землетруси, урагани, зсуви та ін.

- технологічні: викиди радіації, витік небезпечних продуктів з шкідливих виробництв, вибухи реакторів АЕС та ін.

- соціальні: політика уряду, терористичні акти, девальвації, зростання цін на енергоресурси та інші складові транспортної продукції та ін.

Як видно зі складових зовнішніх факторів, вплив на дане середовище працівників залізничного транспорту неможливо. Для скорочення розмірів втрат від впливу зовнішніх факторів необхідно проводити профілактичні заходи, спрямовані на захист технологічних процесів.

Таким чином, з позиції забезпечення безпеки руху в ЗТС доцільно розглядати тільки внутрішні або експлуатаційні фактори, на які можливий вплив працівників залізничного транспорту. На основі аналізу стану безпеки на залізницях України в останні роки, всі внутрішні чинники можна розбити на дві групи:

- організаційно-технологічні, що включають в себе організаційну роботу системи від моменту прийому вантажу до перевезення до моменту його видачі вантажоодержувачу;

- технічні, які включають в себе справність роботи техніки, обладнання, рухомого складу та всієї інфраструктури системи.

Виявлено, що безпосередньою причиною порушення безпеки функціонування ЗТС є відмови технічних і апаратних засобів, викликані небезпечними помилками технічного персоналу, порушення регламентуючих документів, низька виконавська

дисципліна працівників, низький рівень управління та контролю, а іноді і небезпечні дії вантажовідправників.

Таким чином, для забезпечення захищеного стану ЗТС необхідно звести до мінімуму вплив внутрішніх організаційно-технологічних факторів, що передбачає, по-перше, наявність твердих знань і безумовне виконання норм утримання технічних засобів в справному стані, порядку і правил роботи в усіх ланках складного процесу. По-друге, необхідно проводити зміни діючих норм, вимог, порядку та правил роботи, викликані новими умовами роботи, впроваджувати більш досконалі технічні засоби та інші умови, що вимагають перегляду і коригування діючих норм і правил роботи.

Для виявлення основних факторів, що впливають на ЗТС, і розробки профілактичних заходів необхідно регулярно проведення моніторингу та прогнозування стану безпеки роботи всіх підсистем.

Удосконалення тягових розрахунків для пасажирських поїздів

Кобець М. О., Капіца М. І., Кислий Д. М.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
ім. акад. В. А. Лазаряна
dmitriykisliy@gmail.com

The research is devoted to the operating reduce passenger train traction expenses by choosing economically justified conduct of the individual regimes. Using a mathematical simulation model trains, solved the problem of the definition of rational management locomotive for the individual phases of motion and compiled relevant functional dependencies. Rational management energy-saving functions allow you to calculate the trajectory of train movement, excluding the timetable.

Исследование посвящено снижению затрат на тягу поездов за счет выбора обоснованных режимов ведения пассажирского поезда. С помощью математического моделирования, рассмотрена задача

определения рационального управления пассажирским локомотивом и определены соответствующие зависимости. Функции управления позволяют вычислять энергосберегающую траекторию движения пассажирского поезда.

Дослідження присвячено зниженню витрат на тягу поїздів за рахунок вибору обґрунтованих режимів ведення пасажирського поїзда. За допомогою математичного моделювання, розглянуто задачу визначення раціонального керування пасажирським локомотивом та визначено відповідні залежності. Функції керування дають змогу обчислювати енергозощаджуючу траєкторію руху пасажирського поїзда.

Основним завданням теорії тяги є дослідження та розрахунок руху поїздів. У класичній механіці і в технічній кібернетиці також проводять розрахунки руху тіл і систем. Однак цілі і методи вирішення завдань цих трьох споріднених галузей знань мають не тільки спадкоємний зв'язок, а й деякі відмінності, які необхідно мати на увазі при розрахунку і дослідженні руху поїздів.

Для розрахунку руху поїзда повинні бути задані маса складу, серія локомотива, гальмівні засоби, профіль колії, розташування станції на лінії. Потрібно визначити механічний рух і параметри стану рухомого складу, що забезпечують досягнення поставленої мети при дотриманні умов безпеки і надійності роботи локомотива.

З постановки задачі про управління рухом поїзда видно, що мова йде про керований рух складної системи, що переслідує певну мету. Для визначення мети і вибору методу розрахунків руху складних систем широко використовується так званий системний підхід, сутність якого полягає в тому, що для дослідження поведінки системи необхідно враховувати взаємозв'язок різних елементів системи. Взаємозв'язок повинен бути розглянутий не як проста механічна сукупність елементів, а як єдність їх взаємодій в досягненні мети. Отже, поїзд будемо розглядати не як автономну систему, а як ланку в системі залізниці, а його рух – як частину технологічного процесу перевезень. Відповідно до системного

підходу мета руху поїзда повинна визначатися виходячи з цільової функції дороги, яка зводиться до забезпечення максимальної пропускної і провізної здатності залізниць шляхом збільшення маси і швидкості руху поїздів. Зрозуміло, управління рухом може переслідувати й інші завдання, але всі вони повинні вирішуватися в рамках основної мети. Цілі можна досягти шляхом управління станом і поведінкою системи. Таким чином, рух поїзда на відміну від природного руху є цілеспрямованим. Так як поїзд є елементом в системі залізниці, то управління його рухом підпорядковане цільовій функції, технології перевезень і організації руху поїздів за графіком.

Для дотримання графіка руху машиніст, керуючись режимними картами та власним досвідом, підтримує швидкість руху поїзда, відповідну графіку руху. За умови, що кількість зупинок невелика, ця задача не є складною. У разі великої кількості зупинок, що передбачає зупинки та розгони, задача ускладнюється.

Отже, пропонуємо обрати критерієм оптимальності виконання графіка руху поїздів. При тому, розгін поїзда, якщо розглядати його з точки зору накопичення кінетичної енергії, використовує найбільшу кількість енергоресурсів, тому додатковим критерієм оптимальності вважатимемо прискорення поїзда.

Для реалізації програми енергооптимізації режимів ведення пасажирських поїздів пропонуємо використати оптимізований класичний метод тягових розрахунків з впровадженням функції оптимізації по прискоренню, тому очікувані результати розрахунків мають знизити витрати енергоресурсів до 5%, загальний час поїздки без врахування простоїв на станціях має збільшитись до 10%, а технічна швидкість знизитись до 6%. Слід зауважити, що розрахунковий час розгону з використанням функції оптимізації по прискоренню є сталою величиною, що впливає на поліпшення виконання графіка руху поїздів.

Оценка и прогнозирование ресурса турного вагона после длительной эксплуатации

Коновалов Е. Н., Путято А. В., Белогуб Н. В.

Учреждение образования «Белорусский государственный
университет транспорта»
konovalov@belsut.gomel.by

The techniques of definition and prediction of a resource of passenger cars's construction with a different technical condition are offered. It is based on use of tests's results of the typical representative and realized in the form of the computer program. Results of application of a technique for the passenger cars for personnel after long-term service are resulted. Dependences of a residual resource for different areas of a bearing construction from their technical condition are received. Importance to expense of a resource of different types of loads is defined.

Предложены методики определения и прогнозирования ресурса конструкции легковых автомобилей с различным техническим состоянием. Он основан на использовании результатов тестов типичного представителя и реализован в виде компьютерной программы. Приведены результаты применения методики для легковых автомобилей для персонала после многолетнего обслуживания. Получены зависимости остаточного ресурса для различных видов несущей конструкции от их технического состояния. Определена значимость за счет ресурса разных видов нагрузок.

Запропоновані методики визначення та прогнозування ресурсу конструкцій легкових автомобілів з різними технічними умовами. Він базувався на використанні результатів тестів типового представника та реалізований у вигляді комп'ютерних програм. Приведені результати застосування методики для легких автомобілів для персоналу після багаторічного обслуговування. Отримано залежності залишкового ресурсу для різних видів несучої конструкції від їх технічного стану. Визначено значимість за

рахунок ресурсу різних видів навантажень.

Турные вагоны относятся к служебно-техническому типу и предназначены для размещения персонала, обслуживающего путевую технику. На Белорусской железной дороге в качестве турных используются вагоны пассажирского типа различных моделей, среди которых существенную долю занимают вагоны моделей 47К и 47Д, постройки завода Аммендорф (ГДР), нормативных срок службы которых составляет 28 лет. К настоящему времени соглас-но нормативной документации на основе технического диагностирования металлоконструкций вагонов, срок службы для служебно-технического подвижного состава может быть продлен до 45 лет (при выполнении соответствующих условий и дискретном контроле технического состояния), после которого вне зависимости от его технического состояния, вагон подлежит исключению. В то же время практика эксплуатации, а также мониторинг технического состояния (на основе проведения толщинометрии и визуального контроля), показали, что в отличие от ряда других моделей вагонов, зачастую имеющих существенно меньший срок службы, несущая конструкция вагонов моделей 47К и 47Д находится в хорошем состоянии.

Подвижной состав, имеющий значительный срок службы, требует дополнительного контроля для обеспечения безопасности движения. В связи с чем, крайне важно знать не только соответствие прочности несущей конструкции актуальной нормативной документации, но и фактические физико-механические характеристики металла.

Для обоснования остаточного ресурса турного вагона после 45 лет эксплуатации выполнены следующие работы:

- анализ технической документации, условий эксплуатации, информации по проведению технических освидетельствований и ремонтов;

- разработаны диагностические карты металлоконструкции

вагона, выполнены визуальный контроль, измерение толщин элементов конструкции, контроль сварных швов и основного металла, отбраковка вагонов, а также отбор образца с худшим техническим состоянием для проведения испытаний;

– разработаны компьютерные модели и выполнены виртуальные испытания вагона с учетом фактических значений толщин элементов конструкции для определения соответствия деградированной конструкции требованиям актуальной нормативной документации;

– проведены натурные контрольные испытания несущей конструкции вагона при характерных режимах нагружения;

– выполнен анализ результатов расчетов и испытаний, установлены проблемные зоны несущей конструкции из которых вырезаны образцы для исследования химического состава и физико-механических характеристик материала несущей конструкции;

– установлены химический состав и физико-механические свойств материала несущей конструкции вагона после длительной эксплуатации, в том числе предел выносливости;

– выполнена расчетно-экспериментальная оценка остаточного ресурса несущей конструкции вагона с учетом проведенных испытаний натурального объекта и установленных характеристик материала.

Таким образом, на основании комплекса проведенных работ установлено, что кузов вагона обладает остаточным ресурсом не менее 7 лет эксплуатации.

В то же время, остается нерешенной задача определения остаточного ресурса (или установления его отсутствия) несущей конструкции вагона при техническом состоянии отличном от состояния вагона (типового представителя), прошедшего комплекс соответствующих испытаний. Реализация описанных выше работ позволяет для i -ой контрольной точки несущей конструкции испытанного вагона с j -м техническим состоянием (толщиной металла) получить значение остаточного ресурса. Для определения остаточного ресурса i -ой контрольной точки несущей конструкции

с $(j+1)$ -м технічним станом необхідно мати масив значень амплітудних значень динамічних напружень в розглядаваній контрольній точці з товщиною при k -ом характерному режимі навантаження. Тут – коефіцієнт j -го стану системи, уключаючий знос (утонення) несущої конструкції в i -ій контрольній точці.

Учитывая, что получение массива экспериментальных данных динамических напряжений для каждого характерного режима нагружения и широкого диапазона изменений задача весьма дорогостоящая и зачастую не выполнимая, необходимо разработать методику определения массива соответствующих амплитудных напряжений на основе имеющихся экспериментальных данных типового представителя. Решение поставленной задачи выполнено на основе результатов виртуальных испытаний несущей конструкции вагона (комплекс расчетов на основе компьютерного моделирования), которые позволяют получить изменение напряжений в i -ой контрольной точке для k -го характерного режима нагружения в зависимости от технического состояния j .

Практика выполнения расчетов, в том числе применительно к объекту исследования настоящей работы, показала, что изменения эквивалентных напряжений от толщины элементов при различных режимах нагружения с высокой достоверностью аппроксимируются линейным уравнением. Кроме того, установлено, что процент изменения напряжений в полученных зависимостях для широкого спектра нагрузок в пределах каждого шага изменения остается практически неизменным.

Таким образом, базируясь на экспериментальных данных испытаний типового представителя и полученных расчетных значениях, получена возможность определения прогнозных, расчетно-экспериментальных значений динамических напряжений в i -ой контрольной точке конструкции вагона в зависимости от j -го технического состояния для k -го характерного режима нагружения. Исходя из вышеизложенного, для получения прогнозных расчетно-экспериментальных зависимостей при режиме нагружения с

широким спектром нагрузок достаточно воспользоваться одной из расчетных зависимостей, что существенно облегчает объем вычислений. Полученный массив динамических напряжений подставляется в методику оценки остаточного ресурса, причем в качестве дополнительной экзогенной переменной, наряду со значениями механических характеристик материала, сезонностью эксплуатации и т.п., выступает параметр, связанный с геометрическими характеристиками области в контрольной точке или ее аналог относительно характеристики контрольной области типового представителя.

В рамках апробации приведенного подхода прогнозирования остаточного ресурса установлено, что оценку ресурса несущей конструкции вагона с техническим состоянием отличным от состояния типового представителя можно выполнять с использованием результатов экспериментальных исследований последнего, причем при прогнозировании следует рассматривать совокупность зависимостей ресурса контрольных областей конструктивных элементов от их геометрических параметров.

Оценка характеристик активного материала железного электрода щелочного аккумулятора для транспортных систем

Кошель Н. Д., Костыря М. В., Корпач С. В.

Украинский государственный химико-технологический университет

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины

kkknd@ua.fm, kostyrya_59@i.ua

The study is devoted to multifractal analysis of iron oxide powders in order to assess their characteristics as the active material of alkaline battery electrodes. The results of the statistical analysis of iron powders in the form of multifractal spectra and numerical constants are obtained. It is established that the synthesized iron powders have the fractal self-similarity properties.

Исследование посвящено мультифрактальному анализу порошков оксидов железа с целью оценки их характеристик как активного материала электродов щелочного аккумулятора. Получены результаты статистического анализа железных порошков в форме мультифрактальных спектров и числовых констант. Установлено, что синтезированные железные порошки обладают фрактальными свойствами самоподобия.

Дослідження присвячене мультифрактальному аналізу порошоків оксидів заліза з метою оцінки їх характеристик як активного матеріалу електродів лужного акумулятора. Отримано результати статистичного аналізу залізних порошоків в формі мультифрактальних спектрів і числових констант. Встановлено, що синтезовані залізні порошки мають фрактальні властивості самоподібності.

В настоящее время на железнодорожном транспорте основным автономным источником питания электрических цепей управления, освещения и пуска дизелей, а также резервным источником питания являются аккумуляторы и аккумуляторные батареи.

Как наиболее распространенные, щелочные никель-железные батареи не содержат дефицитного и вредного для здоровья свинца, более стойки к динамическим воздействиям (вибрации, тряске) на транспортных установках, менее чувствительны к перезарядам и коротким замыканиям, более просты в обслуживании и имеют в большой срок службы как по циклам заряд-разряда, так и по времени работы.

Активным материалом отрицательных электродов никель-железного аккумулятора является порошок железа и его оксиды. Несмотря на то, что железо-оксидные электроды в щелочных аккумуляторах давно известны, до сих пор не удалось устранить последствия его основного недостатка – близости водородного потенциала и обусловленной этим термодинамической нестабильности. Однако низкая стоимость, высокая устойчивость к отравляющим примесям, экологическая безопасность и способность

к полной рекуперации, высокая теоретическая удельная емкость делают его весьма привлекательным объектом для изучения. Для оценки характеристик материалов, используемых в качестве компонентов активных масс, всегда используют простейшие геометрические свойства частиц порошков – средний размер и распределение по размерам. Однако для характеристики частиц их форма имеет не менее важное значение, чем их размеры. Сравнительно новый метод фрактального анализа позволяет рассматривать геометрические особенности структурно сложных объектов на количественном уровне и получать новую интересную информацию о механизмах образования анализируемых структур. Объектами анализа являются плоские изображения – фотографии шлифов, электронно-микроскопические снимки поверхности материалов, фотографии порошков, т.е. геометрические фигуры сложной хаотичной формы.

Железные ворoshки готовили путем химического осаждения из растворов сульфата железа по различным технологиям, с последующим механическим диспергированием. Исследуемые образцы фотографировали с помощью оптического микроскопа с увеличением до $\times 400$. Полученные фотографии обрабатывались программой MathCad, считывающей файл изображения и вычисляющей общую длину контура частиц, и в результате получали значения Хаусдорфовой фрактальной размерности. Несмотря на простоту, алгоритм может давать вполне приемлемый результат. Для кривой Коха он дает значение 1,25 (теоретическое значение 1,27). Однако, из-за необходимости предварительной подготовки изображений реальных объектов (бинаризация, сегментация, удаления фоновых помех и др.) этот метод оказался малоэффективным. Поэтому использовали имеющуюся в открытом доступе специальную программу ImageJ с плагинами FracLac и Fiji, которая обеспечивает управляемую коррекцию изображений, стандартизацию операций преобразования рисунков и вычисление мультифрактальных спектров.

Габаритные размеры частиц произвольной формы удобно

представить через диаметр Ферета (наибольшее расстояние между двумя точками на контуре). Результаты статистического анализа частиц позволили вычислить функцию их нормального распределения по диаметрам Ферета. Среднее значение диаметра Ферета составило 10,18 пикселей или 3,40 мкм. Примерно такие же значения получались и по другим типам порошков гидроксида железа. Очевидно, это предельный размер, до которого можно механически диспергировать порошок. Предел соответствует примерному равенству энергии разрушения агломератов и возрастающей при дроблении поверхностной энергии частиц. Очевидно, что все частицы в системе представляют собой агломераты из кристаллов. Даже свежесажженные гидроксиды обладают некоторым уровнем кристалличности, а высушенные и тем более восстановленные при высоких температурах порошки имеют четко выраженную кристаллическую структуру. Строение агломератов всех размеров должно отражать генетическую связь со строением единичных кристаллов, и эта связь может проявляться в существовании фрактальных свойств самоподобия.

Оптимизированные фрактальные спектры, полученные статистической обработкой, имели типичную для мультифракталов форму дифференциальной функции распределения вероятностей. Важным критерием является наличие нелинейности (излома) на мультифрактальных спектрах, что также указывает на существование фрактальных свойств структуры. При этом значение Хаусдорфовой фрактальной размерности в области изгибов на зависимостях полученных мультифрактальных спектров соответствовало величине, определяемой по другим спектрам. Для регулярных фракталов или нефракталов этот спектр имеет вид прямой линии.

Алгоритм обрабатывает серии фрагментов изображения (случайные или заданные размеры выборок, их форма и количество, повороты фрагментов и т.д.) и отбирает оптимальный вариант, в котором значения функции в максимуме плавно стыкуются без деформаций. Вид этой функции, полученной после статистической

обработки данных, служит критерием качества оптимальной выборки, по данным которой и делается вывод о типе структуры. Результаты получаются методом подсчета количества непустых ячеек в наложенных сетках с уменьшающимся размером ячейки.

Другой способ фрактального анализа основан на подсчете количества рабочих пикселей, составляющих изображения, в ячейках меняющихся сеток. Сравнение некоторых данных расчетов обоими способами дает достаточно близкие значения Хаусдорфовой размерности в интервале 1,6633-1,6956 с коэффициентом корреляции 0,9889.

Таким образом, статистический анализ фотографий порошка гидроксида железа, выполненный с помощью программ ImageJ и FracLac, дает обоснованное заключение о наличии у него фрактальных свойств самоподобия. Это указывает на существование элементов воспроизведения структуры кристаллической основы в процессе образования новых фаз при высокотемпературном восстановлении гидроксида. Базовая структура в определенной мере сохраняется как при образовании агломератов в процессе синтеза, так и при их механическом разрушении. Заключение о наличии фрактальных свойств и количественных параметрах сделано на основании результатов статистической обработки изображений множества частиц. Точность и достоверность оценок в соответствии с известными статистическими закономерностями увеличивается по мере возрастания количества частиц (и количества изображений) и набора методов обработки.

Применение нанокompозитных электродных материалов аккумуляторных систем в транспорте

Кошель Н. Д., Костыря М. В., Корпач С. В.

Украинский государственный химико-технологический
университет

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины

kkknd@ua.fm, kostyrya_59@i.ua

The results of studies on the development of methods for synthesizing composite materials for electrodes of lead-acid and alkaline batteries are presented. The influence of the components of electrode materials on the electrochemical, electrical, corrosion and mechanical properties of the electrodes of battery systems is examined.

Представлены результаты исследований по разработке методов синтеза композитных материалов электродов свинцово-кислотных и щелочных аккумуляторов. Рассмотрено влияние компонентов электродных материалов на электрохимические, электрические, коррозионные и механические свойства электродов аккумуляторных систем.

Представлені результати досліджень з розробки методів синтезування композитних матеріалів електродів свинцево-кислотних і лужних акумуляторів. Розглянуто вплив компонентів електродних матеріалів на електрохімічні, електричні, корозійні та механічні властивості електродів акумуляторних систем.

В настоящее время значительно повышены требования, предъявляемые к химическим источникам тока. Несмотря на то, что попытки создания аккумуляторов новых типов продолжаются, ни один из существующих типов аккумуляторов не отвечает всему комплексу требований, предъявляемых современной техникой – быть дешевым, экологически безопасным и иметь приемлемые электрохимические характеристики.

На железнодорожном транспорте в качестве основного и резервного источника энергии, а также для запуска дизельного двигателя используют аккумуляторы трех классов: быстрого, среднего и длительного разряда. Аккумуляторы быстрого разряда, или стартерные, служат для запуска дизельных двигателей. Аккумуляторы среднего класса широко используются в качестве основного источника энергии. Аккумуляторы длительного разряда применяются как резервный источник в агрегатах бесперебойного

питання. Основними типами выпускаемых аккумуляторов для подвижного состава являются свинцово-кислотные (СКА) и щелочные, особенно никель-железные и никель-кадмиевые аккумуляторы.

Одним из возможных направлений модернизации СКА является использование композиционных систем на основе свинца, содержащего в качестве дисперсной фазы различные неметаллические материалы. Композиты могут обладать повышенными механическими свойствами, электропроводностью, коррозионной стойкостью, и могут быть использованы для изготовления или модификации электродных основ и активных масс.

Одним из способов получения таких материалов является электроосаждение металлов в таких условиях, которые препятствуют получению гальванических осадков с регулярной кристаллической структурой. Использование наноразмерных включений при электрохимическом соосаждении металлов и дисперсных неметаллических материалов позволяет получать материалы с высокой удельной поверхностью. Получение дендритных, а из них дисперсных осадков является одним из направлений нанотехнологии. Свойства композитных осадков можно варьировать, подбирая материалы и технологические условия осаждения.

Изучали свойства синтезированных композиционных осадков свинца с нанодисперсным аэросилом, графитом, углеродными нанотрубками (УНТ). Измерения удельного электросопротивления композитов свинец-аэросил, свинец-графит показали значительное его увеличение с повышением концентрации дисперсных частиц в электролитах. Предположено, что наблюдаемый эффект связан с включением в матрицу свинца неэлектропроводных частиц, изменением макрокристаллической структуры осадка, концентрированием неэлектропроводной фазы на границах кристаллов свинца.

Были изучены особенности электрокристаллизации, структура

и морфология композитных осадков на основе свинца, полученных из электролитов, содержащих углеродные нанотрубки. Экспериментально доказано, что в присутствии УНТ свинцовые осадки выявляли склонность к дендритообразованию. Методом сканирующей электронной микроскопии установлено, что кристаллы свинца в осадке, сохраняя в целом форму правильных многогранных фигур, содержали внутри себя капсулированные глобулы, а грани кристаллов – это открытые поры с частично вросшими внутрь глобулами.

Использование наноразмерных включений при электрохимическом соосаждении металлов и дисперсных неметаллических материалов позволяет получать материалы с высокой удельной поверхностью, что значительно улучшает электрические, коррозионные и эксплуатационные характеристики свинцовых электродов и в целом СКА. А получение дендритных, а из них дисперсных осадков является одним из направлений нанотехнологии.

Электроосаждение дает возможность не только получить композит определенного состава (путем добавок по электролиту или использования предварительно легированного анода), но и улучшить состояние поверхности решетки путем нанесения на поверхность решетки тонкого слоя композиционного электрохимического покрытия. Экспериментально доказано, что повышенная коррозионная стойкость такой решетки обеспечивается не только созданием внешнего коррозионно-устойчивого слоя, но и более однородной структурой поверхности свинцового материала. В свою очередь, однородность поверхностного слоя способствует протеканию равномерной поверхностной коррозии без локализованных коррозионных разрушений с катастрофическими последствиями.

Одним из вариантов модификации железо-оксидного электрода щелочного аккумулятора является способ получения железного порошка, от которого зависит его дисперсность, кристаллическая структура, морфология поверхности, и как следствие –

электрохимические свойства в процессах заряд/разряда. Существенное влияние на свойства безламельных электродов оказывает также их состав и способ изготовления.

Методом потенциодинамического циклирования изучали электрохимические свойства прессованных железных электродов, содержащих в активной массе добавки различных углеродных материалов (графит, сажа, УНТ). Экспериментально доказано, что предварительная обработка железных порошков в водородной среде позволяет получить значительное увеличение разрядной емкости электродов в процессе циклирования. При этом существенного различия между типом углеродной добавки и параметрами полученных вольт-амперограмм (высот пиков тока, емкостей и потенциалов пиков) не обнаружено.

Экспериментально установлено, что в восстановленной форме железный порошок обладает высокой электропроводностью, поэтому нет необходимости включения в активную массу электропроводных материалов. Аналогичный эффект имел место, если восстановлению в водородной среде подвергался порошок оксидов железа, а углеродные добавки включались в электродную массу после операции восстановления. В то же время использование полимерного связующего необходимо для механической прочности электродов. Электроды, восстановленные в водородной среде после прессования порошков любого состава, растрескивались и теряли свою механическую прочность.

Таким образом, прогресс в создании более эффективных и надежных аккумуляторных систем возможен за счет создания новых материалов и функциональных добавок к активным массам электродов, повышающих технико-экономические показатели, прочность, долговечность, экологичность и утилизацию с возможностью репродукции наиболее ценных материалов.

**Створення лінійки сучасних вагон-платформ виробництва
ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» для перевезення
велико-тонажних контейнерів**

Левченко С. В.

ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»
gruzvag2@kvsz.com

The aim of the work is to improve the technical and economic characteristics (increase of the carrying capacity), with the implementation of brand-new schemes and design solutions, while ensuring a high level of transport safety, quality and reliability, efficiency and competitiveness, and will expand the range of freight cars produced by the plant.

Целью работы является улучшение технико-экономических показателей (увеличение грузоподъемности), с внедрением принципиально новых схем и конструкторских решений, с одновременным обеспечением высокого уровня безопасности перевозок, уровня качества и надежности, эффективности и конкурентоспособности, а также позволит расширить номенклатуру грузовых вагонов, выпускаемых заводом.

Метою роботи є покращення техніко-економічних показників (збільшення вантажопідйомності), з впровадженням принципово нових схем і конструкторських рішень, з одночасним забезпеченням високого рівня безпеки перевезення, рівня якості та надійності, ефективності та конкурентоспроможності, а також дозволить розширити номенклатуру вантажних вагонів, виготовлених заводом.

В умовах сучасного транспортного ринку актуальним є питання взаємодії різних видів транспорту. Одним з найбільш ефективних способів доставки вантажів є контейнерні перевезення. Транспортування за допомогою контейнерів – це найбільш зручний на сьогоднішній момент спосіб перевозити великі партії товарів

практично на будь-які відстані. Без контейнерів не обходяться ні внутрішні, ні міжнародні вантажні транспортні перевезення, тому що вони найбільш економічні і універсальні серед інших способів перевезення різних вантажів.

Враховуючи те, що контейнерні перевезення користуються попитом на мережі залізниць України, а також країн пострадянського простору, ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» вирішив розробити сучасні вагон-платформи різних типорозмірів (40-ка, 60-ти, 80 ти футові) для більшого задоволення потреб користувачів вагонів.

Вагон-платформи виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» мають підвищену вантажопідйомність в порівнянні з конкурентами виробниками вагон-платформ, які дозволяють перевозити більшу кількість вантажу при однаковій довжині складу поїздів.

Конструктивне виконання лінійки сучасних вагон-платформ виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» складається з:

- Рами вагон-платформи, яка в свою чергу складається з балки хребтової зварної конструкції коробчастого змінного по висоті перерізу, системи проміжних, шкворневих та кінцевих балок, а також бокових балок зварної конструкції двотаврового перерізу;
- Системи фітингових опор, яка забезпечує надійне кріплення велико-тонажних контейнерів;
- Типової гальмівної системи, ходової частини та типового автозчепного пристрою.

ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» опрацював досить багато конструктивних рішень, але саме це виконання забезпечує в повній мірі всі необхідні показники надійності та міцності конструкції, що підтверджено комплексом випробувань.

І хоча в даний час вагонобудування переживає період різкого спаду, ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» продовжує працювати над створенням нової, більш досконалої техніки.

Як показує світовий досвід, повна зупинка науково-дослідних

пошуків в кризовий період є неефективним методом економії витрат і надалі може завдати ще більш серйозного економічного збитку підприємству відсутністю затребуваною інноваційної продукції.

Концепція перспективного пасажирського вагона локомотивної тяги

Локтіонов Д. В., Строгов О. М., Борщик М. М., Шкрабик І. О.
ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»
tr_socnazn@kvsz.com

The aim of developing the concept of the advanced passenger coach of locomotive traction is to provide a modern passenger compartment sleeping coach for operation on railways with a track gauge of 1520 mm at a speed of up to 160 km/h, with improved technical-and-economic characteristics, innovative technical solutions, to increase in the level of passenger transportation comfort, and to decrease the cost of maintenance and repair.

Целью разработки концепции перспективного пассажирского вагона локомотивной тяги является создание современного пассажирского купейного спального вагона для эксплуатации по железным дорогам колеи 1520 мм со скоростью до 160 км/ч, с улучшенными технико-экономическими характеристиками, инновационными техническими решениями, для улучшения условий перевозки пассажиров, сокращения затрат на ремонт и обслуживание подвижного состава.

Метою розробки концепції перспективного пасажирського вагона локомотивної тяги є створення сучасного пасажирського купейного спального вагона для експлуатації на залізницях колії 1520 мм зі швидкістю до 160 км/год, з покращеними техніко-економічними характеристиками, інноваційними технічними рішеннями, для поліпшення умов перевезення пасажирів, скорочення витрат на ремонт та обслуговування рухомого складу.

Вагони пасажирські купейні спальні локомотивної тяги, як невід’ємна частина пасажирського рухомого складу залізниць, забезпечують зростаючий попит на послуги залізничного транспорту. Сьогодні перевізнику все складніше задовольняти зростаючий з кожним роком попит на сервісні послуги у спальних пасажирських вагонах, особливо в частині підвищення швидкостей руху поїздів, при одночасному збільшенні показників комфортності, енергоефективності, безпеки руху.

У зв’язку зі значним зношенням парку пасажирських вагонів, у тому числі купейних спальних, збільшенням попиту на туризм всередині країні, у національного перевізника пасажирських залізничних перевезень (АТ «Укрзалізниця») постала проблема відсутності пасажирського рухомого складу, котрий відповідав би сучасним вимогам. Реалізація концепції зі створення перспективного пасажирського купейного вагона локомотивної тяги дозволить перевізнику конкурувати у боротьбі за пасажирів з іншими видами транспорту для пасажирських перевезень, створить привабливіші умови при виборі способу виду транспорту для поїздок.

Для забезпечення своїх характеристик сучасний пасажирський рухомий склад повинен бути оснащений відповідними по технічному рівню комплектувальними виробами, особливо ходовими частинами, які забезпечать кращі показники по плавності руху вагона, дозволять збільшити міжремонтний пробіг.

Спеціалісти ПАТ «КВБЗ» постійно виконують технічний нагляд за вагонами власного виробництва, що дозволяє оперативно отримувати відгуки експлуатуючих організацій та пасажирів, виконувати вдосконалення конструкції та реалізацію оптимальних рішень при створенні нового рухомого складу.

У концепції перспективного пасажирського купейного вагона локомотивної тяги розглядається можливість реалізації різних інноваційних впроваджень шляхом застосування таких конструктивних рішень:

- збільшена ширина кузова вагона, у порівнянні з

пасажи́рськими купейними вагонами, що зараз експлуатуються на залізницях України – виконання перспективного вагона у габариті 1-Т;

- оснащення вагона герметичним міжвагонним переходом, автозчепним пристроєм жорсткого типу;

- використання ходових частин з покращеними технічними характеристиками – візків моделей 68-7115 та 68-7115 виконання 01, із коефіцієнтом плавності руху вагона не більше ніж 2,8, із дисковим гальмом та кліщовими механізмами, із пробігом до першого деповського ремонту 3 роки або 600 тис. км;

- застосування планувального рішення вагона з одним тамбуром з неробочої сторони;

 - розташування двох туалетів з неробочої сторони вагона;

 - вхідні бічні двері притульно-зсувного типу, тамбурні двері зсувного типу;

 - застосування світлодіодних світильників;

- забезпечення місця для встановлення інформаційних пристроїв (моніторів) в кожному пасажирському купе, по яких пасажи́рові буде подаватися інформація про маршрут слідування, швидкість руху, рекламний контент, відео- і аудіозваги тощо;

- можливість індивідуального регулювання температури по купе для забезпечення комфортного мікроклімату.

Таким чином, за гострої потреби в оновленні пасажирського рухомого складу, збільшення попиту на внутрішній туризм, вкрай необхідно створення перспективного пасажирського купейного вагона локомотивної тяги, конструкція якого дасть змогу задовольнити вимоги пасажирів щодо підвищення сервісу перевезень, створити конкуренцію для інших видів пасажирського транспорту, забезпечити підвищення рівня енергоефективності, реалізації найкращих конструкторських рішень із використанням накопиченого досвіду у побудові пасажирського рухомого складу.

До питання оптимізації корпусу букси вантажного вагона

Мартинов І. Е., Кладько Н. С.

Український державний університет залізничного транспорту

(УкрДУЗТ)

kladkonadiia@gmail.com

The study is devoted to the methodology and optimization calculation results of the axle box conical bearing unit of a freight car construction. The main ways to increase the durability of a tapered bearing and axle box as a whole are presented.

Исследование посвящено оптимизации буксового конического подшипникового узла грузового вагона. Представлены методы повышения долговечности конического подшипника и буксового узла в целом.

Дослідження присвячене оптимізації буксового конічного підшипникового вузла вантажного вагона. Представлені методи підвищення довговічності конічного підшипника та буксового вузла в цілому.

В роботі розглянуто питання оптимізації конструкції буксового підшипникового вузла з метою підвищення довговічності роликів підшипника. Поставлена задача вирішувалась шляхом забезпечення рівномірного розподілу навантаження вздовж утворюючої ролика та вирівнювання навантаження між роликами, що знаходяться в зоні навантаження.

Оптимізаційна задача не може бути сформульована при відсутності математичної моделі об'єкта проектування, при цьому вид математичної моделі безпосередньо визначає доцільність і можливість застосування того чи іншого методу. Для вирішення поставленої задачі необхідно побудувати геометричну модель буксового підшипникового вузла, розробити СЕ модель, визначити задачу оптимізації, підібрати метод оптимізації та виконати оптимізацію.

Завдання параметричної оптимізації зводилося до мінімізації максимальних контактних напружень σ_j , роликів, що знаходяться в зоні навантаження $j \in n$. Цільова функція має наступний вигляд: $F(R) = \max_{j \in n} \sigma_j(R) \rightarrow \min$.

Для вирішення поставленої задачі використовувався симплексний метод (метод послідовного поліпшення). Ідея симплекс-методу полягає в тому, щоб знайти якийсь вихідне опорне рішення X (кутову точку) опуклого багатогранника, а потім, переходячи від вершини до вершини, досягти оптимального рішення, в якому значення цільової функції буде оптимальним. Однак оптимізація конструкції в такій формі ускладнюється необхідністю постійної перебудови скінчено-елементної моделі буксового підшипникового вузла, що призводить до необхідності проведення великого обсягу розрахунків і витрати часу.

Завдання оптимізації для практичних розрахунків зводилося до безумовної мінімізації за допомогою методу штрафних функцій. Таким чином, задача оптимізації виглядає наступним чином: $F(P_i, q_i) = \max \sigma_n(R) + \sum_{n=1}^k q_i^k \rightarrow \min$, кількість варійованих параметрів буде приймати наступні значення $q_i \geq 0$ або $q_i < 0$.

Для визначення напружено-деформованого стану розробленої розрахункової моделі використовувався метод скінченних елементів (МСЕ) в переміщеннях в формулюванні просторової контактної задачі. Статичний аналіз розрахункової схеми проводився при дії на неї максимального навантаження в розмірі 360 кН. На основі побудованої СЕ моделі при вирішенні поставлених завдань оптимізації проводилися розрахунки напружено-деформованого стану.

Результат досягався за рахунок зміни куту нахилу напрямних відносно горизонтальної площини та збільшення площини контактуючої поверхні напрямних адаптера з бічною рамою візка, при цьому була зменшена відстань між напрямними. Вузол з оптимізованою конструкцією адаптера має значно менші максимальні напруження порівняно з допустимими, відсутній "крайковий ефект". Саме таке розподілення контактних

навантажень сприяє максимальній довговічності буксового підшипникового вузла.

Використання методів теорії "викидів" для оцінки надійності вагонів

Мартинов І. Е., Труфанова А. В.

Український державний університет залізничного транспорту

(УкрДУЗТ)

kladkonadiia@gmail.com

The paper is devoted to the improvement of methods for assessing the durability of freight cars. The method of determining the reliability indicators of freight cars has been formed, the peculiarity of which is taking into account the probabilistic nature of the existing loads.

Стаття посвящена совершенствованию методов оценки долговечности грузовых вагонов. Сформирована методика определения показателей надежности грузовых вагонов, особенностью которых является учет вероятностного характера существующих грузов.

Стаття присвячена вдосконаленню методів оцінки довговічності вантажних вагонів. Сформована методика визначення показників надійності вантажних вагонів, особливістю яких є облік імовірнісного характеру існуючих вантажів.

Залізничний транспорт України є однією з найважливіших галузей народного господарства країни, оскільки він виконує переважну більшість вантажних і пасажирських перевезень. Першочерговим завданням науковців залишається удосконалення методів розрахунку показників надійності елементів вагонів з подальшим використанням отриманих результатів для розробки заходів по її підвищенню.

Головним недоліком переважної більшості існуючих методів визначення надійності є використання припущення про

детермінований характер всіх видів навантажень. Навіть величина вертикального динамічного навантаження згідно діючим нормативним документам обчислюється як постійна величина, яка залежить головним чином від швидкості руху та жорсткості ресорного підвішування. Хоча фактично на неї впливає величезна кількість чинників і майже всі вони носять стохастичний характер.

Одним з напрямків удосконалення методів оцінки надійності елементів конструкцій вантажних вагонів є урахування їх фактичної завантаженості в залежності від імовірнісного характеру діючих навантажень.

Вагон є складною механічною системою. При проходженні нерівностей колії на будь-який елемент конструкції вагона діють зовнішні навантаження q . Вони можуть бути різні за походженням та приймають випадкові значення з деякого простору можливих зовнішніх навантажень Q . Зміна цих навантажень у часі є випадковий процес. Стохастичну поведінку елемента, що розглядається, будемо характеризувати елементами u , які є частками відповідного простору U можливих станів, який обирається таким чином, щоб за його допомогою в рамках обраної розрахункової схеми повністю був описаний стан відповідного елемента.

При нормальній експлуатації параметри, що характеризують функціональний стан елемента, що розглядається, повинен знаходитися у встановлених межах на протязі всього нормативного строку служби. Математично це відповідає знаходженню елементів u у допустимій області Ω простору допустимих станів V . Вихід випадкового процесу $v(t)$ функціонування відповідного елемента за межі допустимої області Ω призводить до його відмови.

Процедура оцінки довговічності, що пропонується, буде складатися з наступних етапів:

- створення розрахункової моделі відповідного елемента та визначення межі простору допустимих станів;
- побудова моделі динамічного впливу різних за

походженням навантажень на елемент конструкції, дослідження характеристик отриманих випадкових процесів навантажень;

- визначення ймовірності перетину випадковим процесом навантаження межі простору допустимих станів;
- обчислення характеристик безвідмовності обраного елемента з подальшим визначенням ресурсу.

Зазначена процедура була досить успішно використана для оцінки довговічності буксових підшипникових вузлів вантажних вагонів.

До питання визначення сил, діючих на буксові вузли вантажних вагонів в процесі їх експлуатації

Мартинов І. Е., Труфанова А. В., Шовкун В. О., Ялова І. В.
Український державний університет залізничного транспорту
(УкрДУЗТ)
kladkonadiia@gmail.com

The axle bearing assembly of a freight wagon is considered as a complex mechanical system influenced by various factors. The random nature of the behavior of the axle node is caused by the scattering of both its own properties and the existing loads. These include radial forces, axial forces and forces resulting from the misalignment of wheel pairs.

Подшипниковый узел грузового вагона рассматривается как сложная механическая система, на которую влияют различные факторы. Случайный характер поведения узла оси обусловлен рассеянием как его собственных свойств, так и существующих нагрузок. К ним относятся радиальные силы, осевые силы и силы, возникающие в результате смещения колесных пар.

Підшипниковий вузол вантажного вагона розглядається як складна механічна система, на яку впливають різні фактори. Випадковий характер поведінки вузла осі обумовлений розсіюванням як його

власних властивостей, так і існуючих навантажень. До них відносяться радіальні сили, осьові сили і сили, що виникають в результаті зсуву колісних пар.

Безпека перевезень є пріоритетним напрямком діяльності залізниць. Її забезпечення залежить від злагодженої роботи всіх структурних підрозділів, але, з урахуванням масовості парку вантажних вагонів, їх надійна робота є одним з найважливіших чинників, що впливає на ефективність функціонування залізничного транспорту.

Буксовий підшипниковий вузол є одним з найважливіших елементів ходових частин вагона, від технічного стану якого значною мірою залежить надійність вагона в цілому. Загалом точність методів оцінки та прогнозування надійності роботи буксових вузлів в значній мірі може залежати від кількості факторів врахованих в їх моделях. Методи оцінки надійності базуються на досить простих положеннях та враховують один, два чинника. Підшипниковий вузол вантажного вагона являє собою складну механічну систему, на яку діють різноманітні сили, тому при розрахунках довговічності слід визначити ряд сил котрі можуть значною мірою впливати на роботу буксового вузла, та при розрахунках враховувати їх сумісну дію.

В процесі експлуатації рухомого складу на залізничній колії на нього діють різноманітні навантаження. Зокрема у загальному випадку на буксовий підшипниковий вузол діє радіальне навантаження від ваги кузова та вантажу, осьові зусилля, перевантаження під час коливань вагону у русі, перекис колісної пари в плані внаслідок конструктивних особливостей трьохелементних вантажних візків. Так як одним з недоліків трьохелементного візка є відсутність жорстких зв'язків, та як наслідок можливість забігання бічних рам, при цьому на консольну частину рами передаються додаткові згинальні і крутний момент, що може значно впливати на корпус буксового вузла. Крім того конструкція щелепного отвору бічної рами і буксового вузла

передбачає наявність поздовжнього і поперечного зазорів між приливами корпусу букси і щелепної направляючої, через які може змінюватися характер їх контакту і як наслідок різної величини сил перекосу в підшипнику.

Також при розрахунку довговічності буксового вузла бажано враховувати стан колії, характер вантажу (сипкий або штучний), вплив навколишнього середовища (температура, вологість зовнішнього повітря) і т. п. Тобто у загальному випадку кількість навантажень наближається до нескінченності ($i \rightarrow \infty$).

Але, не всі із зазначених чинників мають однаковий вплив на надійність підшипникового вузла вагону: деякі впливають лише на ефективність його роботи або контролепридатність під час руху. Тому необхідно визначити найбільш значні сили що впливають на функціонування буксового вузла. До них можна віднести радіальні сили, осьові сили та сили виникаючі в наслідок перекосів колісних пар. Останні можуть значно впливати на буксовий підшипник так як зменшують зазори між елементами кочення підшипника, та викликають збільшення крайових ефектів в розподіленнях напружень в матеріалі роликів та доріжок кочення кілець підшипника.

Моделирование контактного взаимодействия пары колесо-рельс

Новоградский Л. С., Оправхата Н. Я.

Институт проблем прочности имени Г.С.Писаренко Национальной академии наук Украины

nol@ipp.kiev.ua, opravkhata@ipp.kiev.ua

The technique of research of processes of development of contact interaction of a wheel and a rail considering the action of operational factors at power parameters in the contact zone, corresponding to real ones in the operation of railway transport is presented.

Представлена методика исследования процессов развития

контактного взаимодействия колеса и рельса с учетом влияния эксплуатационных факторов на параметры мощности в зоне контакта, соответствующие реальным в эксплуатации железнодорожного транспорта.

Представлена методика дослідження процесів розвитку контактної взаємодії колеса і рейки з урахуванням впливу експлуатаційних факторів на параметри потужності в зоні контакту, відповідні реальним в експлуатації залізничного транспорту.

Железнодорожный транспорт играет важную роль в экономике не только Украины, но и других Европейских стран, особенно при массовых перевозках. Стремление эксплуатационников к повышению экономической эффективности перевозок за счет повышения массы и скорости движения поездов довольно часто приводит к увеличению сверх допускаемых погонных и осевых нагрузок, что вызывает разрушение ответственных элементов подвижного состава и железнодорожного пути, провоцируя аварийные ситуации и частичную или полную остановку движения. Чрезвычайно важным для предотвращения таких ситуаций является техническое состояние пары колесо-рельс.

Для оценки технического состояния пары "колесо-рельс" и ее несущей способности используются результаты экспериментальных исследований взаимодействия колеса и рельса. Исследования выполняются на опытных участках железнодорожных путей, исследовательских стендах с одним или двумя натурными объектами. При исследовании кинетики взаимодействия колеса и рельса на натуральных объектах или полномасштабных образцах значительное внимание уделяют оценке величины коэффициента сцепления между ними, их износу и разрушению, сопротивлению качения, изменению геометрии контактирующих поверхностей. В меньшей степени сосредотачиваются на изучении самой зоны контакта – кинетики зарождения и развития в этой зоне дефектов контактно-усталостного характера, вкладом в развитие этих процессов трения,

а также влияния прохождения электрического тока через зону контакта.

Наличие тягового или тормозного моментов увеличивает зону скольжения, что является одной из основных причин износа и разрушения материалов, прогресс которых может усиливаться при действии такого эксплуатационного фактора как электрический ток большой плотности, который проходит через зону контакта, и за счет влияния факторов внешней среды.

Выбор конструкционных материалов и оптимальных технологий их обработки для изготовления несущих элементов пути и колес осуществляют, как правило, по результатам испытаний модельных образцов простой формы с четко обозначенной геометрией контактной зоны. При таких испытаниях необходимо реализовать параметры не только контактной деформации образцов, но и общей деформации, вызванной изгибом образца, имитирующим условия работы рельса. Для оценки вклада трения в разрушение материалов, имеет смысл провести исследования зоны взаимодействия при испытаниях пары на контактную усталость без обкатывания тел, исключив, таким образом, трение скольжения и качения. С целью реализации такого исследования был разработан и обоснован метод экспериментального моделирования контактного взаимодействия пары колесо-рельс на образцах простой формы с четко определенной геометрической формой контактной зоны (схема контакта "цилиндр-плоскость"). Работы выполнены в рамках госбюджетной темы «Кінетика пластичного деформування конструкційних сплавів при складному навантаженні, а також в умовах екстремально низьких температур» (№ Госресторации 0117U002230).

Для экспериментального исследования контактного взаимодействия пары колесо-рельс была модернизирована универсальная установка для нанесения трещин усталости, что позволило испытывать на контактную усталость без обкатывания образцы простой формы, имитирующие пару колесо-рельс. "Образец-рельс" представляет собой балку прямоугольного

сечения, устанавливаемую на двух опорах, а "образец-колесо" – цилиндр, закрепленный в специальной обойме. При испытаниях образцы фиксируются от продольных и поперечных перемещений: "образец-рельс" – при помощи упоров, а "образец-колесо" – специальным держателем, что позволяет фиксировать положение контактной зоны. Уровень нагрузки задается пружиной сжатия, начальная деформация которой определяет усилие в контактной зоне, и системой рычагов (передаточное число равно 8). Цикличность нагружения образцов от нуля до необходимой величины, задаваемой настройкой пружины, выполняется при помощи нажимного эксцентрика, посаженного на вал мотора-редуктора и взаимодействующего с держателем "образца-колеса".

Для реализации реальных режимов эксплуатации пары колесо-рельс при моделировании контактного взаимодействия без обкатывания, выбор размеров образцов и режимов нагружения следует производить, основываясь на результатах расчетов на прочность верхнего строения пути и расчетов контактных напряжений при взаимодействии колеса и рельса. В результате расчетов, определяется значение нормального напряжения при изгибе рельса и значение нормального контактного напряжения, что позволит определить размеры образцов, расстояние между опорами на которые опирается "образец-рельс", а также значение вертикальной нагрузки, необходимой для воспроизведения действующего уровня контактных напряжений.

В качестве примера для моделирования рассмотрено взаимодействие грузового магистрального электровоза ВЛ80 с колеей, выполненной из рельсов типа Р65. Согласно расчетам наибольшие напряжения при изгибе рельса составляют 90 МПа, а нормальные напряжения в зоне контакта 1264 МПа. Используя полученные значения действующих напряжений определены размеры образцов ("образец-рельс" – 140×20×10 мм; "образец-колесо" – радиус образца 5 мм, ширина 10 мм) и параметры испытаний (расстояние между опорами на которые опирается "образец-рельс" – 120 мм, вертикальное усилие – 2,28 кН). Расчетная

частота нагрівання становить ~ 11 Гц. Для виготовлення зразків в якості модельного матеріалу була використана сталь 45, термообробка якої на твердість 325...373 НВ, дозволяє отримувати значення її механічних характеристик близькими до значенням характеристик рельсової сталі М76.

По мірі зростання кількості циклів нагрівання первинний контакт "зразка-коліса" і "зразка-рельса" по лінії – розширюється, приймає вигляд прямокутника. Ширина контакту в даний момент часу визначається величиною накоплених еластических деформацій контактуючих елементів. Збільшення площі контакту призводить до зменшення заданого в початку циклічного нагрівання рівня нормальних контактних напружень. Для забезпечення постійності їх значення в процесі експерименту проводиться корекція рівня навантаження. В процесі циклічного деформування відбувається зняття поверхневості контакту, накоплення залишкових деформацій, виникнення і розвиток дефектів, які мають контактну-втомищену походження. Для отримання інформації про стан взаємодіючих поверхневості в процесі випробувань необхідно фіксувати: зміни розмірів зразків в зоні контакту; виникнення і розвиток поверхневих дефектів; висоту поверхні рельєфу; величину навантаження і т.д. З цією метою використовуються електронно-оптичне спостереження; зняття реплік з поверхневості контакту; мікроструктурні дослідження зони контакту; вимірювання мікротвердості і електричного опору в цій зоні; тензометричні вимірювання навантаження і переміщень.

Розроблений підхід моделювання в лабораторних умовах відповідних реальним умовам і режимам експлуатації пари колесо-рельс, дозволяє достовірно оцінити контактну втомищену матеріалів такої пари, практично виключив вплив тертя на розвиток втомищенних процесів.

Визначення змін технічного стану колії з використанням теорії відновлення

Патласов О. М., Федоренко Є. М., Шульга Д. А.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
ім. акад. В. А. Лазаряна
rapunzeeelliza@gmail.com

Ensuring train safety and improving the economic situation are paramount concerns for railways. Planning of repair and track works is one of the important stages of managing the technical condition of the upper track structure. The purpose of the study is to determine the state of the upper track structure based on the application of recovery theory. The dependences that reflect the work of the elements of the upper structure of the track as a whole are determined.

Обеспечение безопасности поездов и улучшение экономической ситуации являются первостепенной задачей для железных дорог. Планирование ремонтных и путевых работ является одним из важных этапов управления техническим состоянием верхнего строения пути. Цель исследования – определить состояние структуры верхнего пути на основе применения теории восстановления. Определены зависимости, отражающие работу элементов верхней структуры дорожки в целом.

Забезпечення безпеки поїздів і поліпшення економічної ситуації є першочерговим завданням для залізниць. Планування ремонтних і дорожніх робіт є одним з важливих етапів управління технічним станом верхньої будови колії. Мета дослідження – визначити стан структури верхнього шляху на основі застосування теорії відновлення. Визначено залежності, що відображають роботу елементів верхньої структури доріжки в цілому.

Забезпечення безпеки руху поїздів і поліпшення економічного становища є першочерговими завданнями залізниць. Планування ремонтно-колійних робіт є одним з важливих етапів управління

технічним станом верхньої будови колії.

При комплексному підході визначення технічного стану колії важливо вдосконалювати засоби діагностики, розрахункові методи оцінки змін та прогнозування стану верхньої будови колії.

Удосконалення управління технічним станом верхньої будови колії в умовах експлуатації спрямоване на підтримання системи утримання колії на рівні, відповідному рівню сучасної техніки, і сприяє підвищенню безпеки руху та ефективності утримання колії.

Стан системи «залізничний коля» характеризується такими показниками як: термін служби, пропущений тоннаж, види і терміни проведення ремонтно-колійних робіт, фактори впливу на їх кількісні характеристики.

Похідними від них є кількість дефектних елементів колії $N(t)$, пов'язаний з ним об'єм ремонтних робіт і відповідні сумарні приведені витрати.

В процесі експлуатації залізничної колії відбувається старіння його елементів. Кількість дефектних елементів залізничної колії з достатнім ступенем точності можна визначити за допомогою застосування теорії відновлення, так як вона найбільшою мірою враховує кількість і терміни проведених проміжних ремонтних робіт.

В теорії відновлення прийняті наступні поняття і позначення:

$N(t)$ – кількість дефектних елементів на одиниці довжини колії в момент часу t ;

N – кількість елементів на одиницю довжини колії;

$U(t)$ – ймовірність того, що за напрацювання t окремо взятий елемент буде дефектним;

γ – частина замінених дефектних елементів;

τ – момент, коли проводиться заміна дефектного елементу.

Метою дослідження являється визначення стану верхньої будови колії на основі застосування теорії відновлення.

Визначено залежності, що відображають роботу елементів верхньої будови колії в цілому, а також додаткового опору руху поїздів в залежності від строків і видів проведених ремонтних робіт.

Отриманні математичні моделі ремонтів при укладанні нових елементів та при використанні елементів, що знаходилися під впливом навантаження в той час, що й елемент, який замінюється.

Проблеми контролепридатності буксових вузлів до теплового контролю

Петухов В. М.

Український державний університет залізничного транспорту
hiitwagen@gmail.com

The current state of the suitability of axle boxes for remote thermal control is analyzed. It is determined that the main parameter of the technical condition of the axle box assembly is the temperature of the neck of the axle of the wheel pair. Therefore, the reliability of assessing the condition of the axle box will depend on the relationship between the temperature of the control point of the axle box body and the temperature of the axle neck. It is shown that there are a number of factors that significantly affect the reliability of determining the technical condition of axleboxes by means of thermal control.

Проанализировано современное состояние пригодности буксовых узлов к дистанционному тепловому контролю. Определено, что основным параметром технического состояния буксового узла является температура шейки оси колесной пары. Поэтому достоверность оценки состояния буксы будет зависеть от связи между температурой контрольной точки корпуса буксы и температурой шейки оси. Показано, что существует ряд факторов, существенно влияющих на достоверность определения технического состояния букс средствами теплового контроля.

Проаналізовано сучасний стан придатності буксових вузлів до дистанційного теплового контролю. Визначено, що основним параметром технічного стану буксового вузла є температура шийки осі колісної пари. Тому достовірність оцінки стану букси буде залежати від зв'язку між температурою контрольної точки корпусу

букси і температурою шийки осі. Показано, що існує ряд чинників, що впливає на достовірність визначення технічного стану букс засобами теплового контролю.

Найбільш широке поширення на залізницях світу отримали системи дистанційного теплового контролю букс. Такі системи є універсальними і можуть призначатися для контролю як пасажирських, так і вантажних вагонів, а також і локомотивів. Однак, в останні роки з'явилися ряд проблем, що викликані помилковими сигналами тривоги, які видаються цими системами.

Треба сказати, що це, як правило, не пов'язане з технічними несправностями самих систем контролю або зі помилками їх програмного забезпечення.

Проведений аналіз показав, що це визначається рядом наступних причин:

- різноманітним конструктивним виконанням буксового вузла, а також самих ходових частин вагонів;
- застосування різних типів підшипників;
- використання різних типів мастила.

Оптичні системи, які використовуються в прирейкових камерах пристроїв дистанційного теплового контролю орієнтовані в певну фіксовану точку простору і не можуть її змінювати в залежності від конструкції ходових частин. При цьому, основним параметром технічного стану буксового вузла є температура шийки осі колісної пари. Тому достовірність оцінки стану букси буде залежати від зв'язку між температурою контрольної точки корпусу букси і температурою шийки осі. т. е. коефіцієнта зв'язку температур шийки осі і контрольної точки, на яку орієнтована оптична система. Відповідно, одна і та ж прирейковий камера отримує теплової сигнал від різних елементів буксового вузла вагонів.

Також система теплового контролю не може визначати ні тип підшипника, ні тип його мастила.

І, таким чином, ефективність і достовірність дистанційних систем теплового контролю знижується.

У цих умовах, при розробки нових ходових частин, або їх компонентів, а також при закупівлі іноземного рухомого складу необхідно проводити перевірку його контролепридатності до вітчизняних систем теплового контролю.

Також пропонується для кількісної оцінки контролепридатності буксового вузла рухомого складу до дистанційного теплового контролю застосовувати коефіцієнт зв'язку, який визначається як відношення температури контрольної точки на корпусі букси до реальної температури шийки осі.

Уравнения Лагранжа как инструмент моделирования эйлеровых инерционных воздействий на магнитолевитирующий поезд

Поляков В. А., Хачапуридзе Н. М.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
p_v_a_725@i.ua

The reference systems, that accompany the cars of a magnetically levitated train in the motion, are convenient for considering of this motion, but are not inertial. The correctness of such a consideration requires the compulsory accounting of the additional Euler's inertial influences on the train's elements. The algorithm for such influences accounting, using the Lagrange's equations, was created in the work.

Системы отсчета, которые сопровождают вагоны поезда с магнитной подвеской в движении, удобны для рассмотрения этого движения, но не являются инерционными. Правильность такого рассмотрения требует обязательного учета дополнительных инерционных влияний Эйлера на элементы поезда. В работе создан алгоритм учета таких воздействий с использованием уравнений Лагранжа.

Системи відліку, які супроводжують вагони поїзда з магнітною підвіскою в русі, зручні для розгляду цього руху, але не є інерційними. Правильність такого розгляду вимагає обов'язкового

обліку додаткових інерційних впливів Ейлера на елементи поїзда. В роботі створено алгоритм обліку таких впливів з використанням рівнянь Лагранжа.

Вследствие ряда веских причин, управление движением магнитолевитирующего поезда (МЛП) должно вестись автоматически, “directe in moventur”. В то же время, любое желаемое движение артефакта в качестве базиса своего построения имеет движение естественное (не управляемое). Поэтому именно его модель подлежит приоритетному построению.

Реальные движения МЛП, как правило, не являются исключительно равномерными и поступательными. Наиболее удобно и естественно исследовать их относительно систем отсчёта (СО), сопровождающих экипажи в движении. Такие системы, однако, не являются инерциальными. Поэтому пространство конфигураций (ПК) механической подсистемы (МП) поезда, при таком рассмотрении, утрачивает свойство евклидовости, а для корректного описания исследуемой динамики в её модели должны быть учтены эйлеровы – переносные и кориолисовы – инерционные воздействия (ЭИВ) на элементы расчётной схемы (РС) МП МЛП.

Традиционным инструментом создания моделей динамики являются уравнения Лагранжа. Одним из базисных элементов алгоритма их использования является построение выражения кинетической энергии (КЭ) системы. Именно это выражение должно являться основным парадигмальным истоком описания исследуемой динамики, в том числе – упомянутых ЭИВ. На практике, однако, соотношения для определения значений таких воздействий, в абсолютном большинстве исследований, получаются не с использованием выражения КЭ, но директивно-вольонтаристски вводятся в правые части уравнений динамики. При этом указанные воздействия априорно полагаются обычными силами, коими, имманентно, не являются.

Чтобы ЭИВ на элементы МП МЛП могли быть определены с использованием выражения её КЭ, это выражение должно

прецизионно соответствовать конкретным условиям рассмотрения процесса движения. В частности, если оно рассматривается относительно неинерциальных СО, то это обстоятельство, при построении выражения КЭ, должно быть непременно учтено. Рациональный путь такого учёта – определение метрики ПК МП.

При решении многих задач динамики МЛП в качестве РС его МП целесообразно принять набор опорных тел (ОТ), соединённых связями через податливые элементы. Тогда модель этой динамики – линейная комбинация уравнений движения таких ОТ, а ЭИВ на одно из них являются паттерном такого вида воздействий на поезд в целом. Поэтому в работе алгоритм нахождения выражений ЭИВ продемонстрирован на примере их получения для отдельного ОТ. Прежде всего, выражение его КЭ было записано в форме, непосредственно учитывающей метрику ПК тела. Для описания этой метрики, был построен соответствующий метрический тензор (МТ). Движение тела рассматривалось относительно СО, сопровождающей экипаж МЛП, в состав РС МП которого оно входит. Поскольку такая СО инерциальной не является, то ПК ОТ – не евклидово и поэтому МТ этого пространства отличен от символа Кронекера. Будучи использован, в составе выражения КЭ ОТ, алгоритмом уравнений Лагранжа для построения модели его динамики, найденный МТ обеспечивает комплексный учёт этой моделью воздействия на тело как ньютоновых сил инерции, так и ЭИВ.

Созданный алгоритм позволяет использовать уравнения Лагранжа в качестве универсального инструмента моделирования всех видов инерционных воздействий при динамических исследованиях, в том числе, МЛП. Этим решена задача настоящей части исследования.

Метод Кірліан в дослідженні металевих матеріалів

Пройдак С. В., Вакуленко І. О., Білецький М. Р.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
ім. акад. В. А. Лазаряна
proydak.sv@ukr.net

The manifestation of the effect of plasma glow of an electric discharge on the surface of samples of metallic materials has been experimentally confirmed, and the possibility of using the Kirlian method for non-destructive assessment of their structure, processing features and properties has been shown.

Експериментально підтверджено проявлення ефекта плазменного свечення електрического розряду на поверхності образцов металлических материалов, показана возможность применения метода Кирлиан для неразрушающей оценки их структуры, особенностей обработки и свойств.

Експериментально підтверджено проявлення ефекту плазмового світіння електричного розряду на поверхні зразків металевих матеріалів, показана можливість застосування метода Кірліан для неруйнівної оцінки їх структури, особливостей обробки та властивостей.

Метод, що застосували для досліджень, був відкритий у 1939 р., запатентований у 1949 р. фізіотерапевтом С. Д. Кірліаном разом з дружиною В. Х. Кірліан, на честь яких і отримав назву. Вони розробили новий спосіб фотографування об'єктів, хоча подібні досліди проводились і раніше. Ефект світіння різних об'єктів в електромагнітних полях високої напруженості відомий вже більше двох століть – вперше його спостерігав німецький фізик професор Г.Ліхтенберг (це явище відоме під назвою «фігур Ліхтенберга»), пізніше досліджували Я. О. Наркевич-Йодко, Никола Тесла та інші вчені в різних країнах. На відміну від оптичної фотографії та рентгенографії запропонований подружжям Кірліан спосіб

візуалізації і фотографування за допомогою струмів високої частоти відображав топографічну конфігурацію та діелектричний стан предмета. С. Д. Кірліан отримав авторське свідоцтво на метод «високочастотної фотографії» за допомогою удосконаленого ним резонанс-трансформатора Тесла. Багаторічні експерименти дозволили накопичити великий науковий матеріал і створити цілий ряд пристроїв для "високочастотної" фотографії.

Ефектом Кірліана називають плазмове світіння електричного розряду на поверхні предметів і тіл, коронний бар'єрний розряд в газі навкруги об'єктів, які знаходяться в змінному електричному полі високої частоти (10-100 кГц), коли виникає різниця потенціалів між електродом і досліджуваним об'єктом від 5 до 30 кВ. Електрод і об'єкт розділені між собою тонким шаром повітря (діелектриком), молекули якого дисоціюють під дією потужного магнітного поля, що виникає між ними. В цьому повітряному проміжку відбуваються три процеси - іонізація і утворення атомарного азоту; «коронний» розряд між об'єктом і електродом; перехід електронів з нижчих на вищі енергетичні рівні та назад. Перехід супроводжується випромінюванням кванту світла. Величина переходу залежить від власного електромагнітного поля досліджуваного об'єкта, тому в різних точках електрони отримують різні імпульси, тобто переходять на різні енергетичні рівні, що призводить до випромінювання квантів світла різної довжини та енергії. Це реєструється рентгенівською плівкою (у чорно-білому зображенні) або на кольоровий фотопапір (у кольоровому зображенні), при цьому, в залежності від об'єкта, «корона» світіння може бути розфарбована в різні кольори.

На сьогодні в Україні метод Кірліан, дослідження за допомогою якого називають кірліанографією, використовується в медичній практиці (роботи д.м.н. Пісоцької Л. А.), але спеціалісти визнають, що спектр застосування набагато ширший, це практично всі сфери діяльності людини - сільське господарство, біологія, геологія, нерушівний контроль якості промислових виробів, виявлення дефектів в плівках та покриттях, місцях склеювання та

зварювання, дефектоскопія поверхні металів і сплавів, дослідження кристалічних структур напівпровідників, криміналістика та ін. Метод значно вплинув на розробку спеціальних видів контролю матеріалів в аерокосмічній техніці. Наш земляк, співробітник УкрНДІ технологій машинобудування С. Ф. Романій, учень та послідовник подружжя Кірліан, розробив та впровадив у практику цілий ряд пристроїв, заснованих на ефекті Кірліана, які застосовувались для контролю виробів підприємств ракетної галузі, а також діагностики в медицині.

Дослідження в даній роботі проведені з використанням пристрою моделі РЕК-1, створеної на базі апарату АГРД, який розробив та запатентував С. Ф. Романій. РЕК-1 виробництва Українського НДІ технологій машинобудування (м. Дніпро) призначений для реєстрації на фотопапері або рентгенівській плівці зображень Кірліан світіння пальців людини та інших об'єктів. Фотографували при різній кількості імпульсів приладу, в темній кімнаті з використанням ліхтаря червоного світла, на рентгенівську плівку, яку обробляли стандартними реактивами для проявлення та закріплення зображення.

Для перевірки можливого виявлення ефекту Кірліан досліджували зразки колісної сталі різної форми (два – у формі кільця, один – у формі куба), різного ступеня обробки поверхні, різних режимів термообробки, а також 5 зразків дроту діаметром 1 мм зі сталі У8 після термообробки (гартування + відпуск при температурі 650°C) та деформації з різними ступенями (від 17 до 80%). Всі зразки фотографували в різних ракурсах, при різній кількості імпульсів (підбирали експериментально).

Встановили, що на всіх зразках, незалежно від кількості імпульсів обробки і стану самого зразка, проявляється ефект Кірліану – добре виявлені характерні «корони» світіння. При цьому ступінь обробки (кількість імпульсів) впливає на зовнішній вигляд та щільність оболонок, що світяться. Крім того, найкращий вигляд Кірліанової аури для зразків колісної сталі та зразків дроту зі сталі У8 виявляється при різній кількості імпульсів. Так, у зразків

колісної сталі при 1-му імпульсі «корона» більш чітка та розгалужена, ніж при 3-х імпульсах. У зразків дроту при 2-х та 3-х імпульсах «корона» світіння менш щільна, більш чітка і контрастна, дріт видно при її розташуванні по довжині; при 6-ти імпульсах «корона» більш щільна, широка і складається як би з двох ярусів, дріт видно не на всіх зразках; при 9-ти імпульсах – дуже щільна, широка та подвійна. На зразках з більшим ступенем деформації (70 - 80%) дріт видно більш чітко та контрастно, на окремих зразках він має переривчастий вигляд, що може пояснюватись нерівномірністю структури сталі по довжині зразка при середніх та малих ступенях деформації. При менших імпульсах у всіх зразках на їх грубо обрізаних краях різко відрізняється будова світлової оболонки. При фотографуванні в торцевих ракурсах на всіх зразках будова «корони», що світиться, дуже нерівномірна, з окремими хаотично розташованими «відростками», що, очевидно, є наслідком їх грубої обробки. Місця глибоких рисок на поверхні (або слідів різку) виділяються особливим виглядом «оболонки», що світиться. Навкруги відшліфованих поверхонь зразків «корона» менша та більш рівномірна, ніж навкруги необроблених поверхонь. Крім того, в місцях різкої зміни форми (кути в кубічному зразку, нерівні краї на кінцях відрізаних зразків дроту) оболонка, що світиться, більш щільна, на окремих ділянках має вигляд специфічних «відростків», що може свідчити про внутрішні дефекти.

Таким чином, проведені дослідження показали проявлення ефекту Кірліана і підтвердили можливість його використання для неруйнівної оцінки якості металевих матеріалів. В подальших дослідженнях планується фотографування зразків на фотоплівку для отримання кольорового зображення «корони» світіння, а також кількісна оцінка параметрів «корони».

Створення ходових частин для сучасного моторвагонного рухомого складу виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»

Самчук Є. В., Гончаренко А. Л.
ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»
rgtt@kvsz.com

The aim of the work is to provide the population of Ukraine with modern multi-unit rolling stock for operation on railways with a track gauge of 1520 mm with an increase in the level of passenger transportation comfort, an increase in the speed of transportation, a decrease in energy consumption for ensuring traffic and the cost of maintenance and repair. The implementation of these requirements is possible only if the construction of the rolling stock uses running gears of the corresponding technical level, which are provided with the necessary strength characteristics, traction, speed and braking parameters.

Целью работы является обеспечение населения Украины современным моторвагонным подвижным составом для эксплуатации на железных дорогах с шириной колеи 1520 мм с повышением уровня комфорта перевозки пассажиров, увеличением скорости перевозок, уменьшением энергозатрат на обеспечение движения и затрат на техническое обслуживание и ремонт. Реализация указанных требований возможна только при условии использования в конструкции подвижного состава ходовых частей соответствующего технического уровня, которые обеспечены необходимыми прочностными характеристиками, тяговыми, скоростными и тормозными параметрами.

Метою роботи є забезпечення населення України сучасним моторвагонним рухомим складом для експлуатації на залізницях з шириною колії 1520 мм з підвищенням рівня комфорту перевезення пасажирів, збільшенням швидкості перевезень, зменшенням енерговитрат на забезпечення руху та витрат на технічне обслуговування та ремонт. Реалізація вказаних вимог можлива

тільки за умови використання в конструкції рухомого складу ходових частин відповідного технічного рівня, що забезпечені необхідними характеристиками міцності, тяговими, швидкісними і гальмівними параметрами.

Пасажи́рський моторвагонний рухомий склад, будучи невід'ємною частиною пасажирського комплексу залізниць, забезпечує зростаючий попит на сервісні послуги залізничного транспорту. Особливо в частині підвищення швидкостей руху поїздів, при одночасному збільшенні показників комфортності і енергоефективності. Це є одним з пріоритетних напрямів науково-технічного прогресу на залізничному транспорті.

З розвитком попиту на сервісні послуги залізничного транспорту гострою проблемою в Україні стала відсутність необхідного, збільшеним вимогам споживачів, моторвагонного рухомого складу. Реалізація заходів щодо вирішення цих завдань дозволить забезпечити поліпшення транспортних зв'язків, створити для пасажирів більш привабливі умови при виборі виду транспорту для подорожей.

Для забезпечення своїх характеристик сучасний моторвагонний рухомий склад повинен бути оснащений відповідними по технічному рівню ходовими частинами, що забезпечені необхідними характеристиками міцності, тяговими, швидкісними і гальмівними параметрами. Візки моторвагонного рухомого складу також повинні мати можливість розміщення додаткового та вдосконаленого обладнання, бути технологічно простими, ремонтпридатними, володіти оптимальними масогабаритними показниками та інше.

Активні роботи зі створення на ПАТ «КВБЗ» візків моторвагонного рухомого складу розпочаті в 2010 році в рамках проекту зі створення швидкісних електропоїздів ЕКр1. Спеціалісти ПАТ «КВБЗ» на той час уже мали достатній досвід в конструюванні і виробництві візків для пасажирських вагонів та вагонів метрополітену.

При створенні візків моделі 68-7041 та 68-7072 електропоїздів ЕКр1 були реалізовані наступні основні нововведення:

1. Наявність протиюзної системи, яка підвищує рівень безпеки, а також запобігає появі дефектів на поверхні кочення коліс під час гальмування при можливій появі юза.

2. У центральному ресорному підвішуванні використовуються пневматичні ресори замість пружинних комплектів, які покращують динамічні показники рухомого складу в цілому.

3. На кожному візку застосовані чотири типи гідравлічних гасників коливань.

4. Для зменшення зносу гребенів коліс, а також бічної поверхні головки рейки в конструкції застосовується автоматична система змащування гребенів коліс.

5. Для поліпшення коефіцієнта зчеплення коліс з рейками і запобігання боксування коліс під час початку руху поїзда в конструкції застосовується система подачі піску під колеса.

6. Застосування сучасного дискового гальма з кліщовими механізмами.

7. Застосування буксових касетних підшипників з міжремонтним пробігом 1 млн км.

8. Основною особливістю привідних (моторних) візків є опорно-рамне розташування моторно-редукторного блоку. Застосування такого розміщення дозволяє знизити необресорену масу візка і в свою чергу збільшити безвідмовність системи.

Починаючи з 18.06.2014 впроваджено у комерційну експлуатацію два двосистемні міжрегіональні електропоїзди ЕКр1 на візках виробництва ПАТ «КВБЗ». Пробіг кожного електропоїзду складає більше 2 млн. км.

Наступним кроком розвитку вітчизняного вагонобудування було створення сучасного дизель-поїзда. Так були створені візки моделі 68-7085 та 68-7090 для дизель-поїзда ДПКр-2. Крім застосування вже відомих технічних рішень з конструкції візків для пасажирських вагонів локомотивної тяги, міжрегіональних електропоїздів ЕКр1 і вагонів метрополітену конструкторами

заводу були вирішені такі основні завдання:

- вибір гумотехнічних виробів, пневматичних ресор для підвищеного робочого навантаження;
- розробка складових частин колісних пар і інших комплектуючих візків виходячи з вимог максимального розрахункового статичного навантаження від колісної пари на рейки 22,0тс;
- вибір нових касетних підшипників СТВУ 150х250х160;
- розробка нових рам і вузла з'єднання кузова вагона з візками для найбільш раціонального розміщення обладнання в умовах обмеженого простору під кузовом вагона та інше.

01.10.2015 року було впроваджено у комерційну експлуатацію перший дизель-поїзд серії ДПКр-2. З невеликими доопрацюваннями візки моделі 68-7085 та 68-7090 використовуються в конструкції дизель-поїздів ДПКр-3.

На ПАТ «КВБЗ» завершений ескізний проект створення сучасних двовісних візків для локомотивів с осьовим навантаженням 25тс, потужністю тягових електродвигунів до 1,4 МВт кожного.

Технічні спеціалісти ПАТ «КВБЗ» постійно ведуть нагляд за експлуатацією та ремонтом ходових частин власного виробництва з метою аналізу, вдосконалення конструкції та реалізації оптимальних рішень при створенні нового рухомого складу.

Наступним викликом для конструкторів ПАТ «КВБЗ» має стати створення візків для приміських електропоїздів, що мають стати раціональним втіленням всього накопиченого досвіду з метою реалізації найбільш надійних та технологічних рішень.

Литий-ионный аккумулятор для электротранспорта

Скосарь В. Ю., Бурылов С. В., Дзензерский В. А.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
skosarslava@gmail.com

The promising batteries for electric vehicles are considered. The lithium-ion batteries and lead-acid batteries are highlighted. The improvements in lithium-ion battery manufacturing technology are proposed. The new lithium-ion batteries should be characterized by increased safety and the ability to charge quickly.

Рассмотрены перспективные аккумуляторы для электромобилей. Литий-ионные аккумуляторы и свинцово-кислотные аккумуляторы выделены. Предложены улучшения в технологии изготовления литий-ионных аккумуляторов. Новые литий-ионные аккумуляторы должны характеризоваться повышенной безопасностью и способностью быстро заряжаться.

Розглянуто перспективні акумулятори для електромобілів. Літій-іонні акумулятори і свинцево-кислотні акумулятори виділені. Запропоновано поліпшення в технології виготовлення літій-іонних акумуляторів. Нові літій-іонні акумулятори повинні характеризуватися підвищеною безпекою і здатністю швидко заряджатися.

Литий-ионные аккумуляторы – самые эффективные накопители энергии на электротранспорте. Они способны выполнять функцию тяговых аккумуляторных батарей, а также функцию накопителей энергии, выделившейся в процессе рекуперативного торможения. Литий-ионные аккумуляторы имеют то преимущество, что их удельная энергия (200 Вт·ч/кг) примерно в 5-10 раз выше, чем удельная энергия свинцово-кислотных аккумуляторов, которые, благодаря дешевизне, все еще весьма распространены. В то же время, наблюдаемая сегодня тенденция удешевления литий-ионных аккумуляторов, делает их самыми

перспективними среди всех типов батарей, производимых серийно. Именно литий-ионные аккумуляторы с их максимальной удельной энергией лучше всего подходят для электротранспорта.

Известно, что применение рекуперативного торможения на гибридных автомобилях и на электромобилях позволяет снизить затраты энергии на движение на ~30 %. Эту энергию лучше всего накапливать в энергоемких литий-ионных аккумуляторах. Однако, главный недостаток литий-ионных аккумуляторов в том, что они способны к самовоспламенению при перезаряде. Кроме того, литий-ионные аккумуляторы не могут быстро заряжаться. Между тем, способность аккумулятора быстро принять большой заряд и энергию лучше всего соответствует системам рекуперативного торможения на электротранспорте, когда за короткое время транспортное средство гасит свою кинетическую энергию движения. Если повысить способность аккумулятора к быстрому заряду и повысить при этом его безопасность, то возможно добиться еще большего энергосбережения при рекуперативном торможении.

Рассмотрим устройство литий-ионного аккумулятора. Очень часто корпус аккумулятора изготавливают из алюминия, внутри корпуса расположены электроды с сепараторами, которые смочены электролитом. В качестве электролита используют раствор литиевой соли в полярном органическом растворителе. Литиевые соли часто выбирают из следующего ряда веществ: гексафторфосфат лития (LiPF_6), тетрафторборат лития (LiBF_4), трифторметансульфонат лития (LiSO_3CF_3) и др. В качестве полярного органического растворителя часто используют следующие вещества: этиленкарбонат (EC), пропиленкарбонат (PC), диэтилкарбонат (DEC), диметилкарбонат (DMC), метилэтилкарбонат (MEC) или их растворы. Электрод, выполняющий функции катода, содержит чаще всего активный материал в виде оксидов лития-кобальта-никеля-марганца (LiCoO_2 , $\text{Li}(\text{Ni}/\text{Co}/\text{Mn})\text{O}_2$, LiMn_2O_4) или фосфата лития-железа (LiFePO_4) и токопроводящий углерод (для повышения электропроводности). Токоотводом для катода служит алюминиевая фольга. Электрод,

выполняющий функции анода, содержит активный материал в виде графита. Токоотводом для анода служит медная фольга. Возможно применение и других эффективных материалов, поиск которых продолжается.

Укажем основные недостатки литий-ионных аккумуляторов. Во-первых, относительная дороговизна: для их производства необходимы относительно дефицитный литий и дефицитный кобальт, которые характеризуются повышенной стоимостью. Во-вторых, пожаробезопасность, особенно при перезаряде, когда возникает сильный перегрев аккумулятора и рост дендритов металлического лития на аноде, что приводит к коротким замыканиям и взрывной реакции лития с окружающими веществами. В-третьих, как упоминалось выше, литий-ионный аккумулятор не может быстро заряжаться, что весьма необходимо для эффективной рекуперации энергии торможения, а значит, для энергосбережения.

Специалисты Института транспортных систем и технологий НАНУ проводят разработки в области усовершенствования литий-ионных аккумуляторов, что позволит повысить безопасность аккумуляторов и способность к быстрому приему заряда и энергии. Одним из путей достижения этих целей является использование специального сепаратора и применение механоактивации при изготовлении порошковых анодных и катодных материалов, а также прессования указанных материалов для получения анода и катода литий-ионного аккумулятора. Механоактивация, проведенная на помольном устройстве (например, на планетарной мельнице с мелющими металлическими шариками), приводит к измельчению частиц активного материала и к изменению кристаллической структуры последнего. Например, при механоактивации кристаллического графита, применяемого как активный материал анода, происходит формирование областей в графите, которые характеризуются повышенным расстоянием между атомными плоскостями. Это способствует повышению способности анода поглощать и освобождать ионы лития, что положительно

сказывается как на величине емкости аккумулятора, так и на способности быстро принимать заряд. При механоактивации катодного активного материала совместно с графитом возникают следующие положительные эффекты. В кристаллических структурах таких веществ, как оксиды лития-кобальта-никеля-марганца или фосфата лития-железа образуются микродефекты, которые ослабляют механические напряжения в материале, возникающие при интеркаляции и деинтеркаляции ионов лития в материал при работе аккумулятора. Это предотвращает деградацию активного материала. Кроме того, механоактивация приводит к образованию композитов активного материала с углеродом, т.е. на поверхности частиц активного материала формируется тонкий слой из атомов углерода. Это положительно сказывается как на электропроводности активного материала, так и предотвращает агломерацию частиц активного материала. В результате повышается электрическая емкость аккумулятора и способность его быстро заряжаться. Во избежание побочных реакций окисления активного материала механоактивацию нужно проводить в условиях частичного вакуума. Прошедшие механоактивацию активные материалы лучше всего подвергать прессованию для получения электродов, чтобы сохранить позитивный эффект механоактивации в готовых электродах. Использование специального сепаратора в литий-ионном аккумуляторе позволяет предотвратить рост дендритов металлического лития. Для этого сепаратор необходимо использовать многослойным, причем наиболее важным является слой, вплотную примыкающий к аноду. Этот слой изготавливается с пониженной пористостью. Такая мера позволяет снизить до минимума риск воспламенения аккумулятора при перезаряде.

Предварительные испытания литий-ионных ячеек, изготовленных новым способом, показывают перспективность описанных выше разработок. Новые аккумуляторы могут найти применение на электротранспорте: метрополитене, троллейбусах, трамваях, электропоездах, электромобилях и гибридных

автомобілях.

Космический трамвай «Фэтон»

Скосарь В. Ю., Ворошилов А. С.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
skosarslava@gmail.com

The original concept of space transport system was proposed. This space transport includes: an aircraft for spacewalk, which contains elements of a linear electric motor and elements of an internal magnetic levitation system; booster tube for accelerating the aircraft, in which a partial vacuum is created; magnetic levitation systems and tension cable systems for booster tube; lightning conductor systems with energy recovery devices.

Была предложена оригинальная концепция космической транспортной системы. Этот космический транспорт включает в себя: летательный аппарат для выхода в открытый космос, который содержит элементы линейного электродвигателя и элементы внутренней системы магнитной левитации; ускорительная трубка для ускорения самолета, в которой создается частичный вакуум; системы магнитной левитации и натяжные кабельные системы для бустерной трубки; системы молниеотводов с устройствами рекуперации энергии.

Була запропонована оригінальна концепція космічної транспортної системи. Цей космічний транспорт включає в себе: літальний апарат для виходу у відкритий космос, який містить елементи лінійного електродвигуна і елементи внутрішньої системи магнітної левітації; прискорювальна трубка для прискорення літака, в якій створюється частковий вакуум; системи магнітної левітації і натяжні кабельні системи для бустерної трубки; системи блискавковідводів з пристроями рекуперації енергії.

Космический трамвай – это система вывода космических

аппаратов на орбиту. Наша транспортная система может быть поименована, как космический трамвай «Фазтон», поскольку в ней используется энергия молний. В этом смысле наша разработка символически воскрешает мифического героя Фазтона, который погиб от ударов молний. Использование энергии молний и защита от молний остаются актуальными задачами в современной техносфере. Особенно это касается высоких зданий и технических установок, неизбежно сильно вовлеченных в явления атмосферного электричества. Современной науке известно, что грозовые явления могут происходить на высотах от минимальных до 16-18 км. Однако, выше также происходят электрические разряды, так называемые джеты (~15-30 км), спрайты (~50-130 км), эльфы (выше 100 км), которые не только насыщены энергией, но и несут опасность. При разряде обычной молнии выделяется энергия 109–1010 Дж, которая затрачивается на создание ударной волны (гром), нагрев воздуха, электромагнитное излучение, диссипацию в грунте. Величина импульса тока молнии обычно составляет несколько десятков кА, однако иногда может превышать 100 кА. Поэтому, если мы не обеспечим защиту технических установок, подверженных воздействию молний, то они (установки) могут выйти из строя. А люди, которые работают на этих установках, могут стать жертвами. И наоборот, если нам удастся не только защитить от молний техническую установку, но и применить энергию молний, то мы добьемся повышения эффективности технической установки и гарантируем безопасный труд людей.

В качестве основы для усовершенствования нами взята перспективная американская разработка «Космический трамвай» [Patent 6311926 US, Int.Cl. 7 B64F 1/04, Space Tram, Nov.6, 2001], которой заинтересовалась NASA. Космический трамвай включает в свой состав летательный аппарат для выхода в космос, на котором размещены элементы линейного электродвигателя и элементы внутренней системы магнитной левитации. В космический трамвай входит также разгонная труба для разгона летательного аппарата, в которой создан частичный вакуум и размещены элементы

линейного электродвигателя и элементы внутренней системы магнитной левитации. При этом вход в разгонную трубу размещен на земле, а выход из трубы – в стратосфере. Фиксация разгонной трубы в наклонном положении обеспечена за счет внешней системы магнитной левитации, созданной мощными токами в двух контурах, которые состоят из групп сверхпроводящих кабелей. Один такой контур размещен на земле, а другой контур зафиксирован непосредственно над разгонной трубой. Механическая прочность разгонной трубы в условиях ветра обеспечена за счет системы натяжных тросов из прочного, легкого материала. Это удивительное изобретение имеет то преимущество перед современными ракетными технологиями выхода в космос, что оно обеспечивает снижение стоимости вывода на космическую орбиту груза, поскольку не использует большой массы ракетного топлива и окислителя на ракете, тогда как доля полезного груза для ракет довольно мала. Однако, у данной оригинальной разработки есть серьезный недостаток. Это незащищенность установки от электрических разрядов молний, которые могут уничтожить уставку «космический трамвай». Сильное магнитное поле внешней системы магнитной левитации создает препятствие для горизонтального движения грозовых облаков, потому что электрические заряды, которые связаны с элементами облаков (аэрозолями, каплями воды, снежинками, частицами льда), не могут перемещаться перпендикулярно силовым линиям магнитного поля. Поэтому ожидается, что возле установки возникнет повышенная концентрация электрических зарядов в атмосфере, если через район расположения установки проходит грозовой фронт. Концентрированные электрические заряды приведут к разрядам молний, как в землю, так и в верхнюю проводящую часть установки, которая связана с землей. Благодаря взаимодействию заряженных капелек с натяжными тросами возможно создание условий для разряда молнии вблизи натяжного троса, что приведет к его разрушению. Все это создает опасную ситуацию и может даже разрушить установку. Другим недостатком является

неиспользование энергии молний, повышенная концентрация которых указывает на подобную возможность для решения задачи энергосбережения при эксплуатации установки космического трамвая.

Поэтому мы решали задачу усовершенствования космического трамвая и преобразования его в космический трамвай «Фаэтон», который защищен от разрушительного воздействия молний и способен частично использовать их энергию для своей работы. Наша идея заключается в том, что вдоль разгонной трубы с обеих сторон и вблизи каждого натяжного троса на земле мы устанавливаем громоотводы, которые имеют сток электричества в землю. А вдоль второго контура, который зафиксирован непосредственно над разгонной трубой, мы размещаем систему громоотводов, имеющую сток электричества в землю. Причем непосредственно перед местом стока электрического тока в землю на каждом громоотводе размещено устройство утилизации электрической энергии молнии в виде трансформатора, одна обмотка которого размещена на громоотводе, а другая обмотка связана с системой электроснабжения космического трамвая. Поскольку возле установки возникнет повышенная концентрация электрических зарядов в атмосфере, то молнии будут возникать часто. В нашей разработке (как и в Patent 6311926 US) одна часть разгонной трубы проходит вблизи земли, а другая часть разгонной трубы зафиксирована в наклонном положении с достижением стратосферы (~20 км). Поэтому, для защиты первой части космического трамвая от молний вдоль разгонной трубы с обеих сторон на земле размещены громоотводы. А для защиты другой части космического трамвая, где размещена система натяжных тросов, вблизи каждого натяжного троса на земле также размещены громоотводы. Это существенно снизит опасность разрушения натяжных тросов энергией молнии. Кроме того, вдоль второго контура, который зафиксирован непосредственно над разгонной трубой, размещена система громоотводов, имеющая сток электричества в землю. На практике это могут быть электрические

кабели, размещенные сверху, снизу и с двух боков группы сверхпроводящих кабелей второго контура. Причем электрические кабели в месте, где разгонная труба касается земли, имеют сток электричества в землю. Это также существенно снизит опасность разрушения натяжных тросов энергией молнии. Для частичного использования энергии молний непосредственно перед местом стока электричества в землю на каждом громоотводе размещено устройство утилизации электрической энергии молнии. Это устройство сделано в виде трансформатора, одна обмотка которого размещена на громоотводе, а другая обмотка связана с системой электроснабжения космического трамвая. Утилизованную электрическую энергию молний можно использовать для внутренних потребностей космического трамвая.

Наша разработка космический трамвай «Фаэтон», хотя и требует первоначальных капиталовложений, тем не менее, может быть использована для безопасного и экономически выгодного вывода космических аппаратов на орбиту. Это связано с тем, что в данном случае существенно возрастает доля полезного груза, выводимого на орбиту.

Визначення динаміки та міцності несучої конструкції вагона-платформи при веденні вогняної дії двома зенітними установками з нього

Фомін О. В., Ловська А. О., Кічук Я. В., Урум Н. С.

Державний університет інфраструктури та технологій

Український державний університет залізничного транспорту

Дунайський факультет морського та річкового транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

alyonaLovskaya.vagons@gmail.com

The study deals with the dynamic loading and strength of the carrying structure of a flat wagon while transporting military equipment conducting fire. The study deals with the equilibrium stability of a flat

wagon in firing. The strength of the flat wagon's structure was also calculated. The results of the study will encourage engineers to design carrying structures for flat wagons intended for transportation of military equipment while conducting fire in motion.

Проведено определение динамической нагруженности и прочности несущей конструкции вагона-платформы при перевозке военной техники и ведении огневого воздействия. Исследована устойчивость равновесия вагона-платформы при ведении огневого воздействия. Проведен расчет на прочность несущей конструкции вагона-платформы. Результаты проведенных исследований будут способствовать созданию несущих конструкций вагонов-платформ для перевозки военной техники и ведения огня при движении.

Проведено визначення динамічної навантаженості та міцності несучої конструкції вагона-платформи при перевезенні військової техніки та веденні вогняної дії. Досліджено стійкість рівноваги вагона-платформи при веденні вогняної дії. Проведено розрахунок на міцність несучої конструкції вагона-платформи. Результати проведених досліджень сприятимуть створенню несучих конструкцій вагонів-платформ для перевезення військової техніки та ведення вогню при русі.

Натепер перед Україною, як машинобудівною країною з суттєвим транзитним потенціалом та внутрішньою розвинутою транспортною інфраструктурою, гостро стоять виклики економічного, соціального, технічного характеру, а також національної безпеки та оборони. При цьому для залізничної складової, яка відіграє вирішальну роль в розв'язанні проблем транспортної галузі ключовим завданням є створення інноваційних ресурсозберігаючих конструктивів вагонів.

Для підвищення обороноздатності країни важливим є впровадження в експлуатацію спеціалізованих вагонів для перевезення військової техніки. На стадії проектування таких вагонів необхідним є урахування уточнених динамічних навантажень від військової техніки, яка перевозиться та проводить

з них бойову (зокрема вогняну) діяльність.

Найбільш затребуваним вагоном для перевезення військової техніки є вагон-платформа. Для обґрунтування можливості ведення вогняної дії з вагона-платформи проведено визначення його динамічної навантаженості шляхом математичного моделювання. При цьому математична модель враховує переміщення вагона-платформи, завантаженого двома зенітними установками, при коливаннях посмикування, підскакування та галопування. В якості прототипу обрано вагон-платформу моделі 13-401 побудови Дніпродзержинського вагонобудівного заводу. Враховано, що кожна зенітна установка має дульну енергію 89 кДж.

Встановлено, що максимальна величина прискорення складає при цьому близько 36 м/с^2 та майже не залежить від кута пострілу.

Визначено коефіцієнт стійкості вагона-платформи при веденні вогняної дії. Встановлено, що коефіцієнт стійкості має значення близько 8. Отже стійкість рівноваги несучої конструкції вагона-платформи при веденні вогняної дії з нього забезпечується.

Проведено розрахунок на міцність несучої конструкції вагона-платформи при веденні вогняної дії з нього. В якості розрахункового використаний метод скінчених елементів, реалізований в програмному комплексі CosmosWorks. На підставі проведених розрахунків встановлено, що максимальні еквівалентні напруження виникають в зоні розміщення передніх упорів автотягача та складають близько 300 МПа. Тобто значення максимальних еквівалентних напружень не перевищують допустимі. Максимальні переміщення склали близько 3,0 мм. Максимальні деформації дорівнюють $3,96 \cdot 10^{-3}$. Отже здійснювати вогняну дію з зенітних установок при перевезенні залізницею є можливим.

Результати проведених досліджень сприятимуть створенню несучих конструкцій вагонів-платформ для перевезення військової техніки та ведення вогняної дії при русі.

Визначення впливу присадок до палива на параметри роботи двигунів внутрішнього згорання тепловозів в експлуатації

Фалендиш А. П., Клецька О. В., Аулін Д. О., Вихопень І. Р.
Український державний університет залізничного транспорту
Державний університет інфраструктури транспорту
guraao@ukr.net

Analyzed experience of domestic and foreign scientists in the field of determining the influence of the use of additives to petroleum fuels, in particular diesel, on the operation parameters of internal combustion engines. In order to identify the main disadvantages of this process, and the formulation of tasks requiring solutions to address them.

Проанализирован опыт отечественных и зарубежных ученых в области определения влияния использования присадок к нефтяным топливам, в частности дизельным, на параметры работы двигателей внутреннего сгорания. Для того, чтобы выявить основные недостатки этого процесса и сформулировать задачи, требующие решения для их решения.

Проаналізовано досвід вітчизняних і зарубіжних вчених в області визначення впливу використання присадок до нафтових палив, зокрема дизельним, на параметри роботи двигунів внутрішнього згорання. Для того, щоб виявити основні недоліки цього процесу і сформулювати завдання, які потребують вирішення для їх вирішення.

Від якості палива, показники якого регламентуються ДСТУ, в значній мірі залежать економічні, екологічні та ресурсні показники двигунів внутрішнього згорання.

Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості дизельного палива визначаються якістю вуглеводневої сировини, застосованої технології виробництва, властивостями та масою введених до його складу присадок та добавок і визначаються на основі таких

кваліфікаційних ознак, як в'язкість та щільність, низькотемпературні властивості, температура загустіння, хімічна стабільність, корозійна активність, протизносні властивості, здатність до самоспалахування.

Під час виробництва дизельного палива, що являє собою суміш дистилатів (солярового, газойля та керосинового) з продуктами каталітичного та гідрокрекінгу, потрібні властивості дизельного палива отримують за рахунок введення багатофункціональних присадок. Досить активно на даний час науковці займаються дослідженнями по розробці присадок до дизельного палива, які можуть бути використані в процесі експлуатації з метою удосконалення фізико-хімічних властивостей палива та покращення показників роботи дизеля.

Присадки до дизельного палива, та нафтового палива в цілому, являються, як частиною технологічного процесу його виготовлення, так і способом покращення експлуатаційних, екологічних та ергономічних характеристик стандартного палива при його використанні. За більше ніж столітню історію використання присадок до палива, появилось більше 50-и їх типів, та сотні торгових марок й найменувань продукції. Застосування деяких з них вже повністю припинилось, а деякі навпаки досі широко використовуються. Присадки по типу та призначенню можна представити у вигляді масиву,

$T_{прі} = \{T_{пр01}; T_{пр02}; T_{пр03}; T_{пр04}; T_{пр05}; T_{пр06}; T_{пр07}; T_{пр08}; T_{пр09}; T_{пр10}; T_{пр11}\}$,

де $T_{пр01}$ – антидетонаційні присадки (запобігають детонаційному горінню бензинів);

$T_{пр02}$ – цетанопідвищуючі присадки (або промотори спалахування) (використовують для підвищення цетанового числа дизельного палива);

$T_{пр03}$ – антиоксидантні присадки (підвищують окисну стабільність палива, тим самим запобігають утворенню смол та осаду);

$T_{пр04}$ – антидимні (зменшують концентрацію диму в газах

дизельних двигунів, однак мало впливають на викиди інших шкідливих речовин);

Тпр₀₅ – антинагарні (зменшують нагароутворення в камері згорання, на клапанах і розпилювачах форсунок і антисажеві – знижують температуру згорання сажі на поверхні фільтрів);

Тпр₀₆ – антистатичні (покращують запалення дизельних палив, запобігають нагромадженню зарядів статичного струму в паливі);

Тпр₀₇ – біоциди (запобігають псуванню палива мікроорганізмами);

Тпр₀₈ – дисперсори (присадки, здатні регулювати низькотемпературні властивості дизельних палив, і призначені для зниження температури його загустіння);

Тпр₀₉ – диспергатори парафінів (призначені для зниження граничної температури фільтрованості. Застосування композицій депресорів і диспергаторів парафінів в Україні рекомендовано постійно);

Тпр₁₀ – противозносні присадки (вирішуються проблему із погіршенням змащувальних властивостей дизельного палива внаслідок зменшення в ньому рівня вмісту сірки);

Тпр₁₁ – миючі присадки (зменшують утворення відкладень на деталях двигуна, додатково додають противольодові й антикорозійні властивості. Основою роботи є розпушування нагару та лакових відкладень).

Всі вони окрім розподілу за типом та призначенням, відрізняються і за своїми властивостями, у кожної свої характеристики, вплив на ті чи інші параметри, і відповідним є і результат їх застосування. Із-за такого різноманіття виникає задача, яка полягає у виявленні впливу присадок на робочі процеси двигунів внутрішнього згорання в експлуатації, та кінцевий їх результат, тобто ефект від застосування.

Із загального переліку присадок до нафтового палива, для дизельного палива використовують наступні: депресорно-диспергуючі; депресорні; диспергатори парафінів; противозносні; центанопідвищуючі (промотори спалахування); активатори горіння

та багатофункціональні. Як найважливіші з них, можна виділити цетанопідвищуючі присадки та промотори спалахування, вплив яких визначається цетановим числом, та активатори горіння.

Виявити безпосередній вплив цих присадок досить складне завдання, і зробити це можливо лише в лабораторних умовах експериментальним шляхом. Тоді як, на практиці в експлуатації майже не можливо. Сучасні присадки до палива характеризуються декількома призначеннями, що можна виразити масивом Тпрі.

Використання багатофункціональних пакетів присадок, які контролюють утворення відкладень у паливній системі двигуна, – загальносвітова тенденція. Науковці галузевої науково-дослідної лабораторії «Підвищення паливно-експлуатаційної економічності та покращення екологічних показників дизельної тяги» співпрацюють з нідерландською компанією Cyclone Europe BV щодо можливості використання продукції даної компанії, а саме компоненту для дизельного пального DFC 2020, на підприємствах як промислового транспорту так і залізничного транспорту України. Як показали лабораторні дослідження нідерландської компанії, DFC 2020 має економічний ефект і зменшує викиди забруднюючих речовин, що є досить актуальним в питаннях екологічної безпеки, тому даний компонент досить широко використовується в європейських країнах. Стосовно можливості використання даного компоненту на підприємствах України можливо буде сказати після завершення всіх досліджень, які зараз тривають.

Energy efficiency of heat tests for traction electric machines

Afanasov A. M., Shapovalov O. S., Holik S. N., Arpul S. V.,
Bilukhin D. S.

Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan
shapovalov93as@gmail.com

The article discusses one of the options to reduce the electricity

consumption for the carry out acceptance of post-repair tests of traction electric machines. Heating tests of traction electric machines at the mutual load stand are the most energy-intensive part of the entire test program. Energy consumption for this type of test can be reduced, for this, an analysis of thermal processes in the windings of traction electric machines during their heating test was given. The energy efficiency coefficient of the mutual load system is formulated. The energy efficiency coefficient for the traction electric machine NB-406 is calculated. The calculation results showed that with an increase in the test current by 30%, the total losses in the motor windings decrease by about one and a half times, while the test time decreases by almost three times. An increase in test current and a decrease in test time do not reduce the quality of the test, and the results obtained. A methodology for assessing the energy efficiency of heating tests is proposed. It can be applied at test sites of depots, as well as repair plants. This will reduce the material costs of testing, without compromising the quality of the tests themselves.

Railway digital transformation strategy

Avramović Z. Ž., Marinković D. M., Šikanjić N.

Pan-European University APEIRON, Banja Luka, Republic Srpska,
Bosnia and Herzegovina
zoran.z.avramovic@apeiron-edu.eu

Abstract – The concept of the digital railway is defined in the European Initiatives, which started in 2016. The basis for this technical development and improvement plan is the Shift²Rail and the Roadmap for Digital Railways, presented by the Community of European Railways and Infrastructure Managers (CER), the International Rail Transport Committee (CIT), the association of European Rail Infrastructure Managers (EIM), and the International Union of Railways (UIC).

Keywords – automatic train operations, digital railway, digital transformation strategy, ETCS.

1. Introduction

There are more options for modernizing the railways using digital technologies in train management. In the context of digitization, train management involves automated traffic management (including support for decision-making and train speed regulation), signal transmission to the machine driver's cab (European Train Control System - ECTS), Automated train operations (ATO), related advisory systems (CDAS), and appropriate supporting telecommunication network.

This Digital Railway Strategy is a key part of goal to transform how trains are run by bringing in digital solutions for a digital age. The introduction of digital solutions will increasingly be the focus of modern and future efficient railways. It will improve connectivity and help people move faster and safer. The current traditional signaling infrastructure is gradually becoming history with increasing security risks and possible delays.

2. State and development concepts

Digital transformation involves a consolidation of digital technologies and a company's business processes which, increasing the value to the company's proposition and its market position causes a digital disruption in the competitors.

Digital technologies, such as the transmission of signal signs to the cab of the machine operator and intelligent railway traffic management systems, are becoming more and more important in raising the capacity of the existing rail network, and in particular to meet the prospective growth needs.

The European Railways have made a number of recommendations based on the transport needs and possibilities of the modern industry in the area of signaling and management of rail traffic with the aim of introducing digital signalization and operational technology.

The recommendations were based on the conclusion that improvements in signaling and traffic control technology are needed to expand the network of railroads of the highest class. The idea is to speed up the development of the European Train Control System (ETCS), as

well as traffic management software and driver support.

The introduction of digital signaling technology suggests a greater dependence on a reliable mobile network. This initiates the need to build a SWIFT (Superfast Wi-Fi In Carriage for Future Travel) project, which will be a good example of a harmonized partnership in technology, railways and mobile networks.

The SWIFT project is designed to provide free Wi-Fi services for travelers through a dedicated infrastructure installed along the railway network. It will be used by existing Network Rail Telecoms networks to provide good connectivity and speed for the user.

Table 1. Global trend of information development

Research and innovative solutions under development	IPID 2020	EU White Paper	Shift 2Rail	US FRA Strategic Plan
Increased safety based on intelligent systems	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Reduction of risks related to the human factor	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
Increased business efficiency and streamlining of logistics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Development of multimodal transportation	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Harmonization of service-related requirements. "One stop"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Development of virtual and cloud-based client services	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Computerization and digitalization of traffic management processes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
High-speed traffic development	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
New rolling stock	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Increased energy efficiency	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
New power plants. New types of energy resources	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Focus on rational environmental management	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Infrastructure development	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Unmanned technologies	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

*IPID – Investment Projects Implementation Department

Projects for the introduction of digital signalization and management technology should be jointly developed by the owners of the railway infrastructure in partnership with the appropriate companies for the transport of passengers and goods.

3. Development rights

Digital Rail is itself an integral set of technologies between railroad and train. Therefore, the topic requires cross-sectoral approach, which is reflected in the competent team for cross-sectoral development of the digital railway, its users and management.

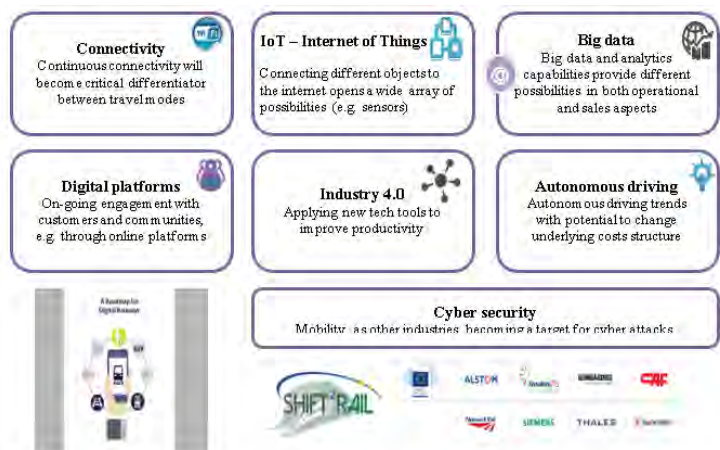


Figure 1 – Today challenges. Tomorrow opportunities

4. Digital Railway Architecture

The four levers of Digital Transformation based on research on key sectors, are: digital data, connectivity, automation and digital customer access.

The progressing digitalisation effects the tightening of competition between companies using more traditional business models and those embracing the newly-emerged ones, which offer:

- multi-products/services
- connected products

- embedded services
- shared products/services.

Products and services are offered via Omni-channels.

Digital economy assumes a conversion of traditional ways of a business's market operations and the emphasis on particular components of the added value. Following research, digital business models can be grouped into three categories:

- cost value
- experience value
- platform value,

with a growing importance of the latter.

Challenges to a new implementation model are:

- All trains need to be fitted with ETCS: significant reduction in Infrastructure Costs could allow Railway Undertakings to be compensated (Legal/Commercial Challenges).
- High Cost of Train fitments: simplified and harmonised infrastructure can reduce legacy complexity of onboard systems and authorisation costs (technical and operational challenge).
- Harmonisation and simplification of signalling principles and operational rules: agreement required on key elements (Reliability, Availability, Maintainability & Safety Targets; Degraded Mode operations including degraded mode speeds; System Architecture – including safety integrity levels to support normal and degrade mode operations).

The control system architecture makes integrated process model:

- Railway development strategy
- Key performance indicators
- Objective tree
- Consolidated service catalogue
- Organization structure.



Figure 2 – Digital Railway Architecture

The process and IT architecture (holistic approach to system integration) is:

- Single architecture management principles
- Standardized IT infrastructure
- General safety requirements.

5. Development strategy

The digitalisation of the railways emphasizes the current global trend of adopting digital technologies and processes, including the deep penetration of digital technologies in the transport sector. It is also expected to take advantage of the significant experience of the European railway sector for innovative development.

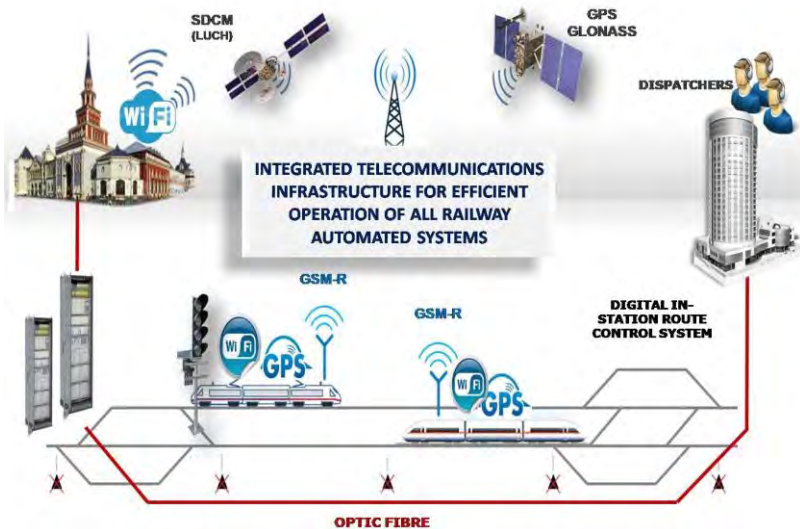


Figure 3 – Integrated Telecommunications

SDCM – System for Differential Corrections and Monitoring(component of GLONASS) Luch – family satellites

Although it has the potential to be a driver of the game for the rail industry, digitization is not an end in itself. It provides unique tools to increase the efficiency of rail transport that can stimulate the transition to a new level of industry development.

For example, the widespread use of next-generation low-pass wireless networks, such as LoRa, as well as the enormous processing capability offered by cloud-based technologies, can open the way for the development of an integrated technology platform that supports decision making for all industrial processes. (LoRa – Low power Radio technology – wireless RF technology used in WAN for M2M and IoT applications thanks to low power consumption and secure data transmission).

In an effort to maintain the achieved market share while ensuring continued sustainable development, European railways have developed their own innovative development plans for the immediate prospective

period.

These plans envisage the widespread use of digital technologies in all company business, including fleet and infrastructure monitoring, communications, traffic management and trains management.

At the heart of today's transition, new digital business data is based on data based on the automation of data collection from specific work parameters and industrial processes.

In the rail context, this implies the development and improvement of digital or virtual images of objects and processes. Digital images help solve the whole spectrum of problems.

For example, analyzing and simulating the behavior of a digital image of a device, which is made using information collected by specialized monitoring and diagnostic sensors throughout the device's lifecycle, provides access to accurate information about vital device parameters, such as: work safety, resilience/robustness and longevity.

6. Practical solutions

The concept of a digital railway is inevitably linked to fully automatic trains without a driver. So-called smart locomotives and smart trains are considered to be the future of rolling stock, and many railways are actively developing this technology, along with prototypes that already pass tests on some test pieces.

In several world examples, the operation of automatically guided locomotives has been successfully tested at marshalling yards.

Here, the speed of the track is controlled via a digital radio block with continuous automatic monitoring of their location using GPS / Glonass satellite navigation with differential correction. The purpose of this project is to develop a procedure for the simultaneous control of several shunting units from one remote workstation.

Another innovative solution, developed for positioning trains, is the use of monitoring of vibration acoustic paths. In this system, train presence detection is based on an optical sensor for identifying precise coordinate positioning of trains on open lines between stations.

This technique requires the conversion of the backup fiber into an

optical cable into a spatially distributed sensor, which works on the basis of determining changes in signal reflection from the cable while the train passes along the line. This is done using a measuring gauge located on the periphery with the differences between the reflecting branches that provide an accurate measurement of the position of a particular vehicle. The system permits the monitoring of the vehicle fleet within 40 km of the gauge – reflectors and locations of the central computer unit with a positioning accuracy not less than 15 m.

The techniques that work in accordance with the concept of the Industrial Internet of Things (IIoT), which is increasingly accepted throughout the rail world, have greatly applied. Today, a large number of technical and technological solutions at the IIoT base go through tests on various parts and objects of the world rail network.

Railways today are considering and testing other low-voltage wireless communication solutions. It also tests and uses a wide range of applications that use wireless sensors to collect information and realize remote transmission in the rail environment as part of the IIoT concept. Promising results of wireless sensors for automation systems for railways, such as signals, relay groups and cabinets, tracking equipment and overheating detection systems, are expected.

All information pertaining to the operation of the railway facilities collected by the distributed sensor network is transmitted to the appropriate automated control systems of the railways that are connected to a reliable corporate communications network.

A special feature of the selected IIoT concept is the deep vertical and horizontal integration of automated industrial control systems. European railways have developed RDBMS as a platform for the integration of all automated traffic management systems. The platform is complemented daily and perfected by passing through the concepts based on a multi-agent approach. This improvement relies on the principles of artificial intelligence, developed to integrate and process large amounts of data from traffic processes. This may include the current status of signaling systems, speed and weight of trains, location of locomotives, trains, cars, speed limits per line sections, as well as the technical condition of rolling

stock and automation devices.

The RDBMS project assumes that the fleet acts as a sensor. It should be noted that its source is seen in the first solutions in the world based on equipping the fleet with a train protection system integrated with GPS / Glonass satellite receivers, which are able to transmit the position of the train and other data through the radio link to the traffic control center.

In addition, the latest generation of EMU solutions, such as Lastochka and Sapsan [5], are equipped with special information and measurement systems for diagnostics and monitoring, which provide complete automatic control over the state of the infrastructure during everyday tasks.

This includes LoRa, which provides guaranteed wireless communication channels in a range of 15 km in poorly populated and 5 km in densely developed urban areas. It has been proven that the LoRa-based communication network has sufficient robustness at a high level of interference and an unfavorable electromagnetic environment.

Reliable information about the state of the railway infrastructure and facilities is one of the key components of intelligent data processing and analysis systems. This also implies the development and implementation of decision support solutions at the highest level.

7. New access to diagnostics and monitoring

New equipment for diagnostics and monitoring of accessories is installed on the existing fleet without overlapping with the existing classical equipment.

Diagnostic activities do not interfere with the traffic process, and at the same time provide high frequency traffic monitoring of high speed trains.

Diagnostics of the condition is carried out without interruption of the work of the rolling stock, the railway infrastructure and the contact line.

Full automation of all control equipment for diagnostics, measurement, processing and monitoring has been realized (does not require presence of operator).

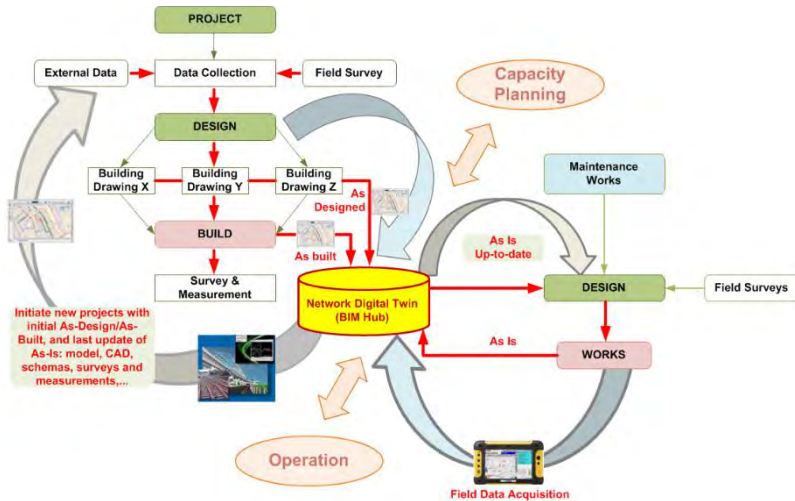


Figure 4 – UIC RailTopoModel (RTML)

Diagnostics makes it easier to apply a new approach to maintenance of rail infrastructure and rolling stock based on the collected data. In addition, various wireless sensors installed on a fleet, which include a wide range of digital subsystems, including acoustic sensors and technical modes, can be supplemented by fixed, integrated inspection stations. As a result, the technology not only identifies the wear or critical state of the components, units and plants, but also provides a supported forecast of equipment deterioration, as well as full information when deciding on the allocation of maintenance activities.

A high-quality, modern diagnostic hardware-software platform has already implemented some, but also all, following features, based on the automation of data collection and application:

- automation of the initial processing of statistical data on railway infrastructure and the failures of the equipment of the vehicle fleet,
- identification of quantitative values of operational reliability and safety indicators of infrastructure objects,
- quantitative assessment of infrastructure and service activities

that are the subject of failure and organization of maintenance and operation of infrastructure facilities,

- monitoring, comparing and supporting the activities of associated business units based on operational reliability and safety indicators
- assessment of compliance of real performance indicators and work safety within standard norms,
- preparation of estimated data to support recommendations for risk reduction,
- identification of vulnerable objects based on risk assessment,
- drafting work plans for the maintenance of infrastructure and rolling stock and
- preparing investments in projects for those railway facilities that are the biggest problem.

8. Conclusion

Real-time rail traffic management will reduce disruptions, increase safety, improve reliability and enable a better response to new passenger demands.

Digital transformation fares beyond the digitation of data and processes. Instead, it involves an ongoing adaptation to changes in a turbulent environment. This creates both opportunities and threats for any industry, not less the rail industry.

The challenge to be addressed in the coming years is not only a switch from electromechanical to electronic devices followed by a switch to digital components, the implementation of fully automated systems based on standard interfaces and safety certification, but first and foremost, a general change of the mindset to one allowing for sharing of resources, consolidation of business solutions and the creation of new value of rail services both within and outside rail ecosystems.

It should be noted that in a large number of applications on the rail network traditionally used track circuits, as a basic element of railway automation and telemechanics. With them, we detect the presence of a moving structure on some part of the track and the whole of the rail.

Although still a very reliable element, its improvement is being investigated. Today, the rail power circuit serves as the primary channel for transmitting information on signal aspects and the allowed speed of the train.

In any case, the concept of a multilayer security system is being promoted today in the world. It is intended that the entire railway territory is fully covered by the digital generation of the latest generation. Slowly GSM-R becomes an outdated solution with its known limitations.

In summary, the Digital Railway Strategy outlines the opportunity for digital train and operational control technologies to address industry challenges relating to affordability and asset sustainability, safety, capacity and performance.

References:

- [1] Avramović Ž. Zoran, Marinković M. Dražen, Lastrić T. Igor, Digitalization of Railways – ICT Approach to the Development of Automation, JITA – Journal of Information Technology and Applications Banja Luka, Pan-European University APEIRON, Banja Luka, Republic Srpska, Bosnia and Herzegovina, JITA 9(2019) 1:17-23, Vol. 9, Number 1, Banja Luka, June 2019 (1-48)
- [2] ARCADIS (Simon Rawlinson, Chris Pike, Marc Starmans), Digital Railway, October 2017
- [3] Баранов Леонид Аврамович, Централизованная интеллектуальная система автоматического управления движением поездов на линиях городских железных дорог, как составляющая процесса цифровизации, 12th International Conference, Safety and Security Systems on Transport, Slovenia, 11-13 April 2019
- [4] CER, CIT, EIM, UIC (2016). A Roadmap for Digital Railways, <http://www.cer.be/sites/default/files/publication/A%20Roadmap%20for%20Digital%20Railways.pdf> (January 7, 2020).
- [5] Department for Transport, Ministerial Group (2016), Digital Railway, www.gov.uk/dft (January 7, 2020)
- [6] Digital Rail 2019, (2nd Annual Digital Rail Summit), Enhancing Service Reliability And Transforming Customer Experience Through Digitally Enabled And Connected Rail Networks, Sydney, August 26-28, 2019
- [7] Ozerov Alexey Valeryevich (2017), Digital Technologies for Railways, X International Conference "Traffic Safety Systems", 20-23. April 2017, Ljubljana, Slovenia, collection of works on CD, JSC NIIAS, Moscow, Russia, www.vniias.ru (January 7, 2020)
- [8] Eisele K. Launching the Digital Europe programme, initial appraisal of a European

- Commission impact assessment, EPRS, European Parliament, October 2018.
- [9] Friend Matej (2017), Digitalization of operational communications on Railways, X International Conference "Traffic Safety Systems", 20-23. April 2017, Ljubljana, Slovenia, collection of works on CD, IskraUralTEL, Yekaterinburg, Russia, www.iskrauraltel.ru (January 7, 2020)
- [10] Joint Rail Sector Declaration on Digitalisation of Railways, http://www.cer.be/sites/default/files/publication/171109_Joint_Rail_Sector_Declaration_on_Digitalisation_of_Railways.pdf (January 7, 2020).
- [11] Rozenberg Efim Naumovich, Ozerov Alexey Valeryevich (2017), Wide-reaching program of "digitalization" its Russian Railways network, IX international scientific-expert meeting "Information technologies for e-education - ITeO 2017", Pan-European University APEIRON, Banja Luka, Republic Srpska, BiH, 29-30. September 2017, a collection of works on CD, pages 141-147, (published as a whole) (ISBN 978-99976-34-13-9), (COBISS.RS-ID 6139416).
- [12] Rozenberg Efim Naumovich (2017), New Digital Technologies for Railways, X International Conference "Traffic Safety Systems", 20-23. April 2017, Ljubljana, Slovenia, collection of works on CD, JSC NIIAS, Moscow, Russia, www.vniias.ru (January 7, 2020)
- [13] Rozenberg Efim Naumovich (2017), Цифровая железная дорога: современные задачи развития автоматизации, X International Conference "Traffic Safety Systems", 20-23. April 2017, Ljubljana, Slovenia, collection of works on CD, JSC NIIAS, Moscow, Russia, www.vniias.ru (January 7, 2020)
- [14] Szczepański M., Digital Europe programme: Funding digital transformation beyond 2020, EPRS, European Parliament, February 2019.
- [15] UIC – International Union of Railways, High Speed Rail – Fast Track to Sustainable Mobility, Passenger Department, (author Michel Leboeuf), ISBN 978-2-7461-2700-5, may 2018

Modernization of the buffer beam of PE2U traction unit electric locomotive

Bannikov D., Radkevich A., Muntian A.

Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan
bdo2020@yahoo.com

The article presents the main results of a theoretical study on the analysis of the stress-strain state of the construction of the buffer bar of the electric locomotive for the control of the traction unit PE2U. The

estimation of the possibility and effectiveness of attachment on the front wall of the buffer beam of a special securing bracket was considered as a separate task. In both cases, the finite element method based on the SCAD for Windows computing system was used. As a result, it was found that in general, the design of the buffer beam does not meet the requirements of the current standards. Up to 5 zones of high stress concentration are present in the structure, which, given the long service life of the machines (up to 40-50 years), are potential places for the development of fatigue damage. In order to balance the stress level, we recommended to strengthen the contact zone of the supports under the automatic coupling with the system of horizontal truss plates. The additional recommendation is to reinforce the lower sheet of the buffer beam structure up to and including its replacement by a sheet of greater thickness. Attachment to the front wall of the buffer beam of a special securing bracket for holding in emergency mode the coupling of the locomotive-car is possible provided that this zone is strengthened by the system of additional truss plates. The total increase in the mass of the buffer beam reaches 350 kg (25% of the original weight of the buffer beam structure).

Ways to improve the mathematical model of a freight car for the execution of forensic railway-transport expertises

Batig A., Kuzyshyn A., Sobolevska J., Milyanych A., Hrytsyshyn P.

Lviv Research Institute of Forensic Expertise

Lviv branch of Dnipro National University of Railway Transport named
after Academician V. Lazaryan

Western center of the Ukrainian branch of the World laboratory

batigasha1992@gmail.com

According to statistics, receipts of forensic railway-transport expertises related to the derailment of freight wagons annually grows. At the same time, an analysis of the available mathematical models of freight wagons for the study of such cases showed that at present they are not

sufficiently detailed to the extent that it is necessary to analyze the causes of rolling stock derailment. Therefore, taking into account the main reasons that occurrence of such railway accidents over the last five years on the railways of Ukraine, the article selects the main directions for improving the mathematical model of a freight wagon. These directions, in turn, should cover the whole plural of factors (explicit and hidden) and identify the most significant ones regarding the circumstances of the derailment rolling stock off the track, established on the basis of a computer experiment. An algorithm and a mathematical model are proposed taken into account the influence on the dynamics of the wagon of process of closing gaps in the axle-boxes and slides, and the equations of motion of the wheelset are supplemented by a guiding force, whose value is one of the main indicators of the stability of the rolling stock.

Selected legal and technical issues in the research on cooperation of ERTMS/ETCS on-board equipment with trackside equipment in Poland

Białoń A., Furman J.
Railway Research Institute, Poland
jfurman@ikolej.pl

The competitiveness of the rail system, especially in passenger and freight transportation, is currently limited because of differences between Member States in terms of rolling stock, technology, signaling systems and safety provisions. EU directives implement common standards for signaling and control systems, telematics systems for the transport of people and goods, the operation and management of rolling stock for international transport and the qualifications of personnel. The system that provides special benefits in the field of rail traffic management in Europe is the ERTMS system. The article presents selected legal and technical issues related to checking the integration of the on-board subsystem and track-side subsystem ERTMS/ETCS in Poland.

Tests on the compliance of the control subsystem - on-board

equipment with trackside ERTMS / ETCS infrastructure is an important element of the approval of railway vehicles. These studies provide evidence of IOP compliance of vehicles with the railway infrastructure in Poland. In addition, testing of vehicles approved on other EU railways makes it possible to verify the principles adopted in Poland for the design of the trackside ccs subsystem. Research scenarios should be updated and supplemented with current research experience. In the future, the experience of researchers in various Member States will allow the development of harmonized test scenarios for the cooperation of ERTMS / ETCS on-board equipment with trackside equipment in the EU.

Formulation of the mathematical model for the planning system in the carriage of dangerous goods by rail

Bibik S., Strelko O., Nesterenko H., Muzykin M., Kuzmenko A.
Dnipro National University of Railway Transport named after
academician V. Lazaryan
State University of Infrastructure and Technology
University of Customs and Finance
galinamuzykina@rambler.ru, mihailmuzykin@gmail.com,
alia1971@i.ua

The paper aims to the topical issue of improving the system in the planning of carriage of dangerous goods by rail subject to ensuring a high level of safety of the transport process and minimal costs for its implementation. Formalization of this process leads to the formation of an optimization task of the two-stage mathematical model. To implement the first stage, a mathematical model in searching the best route based on risk minimization is developed. In order to exclude the unacceptably complex and expensive options for the carriage of dangerous goods from the many possible routes, the authors abided by the condition not to exceed the critical operating costs. The second stage in the process of planning routes for dangerous goods takes into account the hazard identification study in the technological process of car movement with

dangerous goods. Considering that the probability of a potential traffic accident is a complex random variable, which is due to a set of elementary previously unknown events, its estimation was made on the basis of the Bayesian approach. Based on the simulation results, the following reliability values are determined at which a transport accident should not emerge.

Barrier installation on coal wagon to reduce environment pollution

Biliaiev M. M., Biliaieva V. V., Kozachyna V. A., Berlov O. V.,
Oladipo M. O., Kirichenko P. S.

Dnipro National University of Railway Transport named after
academician V. Lazaryan

Oles Honchar Dnipro National University

Prydniprovsk State academy of Civil Engineering and Architecture

GeoLab Drilling, Winder, USA

Kryvyi Rih National University

diit.hydro.eco@gmail.com

Intensive environment pollution takes place during coal transportation in open wagons. Emission of coal dust from the coal wagons cause contamination of atmosphere and territory adjacent to the railway track. Different ways to reduce coal dust emission from the wagon are used in the world. Unfortunately, in Ukraine, this problem is far from solution and there is no serious research work in this field. The aim of this work was laboratory study of coal dust emission from the wagon model which had different barriers installed on the wagon. Laboratory experiments were carried for coal wagon without barrier and for coal wagon which had barriers of two types. Barrier of the first type had downwind wing. Barrier of the second type had upwind wing. The contamination zones, concentration near the model were studied. The obtained results illustrate that installation of barriers influence intensity of transport corridor contamination. Also a numerical model was

developed to estimate wind flow and coal dust dispersion from the coal wagon. Equation of potential flow and equation of coal dust dispersion were used. Implicit difference schemes of splitting were used for numerical simulation of governing equations. Results of numerical experiment, which were performed, are presented.

Simulation of environmental pollution from diesel locomotive

Biliaiev M. M., Kirichenko P. S., Kozachyna V. A., Berlov O. V.,
Poltoratska V. M., Yakubovska Z. M.

Dnipro National University of Railway Transport named after
academician V. Lazaryan

Kyryvi Rih National University

Prydniprovsk State academy of Civil Engineering and Architecture

Ukrainian State University of Chemical Technology

diit.hydro.eco@gmail.com

Diesel locomotives are widely used at Ukrainian railway stations as maneuvering locomotives. Emissions from these diesel locomotives contain different toxic chemicals. It is important to understand air contamination patterns which are formed at railway stations. Understanding of these contamination patterns allows to evaluate the negative impact of diesel locomotive emissions on environment. To solve this problem it is necessary to use mathematical models which take into account the most important factors influencing formation of contamination zones. This paper introduces numerical model which allows to simulate pollutants dispersion from moving diesel locomotive. Developed numerical model is based on three dimensional equation of potential flow and three dimensional equation of pollutant dispersion. The model takes into account pollutants (NO , NO_2) chemical transformation. To solve three dimensional equation of potential flow the implicit difference scheme of splitting was used. To solve three dimensional equation of pollutant dispersion the implicit difference scheme of splitting was used. Euler method was used to solve numerically

equations of pollutant chemical transformation. Developed numerical model allows to take into account influence of buildings at the railway station on the contamination zones formation. Developed model consumes not much computer time. Results of performed numerical experiment are presented.

Higher efficiency of control over functional status of locomotive crew members

Brusentsov V., Puzyr V., Vorozhbiiian M., Ivashchenko M., Datsun Yu.
Ukrainian State University of Railway Transport
National University of Urban Economy in Kharkiv
Maryna.Ivashchenko@kname.edu.ua

The objective of the study is research into psycho-physiological methods of control over the functional status of a person for higher efficiency of a pre-trip control of locomotive crew members. It is related to the fact that today's medical methods do not reveal some states which decrease a functional reliability level, particularly, a fatigue level and borderline states. The authors selected parameters which, according to the functional system theory, give information on conditions of two regulation levels in the human body, physiological and higher nervous activity, and correspond to the formulated requirements in terms of the procedure. The study experimentally proved the informative value of 27 psycho-physiological parameters for estimation of exhaustion and borderline states. For a state of exhaustion the hemodynamic parameters, including those of arrhythmia, both sinus and slow waves, were of the most informative value. The study revealed the parameter of arterial pressure pulse, the value of which in the post-trip group decreased by 25%. While identifying existence of borderline states by sinus arrhythmia parameters, it turned out that much more people with borderline states were in the exhaustion zone, rather than in the control group (42% and 16% respectively).

Optimal Control Method of High-Voltage Frequency Converters with Damaged Cells

Busher V., Chornyi O., Glazeva O., Kuznetsov V. G. , Tytiuk V.,
Tryputen M.

National University “Odessa Maritime Academy”

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

Railway Research Institute

Kyryvi Rih National University

Dnipro University of Technology

victor.v.bousher@gmail.com, alekseii.chornyi@gmail.com,

VKuznetsov@ikolej.pl, dinalt2006@gmail.com,

nikolay.triputen@gmail.com

Application of high-voltage frequency converters is one of the most prospective trends in the development of current powerful electric drives, i.e. in high-speed trains. In terms of such converters, a multilevel cascaded H-bridge converter is becoming the most widespread one owing to its increased reliability, survival in terms of one or more damaged cells, and quick repairability due to its modular structure. The research proposes a control method, which provides maximum possible linear voltage in case of one or several damaged cells owing to the shift of zero point and turning of phase voltages. It is also demonstrated how turning angles of phase voltages should be set to preserve spatial position of the linear voltage vectors which provides the least complicated electromagnetic transients in terms of nominal rotation frequency; in case of underfrequencies, damage of the cells may have no effect on the motor operation. Fast algorithm to calculate turning points of phase voltages is proposed; the algorithm may be applied in the industrial microprocessor control systems. Algorithm of the operations, which provides implementation of the method, is described.

A new method to create of the plane section standards of grain metal structures

Danilenko T.

State University of Infrastructure and Technologies

danilenko.stereo.7@gmail.com

A new method to create of the plane section standards of grain metal structures with a previously known size distribution of 3D grains is proposed. A quantitative analysis of G3, G4, G5 indices of the standard ISO 643:2012 was performed. The stereological modeling method taking into account the polyhedral shape of 3D grains was used to create new versions of plane section standards. Versions of 3D grains structures as the diameter size distributions of 3D grains, plane sections of which correspond to the main quantitative characteristics of existing G3, G4, G5 indices have been created. It was shown that these versions should contain 3D grain more than 1.5 times the mean diameter of the corresponding plane sections. Choosing the diameter size distributions of 3D grains, necessary for the standard, its possible to create a visual index as a picture, as it done on the existing standard, and also to give the parameters of 3D structure, plane section of which corresponds to this standard. Using a new approach to creating standards will increase the accuracy of the grain structure parameters determining.

The results of brake tests of the DPKr-3 diesel train

Dovhaniuk S., Shaposhnyk V., Shykunov O., Shatunov A.,
Visloguzov V.

Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan

dovganyuk@ukr.net

JSC "Ukrzaliznytsia" purchased the first of three planned regional three-car (two main motor cars and one intermediate) diesel train DPKr-

3 manufactured by PJSC “Kryukovsky railway car building works”. To confirm the declared characteristics and safety indicators of the DPKr-3 diesel train, specialists department of Cars of Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan conducted complex certification tests, which confirmed the compliance of the stated parameters. One of the points of the Terms of Reference was to determine the brake pressure of the linings per 100 weight of the train in terms of cast iron brake pads. For this purpose, according to the methodology adopted in the territory of the former CIS, force sensors, which were installed in the tick mechanisms instead of the brake linings, measured the magnitudes of the forces of pressing the brake linings on the disks. However, during the tests it was found out that the current standards for calculating the provision of train brakes cannot be applied to modern rolling stock. It is recommended for rolling stock where the use of brake pads, and even more cast iron, is not provided by the design, to develop normative documents that would determine the standards for brakes by the results of calculations and tests.

Study of strength characteristics of the long wheelbase flat cars

Fedosov-Nikonov D. V., Sulym A. O., Ilchyshyn V. V., Safronov
O. M., Kelrikh M. B.

State enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research
Institute"

State University of infrastructure and technologies
sulim1.ua@gmail.com

Transportation of goods in large containers with loading length of 80 feet is one of the promising directions of railway transport development. However, despite considerable experience in construction of long-wheelbase flat cars, occasionally problems with the strength of load-bearing elements arise at the calculation, design and manufacture of such products. The article presents the technical characteristics of a long wheelbase flat car, as well as the results of experimental studies of fatigue

tests of its load-bearing elements. The optimization of the design of the long wheelbase flat car was achieved both by increasing the sizes and shapes, and by using materials of increased strength. An analysis of the study's results of an improved design showed the compliance of the values of the safety factor of fatigue strength and the service life of the flat car with regulatory and technical documentation. The conducted studies allow us to make recommendations regarding the design, rebuilding and testing of long wheelbase flat cars. The primary results of fatigue tests of the main load-bearing structural elements within the scope of experimental studies turned out to be mostly below acceptable values. This article contains facts confirming it. The results of experimental studies to determine the fatigue strength proved that the design elements require improvement and strengthening.

Technology of soil compaction of the base of the track with vibrating static machines of blocking action

Hlavatskyi K., Cherkudinov V., Posmitiukha O.

Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan

kazimir.glavatskij@gmail.com, volodymyrcherkudinov@gmail.com,
AleksandrP@3g.ua

The directions of combination of working bodies in the existing soil compactors and machines of the new generation and the technologies of their application for productive and effective soil compaction of the lower track structure, soil structures of roads and other construction objects are given. The basis of the research is the principle of accelerated soil compaction due to the creation on the surface of the contact with the working bodies of the sealing machines pressure, which exceeds the limit of plasticity of the soil and at the same time limiting the slipping of the sides from under the working sealing surface. It is proposed that the working sealing surface modular type that can change its profile depending on the technological requirements. Further research is aimed

at creating the required profile of the working body based on the desired compaction core and the structural formula of the working body of the soil compactor. In this case, replacing the elements in the working bodies with the corresponding mathematical models, we obtain a common mathematical model of the working body of the soil compactor, as well as the profile of its working body, based on the specified energy consumption and technological requirements.

Energy-efficient excavation of the soil of the lower track structure by bulldozers with a combined knife system

Hlavatskyi K., Raksha S., Gorbenko Y.
Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan
kazimir.glavatskij@gmail.com, raksha@ukr.net,
yuriygorbenko1984@gmail.com

The motivation of the research and further development of the new type combined knife system on the non-return bulldozer blade and the results of the first series of laboratory studies of the process of digging the soil with the non-return blade of the bulldozer with the first set of its physical models, which indicate the feasibility of continuing research in this direction. The proposed combined knife system makes it possible to realize oblique digging of the soil on the non-return blade of the bulldozer and maximally complete its orientation in the prism of the soil before the blade in order to increase the productivity of the bulldozer with non-return blade by decreasing soil losses in the side rollers, decreasing the time of filling and digging the soil by decreasing the coefficient of specific soil resistance to digging. The paper substantiates the technology of more efficient use of bulldozers with non-return blade compared to their traditional counterparts, which is possible due to the use of the new combined knife system, and argues in favor of expanding the technological capabilities of the bulldozer with non-return blade,

equipped with the proposed solutions new type with different digging angles and a spatial inclination of the cutting edges.

Methods and results of evaluating the dual-power electric train crew elements service life

Horobets V., Sablin O., Fedorov E., Horobets E., Bolotov O. O.,
Jangulova O.

Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan
SPA «SPI Ukrtransacad»
vgor5650@gmail.com

The article assesses the long-term strength of the vibration damper assembly of a double power transmission of electric trains manufactured by «Hyundai-Rotem Company». The technique is described and the analysis of the service life of the elements of the chassis of the electric train is made. The presence and nature of micro cracks in the loaded elements of the vibration damper assembly was evaluated after a full cycle of vibration bench tests. The influence of vertical vibrations of the electric train body on the level of dynamic load and the service life of the bearing elements of the vibration damper assembly is considered. The service life of the vibration damper at the end of the service life has been estimated by comparing working hours and “statistical playback”. The calculation of the resource by the method of "statistical reproduction" confirms the possibility of operating the vibration damping module (second modernization) for 50 years from the date of construction.

Study of the interaction of the railway track and the rolling stock under conditions of accelerated movement

Hubar O., Markul R., Tiutkin O., Andrieiev V., Arbutov M.,
Kovalchuk O.

Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan

Laboratory of Engineering and Technical Studies, Dniprovsky Scientific
Research Institute of Forensic Expertise

Laboratory of Railway Transport Research, Lviv Research Institute of
Forensic Science

neris@ua.fm, guarangamr@gmail.com, alexeytutkin@gmail.com,
avs_diit@ukr.net,

10max@ukr.net, orestakovalchuk@ukr.net

Comprehensive studies of the interaction of the railway track and the investigated rolling stock under accelerated conditions have been carried out. The basis of the research was to obtain and substantiate the process of stress state, force interaction of the railway track and the rolling stock under conditions of accelerated movement. Introduction of the new rolling stock into continuous operation is a serious task that must be solved comprehensively. The implementation of this direction significantly affects the reliability of the elements of the railway track. Within the framework of the research, the approach was used that takes into account theoretical and experimental parts of the research using the methodology of prof. O. P. Yershkov. As a result of the studies, average stress values were established: in rails, they vary within the range 44.37...70.99 MPa; in the sleeper, they reach 0.78 MPa; in the ballast layer, they have 0.13 MPa; in the body of the subgrade, they reach 0.04 MPa, which is significantly less than the maxima allowable values. While speed change from 140 to 160 km/h, the values of the studied parameters decrease: vertical force (9.39%), lateral forces (19.79%); stresses in the edge of the rail flange (15.86%); stresses in the edge of the rail head (16.67%); stresses in the neck of the rail (8.74%). The obtained results

made it possible to form trends and recommendations on the feasibility of further increasing speeds development. At the same time, this made it possible to substantiate in more detail the operation of the railway track in the case of accelerated movement.

Analysis of physical and chemical transformations during thermal spraying of coatings based on carbides of tungsten and chromium

Kharlamov Yu. O., Sokolov V. I., Krol O. S., Romanchenko O. V.
Machinery Engineering and Applied Mechanics Department of
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
krolos.snu.edu@gmail.com

The formation of structure and properties of thermal coatings is largely determined by the transformation intensity of sprayed materials at all stages of obtaining of coating. It is shown that during D – gun spraying, in order to ensure optimal conditions for leading transformations and phenomena that have a decisive influence on structure and properties of sprayed coatings, composition of combustible mixture, geometry and dimensions of barrel, conditions for introducing powder into the barrel and a unit dose of powder, spraying distance, timing of spraying cycle and other technological methods can be used. The possibility of transformation in powders of tungsten carbide and chromium under different methods of thermal spraying is analyzed and the structure and properties of coatings are obtained. The influence of the conditions of D – gun spraying on spraying distances, gas flow rates, type of powder, etc.; phase composition and properties of coatings is studied. The basic physicochemical transformations that accompany D – gun spraying of coatings of alloy WC – C, such as oxidation and reduction of tungsten carbide in high – temperature oxygen – containing media, interaction of composite coating components are considered problems of modelling of bonding of particles with a part surface during thermal spraying of coatings are considered.

Research of the mechanism of particles bonding with substrate during thermal spraying of coating

Kharlamov Yu. O., Sokolov V. I., Krol O. S., Romanchenko O. V.
Machinery Engineering and Applied Mechanics Department of
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
krolos.snu.edu@gmail.com

The problems of modelling of bonding of particles with a part surface during thermal spraying of coatings are considered. The formation of adhesive and cohesive strength of thermal coatings is considered from the standpoint of the theory of welding of materials in solid phase. The formation of interatomic connections between particle materials and parts is accompanied by deformation processes in contact zone, which facilitate the unloading and rupture of connections in the metal – oxygen system, loading and connections between atoms of interacting materials. The kinetics of formation of interatomic connections between materials of particle and substrate at high collision velocities is satisfactorily described by a modified semi – empirical equation that uses experimentally measured quantities: the magnitude of tensile deformation of interatomic connection, the Young's modulus, the coefficient of thermal linear expansion. Possible influence of nanotopography of substrate surface on the interaction with sprayed particles and formation of coatings with high adhesive and cohesive strength is shown.

Mathematical modeling of shock wave interaction with wagon

Khrutch V. K., Biliaiev M. M., Kozachyna V. A., Berlov O. V.,
Kirichenko P. S., Biliaieva V. V.
Oles Honchar Dnipro National University
Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture
Kryvyi Rih National University

diit.hydro.eco@gmail.com

In case of some accidents on railways there may be situations when the shock wave appears and interacts with different objects on the railway (wagons, cargo, buildings etc.). In these cases it is necessary to predict the possible effect of shock wave diffraction on the different objects. Study of these problems on the basis of physical experiments (laboratory experiment or field experiment) demand expensive and unique experimental facility. In some cases physical experiment can't be set. That is why mathematical simulation plays the important role in solving problem connected with shock wave propagation. For practice it is necessary to have predictive quick computing mathematical models which allow to perform numerical experiment on the basis of non-powerful computers. Now, in Ukraine, there is a real deficit of mathematical models which allow to compute quickly shock wave interaction with different objects. The aim of this work was development of quick computing numerical model to simulate shock wave propagation and its interaction with the wagons. The model is based on the numerical integration of Euler equations which are written in integral form. To solve modeling equations difference scheme of splitting was used. Results of numerical modeling are presented.

Impact of the variable stiffness section on the conditions of track and rolling stock interaction

Kurhan D., Kurhan M., Husak M.

Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan
kurhan.d@gmail.com

Railway track stiffness is one of the main parameters that determine the track and rolling stock interaction. The inelasticity of the rail base may occur for two reasons: either as a consequence of the deteriorated condition of a track or due to the structural features of a section. As a rule,

areas before bridges or tunnels are treated. Today, there are several options for relevant design solutions. The main purpose of this work is to determine the characteristics of a "railway track" object with which it can be represented in the rolling stock models in the simplest way possible but adequate for sections of transient stiffness. The railway track is introduced into the rolling stock model as a sequence of elements with which the wheels of the rolling stock interact. It is assumed that a single element in its characteristics must be equivalent to the track response when passing the wheel from one inter-sleeper section to the next one, that is, to reproduce a sequence that is cyclically repeated. Such a track element will be characterized by reduced mass, stiffness and dissipation factor.

Improvement of the railway track efficiency by minimizing the rail wear in curves

Kurhan M., Kurhan D., Novik R., Baydak S., Hmelevska N.
Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan
kunibor@gmail.com

The article presents the analysis results for the parameters measurements of the rail track and the ratio between values of the vertical and side wears of rails in curves of different radii under different operating conditions. It is shown that the installed elevations of the outer rail do not meet the contemporary requirements in increasing the efficiency of the track while minimizing the rail wear. At the second stage of the research, various sections were examined by type of traction, technical equipment, plan parameters and the longitudinal profile. As an example, the results of calculations are presented in Lviv-Rava-Ruska section as a promising project that can ensure the integration of railway transport in Lviv-Warsaw direction. Analysis of the results obtained with the help of the software package – MoveRW and RWPlan programmes, allowed to determine such a combination of elevations of the outer rail in

curves, so that trains of different categories realize the lowest values of cross unbalanced accelerations, which provide the minimum wear of rails in compliance with regulatory requirements for unbalanced acceleration, changing this acceleration in time, elevating speed of a wheel on the removal of the outer rail.

Choosing of Asynchronous Motor Protection Equipment in Production Environment

Kuznetsov V. V., Tryputen M. M., Kuznetsov V. G., Tryputen M.,
Kuznetsova A., Kuznetsova Y.

National metallurgical academy of Ukraine

Dnipro University of Technology

Railway Research Institute

Oles Honchar Dnipro National University Dnipro

National metallurgical academy of Ukraine

wit1975@i.ua, nikolay.triputen@gmail.com, VKuznetsov@ikolej.pl,
triputen2014@i.ua, alisa20002014@i.ua, wit_jane2000@i.ua

The current article is devoted to the topic problem of decision making concerning the choice of the protective means for asynchronous motors operated within industrial shop electric circuits under challenging conditions of improper electric supply. In this paper we show how energy economizing model for the asynchronous motor can be presented in the form of predicate disjunction and be applied with the pattern recognition algorithm for making solutions. The major advantage of a new model is its open character and the possibility of knowledge accumulation with respect to electromechanical equipment. We submit the information on the software and hardware complex applied for the research on the characteristics of the circuit voltage and the asynchronous motors in the real time mode directly within the enterprise industrial shop. The publication also reports on the searching for the best protective solution for asynchronous motors. This work is based on the known recognition algorithm of statistical optimization for non-linear objects given as the

aggregates of predicates. The algorithm fruitfully applies the local selection principle. The approach proposed in this publication has been approbated at the protective means selection procedure for the asynchronous motor of 7.5 kW capacity, which performance is 80% of the working cycle under conditions of improper electric energy supply in the experimental shop of Ukrspetsservis.

Study of the dynamic behavior of rolling stock using a computer experiment

Kuzyshyn A., Batig A., Kostritsa S., Sobolevska J., Dovhaniuk S.,
Dzhus V.

Lviv branch of Dnipro National University of Railway Transport named
after Academician V. Lazaryan
Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan
kuzyshyn1993@gmail.com

The authors of the article analyzed existing software systems that are used to study the dynamic behavior of rolling stock, and also emphasized the importance of using a computer experiment to implement this task. An improved spatial mathematical model of the dynamic behavior of a freight wagon when it interacts with a rail track is considered, and it is proposed to study it using an object-oriented approach using the Maple software package. To accomplish this task by writing procedures, separate modules (subprograms) were created that included differential equations of motion for the individual components of the object under study. Based on existing procedures, the main module was created, which reflected the sequence of performing certain functions (calling up the necessary information, especially the use of logic, methods for solving the problem, as well as visualizing the results). Using the created modules in the Maple software package, a computer experiment was used to study the dynamic behavior of a freight car when it interacted with a rail, and also showed the possibility of taking into account the influence of

individual parameters of its technical condition on its dynamic behavior.

3D model to study transitional regimes of train motion

Markova O., Kovtun H., Maliy V.

Institute of Technical Mechanics of the NAS of Ukraine and the SSA of
Ukraine

olgamarkova2002@gmail.com

When considering issues of increasing train speeds, it is necessary to conduct a preliminary assessment of the entire train dynamic characteristics and forces acting in the elements of cars and a locomotive, as well as in inter-car connections when driving at high speeds along a path of arbitrary shape in plan and profile, and also to consider emergency situations, which may take place during the motion. This in turn requires the development of reliable mathematical models simulating the train motion. The study of dynamic characteristics of railway rolling stock is associated with the consideration of vibrations of complex mechanical systems with a large number of degrees of freedom. The vibrations of cars in the train can be described either by one-dimensional or spatial model. The aim of this work is to show that for some studied cases the modelling of train motion by 3D models more accurately reflects the processes occurring in a moving train. Some results are discussed in the paper.

Analytical method of determining the movement resistance of a tip for forming rectangular technological hole in the lower structure

Posmitiukha O., Hlavatskyi K., Kravets S., Suponyev V., Koval A.

Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan

National University of Water and Environmental Engineering
Kharkiv National Automobile and Highway University

National Transport University
AleksandrP@3g.ua, kazimir.glavatskij@gmail.com,
s.v.kravets@nuwm.edu.ua, v-suponev@ukr.net, kandr@i.ua

The aim of this work is to theoretically determine the total resistance to soil pricking with a wedge-shaped tip to create a rectangular cavity and to determine the influence of the size of the working equipment and soil environment in the repair of earthenware or areas where trench technology can-not be used. To determine the forces of the recess of the replaceable pilot, the law of change of soil pressure on the working surfaces of the working equipment was first determined, which is based on the idea of the change of the soil elastic state at its compaction was determined, which is determined by the compression module of deformation of the soil. The processes occurring during the formation of wells and new approaches to the improvement of calculations have been described. On the basis of the pro-posed model of the piercing process, the laws of change of the normal pressure of soil resistance on the surface of the wedge working equipment are established. Based on its value, the results of theoretical studies have received a rational form and parameters of the tip of the work equipment.

To the problem of train running safety

Pshinko O. M., Ursulyak L. V., Zhelieznov K. I., Shvets A. O.
Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan
lydm.urs@gmail.com

The paper is presenting the procedure used for establishing the cause of the wagon derailment. To do this, the computer simulations and the computational software, developed in the Dnipro National University of Railway Transport (DIIT) were used. The level of longitudinal forces and the wagons dynamic performance have been evaluated using the mathematical models of longitudinal oscillations of a train and the spatial

vibrations of wagons, in particular of tank wagons. As a result of modeling we obtained oscillograms of longitudinal forces in each inter-wagon connection, the dependence of the largest longitudinal forces on travel time and distance traveled, the distribution of the maximum longitudinal forces along the train length, the speed dependence on travel time and track coordinates. We also obtained the dynamic performance of wagons: the vertical dynamics coefficients of the axle-box and central suspension, the horizontal dynamics coefficients and the derailment stability coefficient. The influence of the movable load in the tank wagons and the characteristics of rail irregularities on the stability coefficient against wheel climbing onto the rail is also considered. The presented methodology was used to determine the cause of the tank wagon derailment in a non-homogenous freight train consisting of 50 wagon tanks on an existing track section of the Lithuanian railways. When simulating the train movement, it was assumed that the train was equipped with elastic-friction absorbing devices and air distributors, turned on to the average operation mode. As a result of numerical experiments, an assumption was made about the cause of the train derailment.

Problems of the use of renewable energy sources in the structure of railway power supply

Ostapchuk O., Kuznietsov M., Kuznetsov V. G., Kuznetsov V.V.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Institute of Renewable Energy of the National Academy the Sciences of Ukraine

National metallurgical academy of Ukraine

Railway Research Institute

O.Ostapchuk@kpi.ua

The paper presents the main indicators of the renewable energy sources in the railway transport structure of European countries. A new structure of railway power supply systems, energy storage systems and

control algorithms under the conditions of stochastic mode of renewable energy sources operation are defined as the main problematic issues. Further directions for sustainable development of such systems and factors that influence the modes of operation of traction substations and electric networks were identified. Average power and a random component are two criteria that were used to build local systems. The paper presents the real schedules of daily load on the traction substation terminals and solar insolation with determined power distribution changes. The power deviations indicators depending on the time interval and the type of generation were determined. A normal law of distribution of a random component was determined as a result of all calculations. It is possible to determine the shortage or excess of electric power in the local system in a certain area and to plan the direction of its development in the near future by analyzing the nature of the determined average power change.

Stand for accelerated tests of rail vehicles wheelsets

Raksha S., Anofriev P., Kuropiatnyk O.

Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan
anofrievp@ukr.net

Wheelsets are critical elements of railway, industrial and mine rail rolling stock. For fatigue tests of wheelsets, various stands are used that simulate loads in the "wheel-rail" system. Tests and research can be greatly accelerated by applying a multi-point load to the test wheel. The aim of this work is to substantiate rational parameters of the stand for accelerated life tests of railway wheelsets, in which a multi-point load applies to the rolling surface of the test wheel. On the basis of the laws of the theory of elasticity, we performed analytical calculations of the contact stresses created by the rolling bodies of the load mechanism of the test stand. An analytical dependence of the number of rolling elements on their diameter was obtained by performing geometric constructions of

the load mechanism. Research has shown that the dependence of the contact stresses on the wheel rolling surface on the ball's diameter is nonlinear. The decrease in stress is due to an increase in the contact area. It is proved that the loading mechanism with a working force of 5 kN can have 11-15 balls with a diameter of 110-160 mm, and with a working force of 10 kN – 10 balls with a diameter of 160-180 mm. The stand proposed by the authors allows carrying out life tests with an acceleration of 10-15 times. We obtained the analytical and graphical dependencies, which make it possible to evaluate the influence of the parameters of the stand for accelerated life tests of railway wheelsets on contact stresses on the wheel rolling surface, taking into account the shape and dimensions of this surface. On the basis of these dependencies, rational values of the stand parameters are justified. The authors have proposed a stand design for accelerated life tests of railway wheelsets. The use of a stand with the parameters justified in this work will reduce the test duration by 10-15 times.

**Track circuits adjusting calculation method under current
influence
traction interference and electromagnetic compatibility**

Razghonov S., Kuznetsov V., Zvonarova O., Chernikov D.
University of Customs and Finance, Faculty of Innovative Technologies
Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan
CMA CGM Shipping Agencies Ukraine ltd
srazgonov@gmail.com

The problem of railway transport electromagnetic compatibility automation systems in recent years has been aggravated by the use of power frequency converters in electric transport drives, which significantly increase the efficiency of traction characteristics of 3-phase electric engine. However, estimate relevant harmonic levels in the frequency range used in track circuits of railway automation and

telemechanic systems. The paper provides theoretical justification for practical measurements of interference. It is shown, that the interference coefficients monotonically increase in the following cases: 1) increase in the value of the harmonic frequency; 2) increase in the propagation constant, taking into account the supports resistance of the contact network; 3) increase in the circuits track length. Operating frequencies of tonal track circuits up to 800 Hz, the interference increase rate in given length of the rail circuit slows down. The increase in interference coefficients depending on the mentioned factors is explained by the fact that with current part growth of the harmonic flows from the traction substation through the earth increases and thereby creates currents asymmetry of the track circuits.

Improvement of the open wagon for cargoes which imply loading with a “hat”

Reidemeister A., Muradian L., Shaposhnyk V., Shykunov O.,
Kyryl'chuk O., Kalashnyk V.

Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan
reidemeister.a@gmail.com

The goal of the article is to evaluate the possibility of improving the design of an open wagon body in order to improve traffic safety when transporting cargoes whose height is beyond the upper belt of the side wall (cargo loading with a “hat”). To achieve it, the authors have proposed a variant of a pull-out bar in a wall rack. In lazy state such bars located inside racks, but during transportation of timber, pipes etc they are pulled out above the wall upper belt to prevent cargo from rolling out. These bars are quite light (mass of one pull-out bar is equal to 3 kg, that corresponds to 36 kg of an additional equipment per a wagon), but they considerably facilitate fixing cargo in an open wagon replacing additional wooden fixing racks. It also makes the transportation more reliable due to elimination the possibility of skew and jamming of fixing equipment.

Strength of the proposed element and the entire wagon side wall is estimated with the finite element method. The proposed bars withstand normative loads, and holes in the upper belt for them do not lead to decrease of the wall carrying capacity.

Mathematical model of a motor-grader movement in the process of performing working operations

Shevchenko V., Chaplyhina O., Pimonov I., Reznikov O.,
Ponikarovska S.
Kharkiv National Automobile and Highway University
olexandrachaplygina@gmail.com

The design features of a motor-grader help it perform a wide range of working operations, which puts it on a par with the main machines in the construction industry. Unlike other earth-moving machines, the motor-grader can perform work operations not only in a cyclic mode, but also in a continuous action mode. Considering these features, not only productivity should be addressed as the main indicator of the efficiency of this machine, but also the indicators of the quality of the working operations performed, in particular, the indicators of road-holding ability in the process of performing continuous working operations. The work has substantiated and developed a mathematical model of the motor-grader movement during working operations. This model makes it possible to predict the expected trajectory of the motor-grader on the basis of deterministic dependencies, which enables to assess the indicators of road-holding ability. The difference between the proposed model and the existing ones is the consideration of a two-stage mode of machine movement: plane motion at the first stage and rotational around the stop point at the second. When describing the external forces acting on the motor-grader, the differences in the formation of resistance forces on the blade during various working operations are taken into account.

**Research of the modern absorbing apparatus power
characteristics
influence on the freight train inter-car forces**

Shimanovsky A. O., Sakharau P. A., Kuzniatsova M. G.
Belarusian State University of Transport
tm.belsut@gmail.com

A mathematical model of the inter-car connections used in the long and heavy train is presented. It takes into account the elastic-frictional properties of absorbing devices and gaps in automatic coupler devices connecting the train cars. There are demonstrated the calculation results of a homogeneous train motion along a straight horizontal track section at such non-steady modes as at starting, braking by the locomotive electrodynamic brakes and passing along a track profile section of a complex shape. A comparative assessment of the influence of the kind of the absorbing devices power characteristic on the maximal longitudinal forces arising in the train inter-car connections is carried out using the MSC ADAMS engineering software package. Transients with a smooth and sharp change in traction and braking forces are considered. Based on the obtained results, the main positive and negative properties of rigid, linear and soft power characteristics of the automatic couplers' absorbing devices used on the railway rolling stock are determined. The results of performed computer simulation can be applied to the sphere of design and modernization of absorbing devices of automatic couplers and to the process of composition of various types of cars in trains of any length and weight.

Coefficient of stability against lift by longitudinal forces of freight cars of trains

Shvets A. O., Shatunov O. V., Dovhaniuk S. S., Muradian L. A.,
Pularya A. L., Kalashnik V. V.

Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan
angela_Shvets@ua.fm

The paper is devoted to a theoretical study of the car movement stability when exposed to longitudinal forces of a quasistatic nature. The authors obtained the expressions for calculating the resistance coefficient of the car lift by the longitudinal compressive force acting on the car as part of a freight train. The influence of some factor's combination on the longitudinal forces, at which the car movement stability is still maintained, was analyzed using the analytical dependencies to assess the longitudinal loading of cars in trains. The study was carried out by analytical method for assessing the freight car stability when moving at different speeds along curved track sections. The calculations were made in a curve of small radius taking into account the inertia forces from the unbalanced acceleration. In a theoretical study, the influence of quasistatic longitudinal compressive forces depending on changes in speed and force value, as well as the influence of friction in the wheel flange and rail contact and the eccentricity of fastening the automatic coupler shank on the stability were considered. When applying the results obtained, the stability of freight rolling stock can be increased, which in turn will remove some existing restrictions on the permissible speeds and increase the technical speed of train movement. Using the described methodology for determining the lift resistance coefficient will make it possible to justify the cause of derailment, as well as to develop and put into practice technical measures to prevent the lift of carriages, thrusts and shears of the track.

Research of dynamic indicators and influence of different types of rolling stock on railway track

Shvets A. O., Bolotov O. M., Percevoj A. K., Ghlukhov V. V., Bolotov O. O., Saparova L. S.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan
angela_Shvets@ua.fm

The technical level of rolling stock of railway transport directly affects the economic indicators of the transport industry and the economy of the country as a whole, which leads to the need for improvement of the control, quantitative assessment of the dynamic loading of rolling stock to ensure safe and reliable communication at the railways. Therefore, in the process of designing and operating the rolling stock the quantitative assessment of dynamic loadings is a relevant scientific and technical problem. The purpose of this work is to study the influence of different types of rolling stock, taking into account the speed of movement on their main dynamic indicators and indicators of interaction of track and rolling stock. The basis of the research is the method of mathematical and computer simulation of the dynamic loading of a freight car using the model of spatial variations of the coupling of five cars and a software complex developed in the branch research laboratory of dynamics and strength of rolling stock (BRL DSRS). Theoretical studies have been carried out under condition of movement of several types of freight cars: a gondola car of the model 12-532, a hopper car for coal transportation of the model 12-4034 and a flat car with a long cargo of the model 13-401 and typical bogies 18-100 with the speeds from 50 to 90 km/h in the curves with radii 350 and 600 m, with superelevation 130 and 120 mm, correspondingly.

Development of passive protection devices for a power head of a high-speed multiple unit train at its collisions

Sobolevska M., Horobets D., Syrota S.

The Institute of Technical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine and the State Space Agency of Ukraine (ITM NASU and SSAU)

sobmb@i.ua

Ukrainian passenger multiple-unit train upgrading supposes on creation of new power heads with passive safety systems (PSS) to save passengers lives, to reduce rolling stock damage and to minimize consequences at collisions. The purpose of this research is to develop energy absorption devices (EADs) for power head PSS according to DSTU EN 15227. EAD 1, EAD 2, EAD 3 designs have been developed with using successful experience of EP20 locomotive EADs creation and EAD prototype crash test results. EAD 1 design includes two elements which are located sequentially. Element 1 is a box with a single-layer package of hexagonal honeycombs inside. Element 2 is a truncated pyramid of honeycombs with triangular cells. EAD 2 design has three steps in element 2 form. EAD 3 design has been developed on the basis of element 1. It has been recommended to install two EAD 1 in a power head frontal part at the coupling level, two EAD 2 in power head window-sill part and two EAD 3 in the inter-car connection at the coupling level. Finite element simulation of EAD plastic deformation at an impact has been carried out for determination of design parameters.

Theory development for determination of rational parameters of the capacitive energy storage for a metro train

Sulym A. O.

State enterprise “Scientific Railcar Building Research Institute”
sulim1.ua@gmail.com

In the article a comparative analysis of existing methodologies and approaches on the parameters determination of the capacitive energy storages for a metro train with energy recovery systems was performed, disadvantages of each of them were determined. A complex approach for estimation of the on-board capacitive energy storage parameters was proposed; the point of approach consists in determination of the rational power and energy capacity for two parameters of the storage system at once – mass and payback period. The complex approach is based on theoretical researches, which require simulation of the metro train equipped with recuperation system operation by mean of developed software. The objective function was represented and boundary values for the power and energy capacity during determination of the rational parameters of the on-board capacitive energy storage using a complex approach were specified. The recuperation system with rational parameters of the on-board capacitive energy storage for specified service conditions in Public Utility Company “Kyiv Metropolitan” and chosen research metro train was specified. Amount of energy stored due to the installation of the energy storage system with rational parameters was estimated.

Reduction of freight car wheel wear of 1520 mm gauge railways

Ushkalov V., Mokriy T., Malysheva I., Lapina L., Pasichnik S.,
Bezrukavyyi N.

Institute of Technical Mechanics of the National Academy of Sciences
of Ukraine

Mokriyt@gmail.com

A brief description is given of the comprehensive modernization of standard freight car trucks through the use of devices of American companies adapted for railways with a 1520 mm gauge and wheels with ITM-73 specially developed wear-resistant profile, which allows several times to increase the resource of problematic running gears. An approximate method is proposed for solving the wheel–rail interaction problem with determining the position and size of non-elliptic contact patches, including with conformal contact. Using this method, new profiles have been developed for turning worn wheels (ITM-73-01), as well as new wheels for cars with an axial load on rails of 23.5 tf (ITM-73-02) and 25 tf (ITM-73-03). The data of experimental studies showed that the average wear rate of the wheel flanges of freight cars with complex modernized trucks equipped with wheels with ITM-73-01 profile is 3.5-5 times lower than that of a standard car with a standard wheel profile. According to forecast estimates, the use of wheels with profiles ITM-73-02, ITM-73-03 will allow to achieve even greater increase in the resource indicators of wheelsets for wear of the flanges.

Contemporary principles for solving the problem in noise reduction from railway rolling stock

Zelenko Yu., Zelenko D., Neduzha L.

Dnipro National University of Railway Transport named after
Academician V. Lazaryan

j.v.zelenko@gmail.com, nlorhen@i.ua

The statistical and monitoring data confirm the significant impact of the operational mode on the most important noise and vibration parameters, which is relevant for ensuring the efficiency and quality of the operational process with regard to ergonomic and environmental requirements. The article analyzes the acoustic parameters of rolling stock of the railway, emphasizes the peculiarities of noise emission from various elements of rolling stock and a track. Existing approaches towards solving the problem in the organization of railway noise control are outlined. On the basis of existing modern methods for measurement and analysis of acoustic parameters, the authors propose conceptual approaches toward monitoring the acoustic parameters, predicting noise characteristics and constructing the noise maps of railways. The algorithm of the developed acoustic model for the operational monitoring of noise load and the possibility to compile a case of noise maps for Ukrzaliznytsia is presented. The proposed algorithm allows at given basic design parameters and speed of rolling stock, known sound-absorbing and dissipative characteristics of all elements to carry out a rational selection of noise-protective measures in accordance with the sanitary noise regulations for a specific receptive facility.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Afanasov A. M.	104	Furman J.	120
Andrieiev V.	131	Ghluukhov V. V.	147
Anofriev P.	141	Glazeva O.	125
Arbuzov M.	131	Gorbenko Y.	129
Arpul S. V.	104	Hlavatskyi K.	128, 129, 138
Avramović Z. Ž.	105	Hmelevska N.	135
Bannikov D.	118	Holik S. N.	104
Batig A.	119, 137	Horobets D.	148
Baydak S.	135	Horobets E.	130
Berlov O. V.	122, 123, 133	Horobets V.	130
Bezrukavyy N.	150	Hrytsyshyn P.	119
Białoń A.	120	Hubar O.	131
Bibik S.	121	Husak M.	134
Biliaiev M. M.	122, 123, 133	Ilchyshyn V. V.	127
Biliaieva V. V.	122, 133	Ivashchenko M.	124
Bilukhin D. S.	104	Jangulova O.	130
Bolotov O. M.	147	Kalashnik V. V.	143, 146
Bolotov O. O.	130, 147	Kelrikh M. B.	127
Brusentsov V.	124	Kharlamov Yu. O.	132, 133
Busher V.	125	Khrutch V. K.	133
Chaplyhina O.	144	Kirichenko P. S.	122, 123, 133
Cherkudinov V.	128	Kostritsa S.	137
Chernikov D.	142	Koval A.	138
Chorny O.	125	Kovalchuk O.	131
Danilenko T.	126	Kovtun H.	138
Datsun Yu.	124	Kozachyna V. A. .	122, 123, 133
Dizo J.	10	Kravets S.	138
Dovhaniuk S.	126, 137	Krol O. S.	132, 133
Dovhaniuk S. S.	146	Kurhan D.	134, 135
Dzhus V.	137	Kurhan M.	134, 135
Fedorov E.	130	Kuropiatnyk O.	141
Fedosov-Nikonov D. V.	127	Kuzmenko A.	121

Kuznetsov V.	142	Radkevich A.	118
Kuznetsov V. G. ..	125, 136, 140	Raksha S.	129, 141
Kuznetsov V. V.	136, 140	Razghonov S.	142
Kuznetsova A.	136	Reidemeister A.	143
Kuznetsova Y.	136	Reznikov O.	144
Kuzniatsova M. G.	145	Romanchenko O. V.	132, 133
Kuznietsov M.	140	Sablin O.	130
Kuzyshyn A.	119, 137	Safronov O. M.	127
Kyryl'chuk O.	143	Sakharau P. A.	145
Lapina L.	150	Saparova L. S.	147
Maliy V.	138	Shaposhnyk V.	126, 143
Malysheva I.	150	Shapovalov O. S.	104
Marinković D. M.	105	Shatunov O. V.	126, 146
Markova O.	138	Shevchenko V.	144
Markul R.	131	Shimanovsky A. O.	145
Milyanych A.	119	Shvets A. O.	139, 146, 147
Mokriy T.	150	Shykunov O.	126, 143
Muntian A.	118	Šikanjić N.	105
Muradian L. A.	143, 146	Sobolevska J.	119, 137
Muzykin M.	121	Sobolevska M.	148
Neduzha L.	151	Sokolov V. I.	132, 133
Nesterenko H.	121	Strelko O.	121
Novik R.	135	Sulym A. O.	127, 149
Oladipo M. O.	122	Suponyev V.	138
Ostapchuk O.	140	Syrota S.	148
Pasichnik S.	150	Tiutkin O.	131
Percevoj A. K.	147	Tryputen M.	125, 136
Pimonov I.	144	Tryputen M. M.	136
Poltoratska V. M.	123	Tytiuk V.	125
Ponikarovska S.	144	Ursulyak L. V.	139
Posmitiukha O.	128, 138	Ushkalov V.	150
Pshinko O. M.	139	Visloguzov V.	126
Pularyia A. L.	146	Vorozhbiian M.	124
Puzyr V.	124	Yakubovska Z. M.	123

Zelenko D.	151	Левченко С. В.	59
Zelenko Yu.	151	Ловська А. О.	98
Zhelieznov K. I.	139	Локтіонов Д. В.	61
Zvonarova O.	142	Мартінов І. Е.	68
Аулін Д. О.	10, 101	Мартінов І. Е.	64, 66
Банніков Д. О.	13	Медведев Є. П.	39
Белогуб Н. В.	46	Михалків С. В.	21
Білецький М. Р.	82	Мунтян А. О.	13
Бордун М. В.	17	Новогрудский Л. С.	70
Борщик М. М.	61	Оправхата Н. Я.	70
Бульба В. І.	21	Патласов О. М.	75
Бурылов С. В.	90	Петухов В. М.	77
Вакуленко І. О.	82	Поляков В. А.	79
Вихопень І. Р.	101	Пройдак С. В.	82
Ворошилов А. С.	94	Пуцято А. В.	46
Главацький К. Ц.	25, 30, 34	Радкевич А. В.	13
Гончаренко А. Л.	86	Савицький М. В.	17
Горбенко Ю. О.	30	Самчук Є. В.	86
Данішевський В. В.	17	Скосарь В. Ю.	90, 94
Дзензерский В. А.	90	Строгов О. М.	61
Капіца М. І.	43	Труфанова А. В.	66, 68
Кислий Д. М.	43	Урум Н. С.	98
Кічук Я. В.	98	Фалендиш А. П.	10, 101
Кладько Н. С.	64	Федоренко Є. М.	75
Клецька О. В.	10, 101	Фомін О. В.	98
Кліменко О. В.	10	Хачапуридзе Н. М.	79
Ключев С. О.	39	Ходаківський А. М.	21
Кобець М. О.	43	Черкудінов В. Е.	34
Коновалов Е. Н.	46	Шкрабик І. О.	61
Корноухова К. В.	3	Шовкун В. О.	68
Корпач С. В.	50, 54	Шульга Д. А.	75
Костыря М. В.	50, 54	Ялова І. В.	68
Кошель Н. Д.	50, 54		

ОГЛАВЛЕНИЕ

СУМІЩЕНА КОЛІЯ – ВПЛЕТІННЯ, СПЛЕТІННЯ, ПЕРЕСІЧЕННЯ КОРНОУХОВА К. В.	3
УДОСКОНАЛЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗПИЛЮВАННЯ ПАЛИВА ТЕПЛОВИЗНИМИ ФОРСУНКАМИ В УМОВАХ ДЕПО АУЛІН Д. О., КЛІМЕНКО О. В., ФАЛЕНДИШ А. П., КЛЕЦЬКА О. В., DIZO J.	10
МОДЕРНІЗАЦІЯ БУФЕРНОГО БРУСА ЕЛЕКТРОВИЗУ КЕРУВАННЯ ТЯГОВОГО АГРЕГАТУ ПЕ2У БАННІКОВ Д. О., РАДКЕВИЧ А. В., МУНТЯН А. О.	13
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АКУМУЛЯТОРІВ ТЕПЛА ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТЕПЛИЦЬ БОРДУН М. В., САВИЦЬКИЙ М. В., ДАНШЕВСЬКИЙ В. В.	17
ОБЧИСЛЕННЯ ТОЧНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИДІВ НЕСПРАВНОСТЕЙ ТЯГОВИХ РЕДУКТОРІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ БУЛЬБА В. І., МИХАЛКІВ С. В., ХОДАКІВСЬКИЙ А. М.	21
ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ ГРУНТІВ НИЖНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ ГЛАВАЦЬКИЙ К. Ц.	25
ТЕХНОЛОГІЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КОΠΑННЯ ГРУНТІВ БУЛЬДОЗЕРАМИ З НЕПОВОРОТНИМ ВІДВАЛОМ ТА ОБ'ЄМНОЮ НОЖОВОЮ СИСТЕМОЮ ДЛЯ ПРИ СПОРУДЖЕННІ НИЖНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ ГЛАВАЦЬКИЙ К. Ц., ГОРБЕНКО Ю. О.	30
ТЕХНОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ УЩІЛЬНЮВАЛЬНИХ МАШИН З РОБОЧИМИ ПОВЕРХНЯМИ БЛОКУЮЧОЇ ДІЇ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ ГРУНТІВ НИЖНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ ГЛАВАЦЬКИЙ К. Ц., ЧЕРКУДІНОВ В. Е.	34
ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА БЕЗПЕКУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ І ЇЇ ПІДСИСТЕМ КЛЮЄВ С. О., МЕДВЕДЄВ Є. П. .	39

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЯГОВИХ РОЗРАХУНКІВ ДЛЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ КОБЕЦЬ М. О., КАПЦА М. І., КИСЛИЙ Д. М.	43
ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА ТУРНОГО ВАГОНА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНОВАЛОВ Е. Н., ПУТЯТО А. В., БЕЛОГУБ Н. В.....	46
ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК АКТИВНОГО МАТЕРИАЛА ЖЕЛЕЗНОГО ЭЛЕКТРОДА ЩЕЛОЧНОГО АККУМУЛЯТОРА ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ КОШЕЛЬ Н. Д., КОСТЫРЯ М. В., КОРПАЧ С. В.	50
ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ АККУМУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ В ТРАНСПОРТЕ КОШЕЛЬ Н. Д., КОСТЫРЯ М. В., КОРПАЧ С. В.	54
СТВОРЕННЯ ЛІНІЙКИ СУЧАСНИХ ВАГОН-ПЛАТФОРМ ВИРОБНИЦТВА ПАТ «КРЮКІВСЬКИЙ ВАГОНБУДІВНИЙ ЗАВОД» ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВЕЛИКО-ТОНАЖНИХ КОНТЕЙНЕРІВ ЛЕВЧЕНКО С. В.....	59
КОНЦЕПЦІЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА ЛОКОМОТИВНОЇ ТЯГИ ЛОКТИОНОВ Д. В., СТРОГОВ О. М., БОРЩИК М. М., ШКРАБИК І. О.	61
ДО ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОРПУСУ БУКСИ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА МАРТИНОВ І. Е., КЛАДЬКО Н. С....	64
ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ "ВИКИДІВ" ДЛЯ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ВАГОНІВ МАРТИНОВ І. Е., ТРУФАНОВА А. В.	66
ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ, ДІЮЧИХ НА БУКСОВІ ВУЗЛИ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ В ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАРТИНОВ І. Е., ТРУФАНОВА А. В., ШОВКУН В. О., ЯЛОВА І. В.....	68
МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	

ПАРЫ КОЛЕСО-РЕЛЬС НОВОГРУДСКИЙ Л. С., ОПРАВХАТА Н. Я.....	70
ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІН ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОЛІІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕОРІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ПАТЛАСОВ О. М., ФЕДОРЕНКО Є. М., ШУЛЬГА Д. А.	75
ПРОБЛЕМИ КОНТРОЛЕПРИДАТНОСТІ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ ДО ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЮ ПЕТУХОВ В. М.	77
УРАВНЕНИЯ ЛАГРАНЖА КАК ИНСТРУМЕНТ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЙЛЕРОВЫХ ИНЕРЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩИЙ ПОЕЗД ПОЛЯКОВ В. А., ХАЧАПУРИДЗЕ Н. М.....	79
МЕТОД КІРЛІАН В ДОСЛІДЖЕННІ МЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРОЙДАК С. В., ВАКУЛЕНКО І. О., БЛЕЦЬКИЙ М. Р.....	82
СТВОРЕННЯ ХОДОВИХ ЧАСТИН ДЛЯ СУЧАСНОГО МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ВИРОБНИЦТВА ПАТ «КРЮКІВСЬКИЙ ВАГОНБУДІВНИЙ ЗАВОД» САМЧУК Є. В., ГОНЧАРЕНКО А. Л.....	86
ЛИТИЙ-ИОННЫЙ АККУМУЛЯТОР ДЛЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА СКОСАРЬ В. Ю., БУРЫЛОВ С. В., ДЗЕНЗЕРСКИЙ В. А.....	90
КОСМИЧЕСКИЙ ТРАМВАЙ «ФАЭТОН» СКОСАРЬ В. Ю., ВОРОШИЛОВ А. С.....	94
ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІКИ ТА МІЦНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ ПРИ ВЕДЕННІ ВОГНЯНОЇ ДІЇ ДВОМА ЗЕНІТНИМИ УСТАНОВКАМИ З НЬОГО ФОМІН О. В., ЛОВСЬКА А. О., КІЧУК Я. В., УРУМ Н. С.	98
ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПРИСАДОК ДО ПАЛИВА НА ПАРАМЕТРИ РОБОТИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ ТЕПЛОВОЗІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ ФАЛЕНДИШ А. П., КЛЕЦЬКА О. В., АУЛІН Д. О., ВИХОПЕНЬ І. Р.....	101

ENERGY EFFICIENCY OF HEAT TESTS FOR TRACTION ELECTRIC MACHINES AFANASOV A. M., SHAPOVALOV O. S., HOLIK S. N., ARPUL S. V., BILUKHIN D. S.....	104
RAILWAY DIGITAL TRANSFORMATION STRATEGY AVRAMOVIĆ Z. Ž., MARINKOVIĆ D. M., ŠIKANJIĆ N.	105
MODERNIZATION OF THE BUFFER BEAM OF PE2U TRACTION UNIT ELECTRIC LOCOMOTIVE BANNIKOV D., RADKEVICH A., MUNTIAN A.....	118
WAYS TO IMPROVE THE MATHEMATICAL MODEL OF A FREIGHT CAR FOR THE EXECUTION OF FORENSIC RAILWAY- TRANSPORT EXPERTISES BATIG A., KUZYSHYN A., SOBOLEVSKA J., MILYANYCH A., HRYTSYSHYN P.....	119
SELECTED LEGAL AND TECHNICAL ISSUES IN THE RESEARCH ON COOPERATION OF ERTMS/ETCS ON-BOARD EQUIPMENT WITH TRACKSIDE EQUIPMENT IN POLAND BIAŁOŃ A., FURMAN J.	120
FORMULATION OF THE MATHEMATICAL MODEL FOR THE PLANNING SYSTEM IN THE CARRIAGE OF DANGEROUS GOODS BY RAIL BIBIK S., STRELKO O., NESTERENKO H., MUZYKIN M., KUZMENKO A.....	121
BARRIER INSTALLATION ON COAL WAGON TO REDUCE ENVIRONMENT POLLUTION BILIAIEV M. M., BILIAIEVA V. V., KOZACHYNA V. A., BERLOV O. V., OLADIPO M. O., KIRICHENKO P. S.....	122
SIMULATION OF ENVIRONMENTAL POLLUTION FROM DIESEL LOCOMOTIVE BILIAIEV M. M., KIRICHENKO P. S., KOZACHYNA V. A., BERLOV O. V., POLTORATSKA V. M., YAKUBOVSKA Z. M.	123
HIGHER EFFICIENCY OF CONTROL OVER FUNCTIONAL STATUS OF LOCOMOTIVE CREW MEMBERS BRUSENTOV V., PUZYR V., VOROZHBIAN M., IVASHCHENKO M., DATSUN YU.	

.....	124
OPTIMAL CONTROL METHOD OF HIGH-VOLTAGE FREQUENCY CONVERTERS WITH DAMAGED CELLS BUSHER V., CHORNYI O., GLAZEVA O., KUZNETSOV V. G. , TYTIUK V., TRYPUTEN M.	125
A NEW METHOD TO CREATE OF THE PLANE SECTION STANDARDS OF GRAIN METAL STRUCTURES DANILENKO T.	126
THE RESULTS OF BRAKE TESTS OF THE DPKR-3 DIESEL TRAIN DOVHANIUK S., SHAPOSHNYK V., SHYKUNOV O., SHATUNOV A., VISLOGUZOV V.....	126
STUDY OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE LONG WHEELBASE FLAT CARS FEDOSOV-NIKONOV D. V., SULYM A. O., ILCHYSHYN V. V., SAFRONOV O. M., KELRIKH M. B...	127
TECHNOLOGY OF SOIL COMPACTION OF THE BASE OF THE TRACK WITH VIBRATING STATIC MACHINES OF BLOCKING ACTION HLAVATSKYI K., CHERKUDINOV V., POSMITIUKHA O.	128
ENERGY-EFFICIENT EXCAVATION OF THE SOIL OF THE LOWER TRACK STRUCTURE BY BULLDOZERS WITH A COMBINED KNIFE SYSTEM HLAVATSKYI K., RAKSHA S., GORBENKO Y.	129
METHODS AND RESULTS OF EVALUATING THE DUAL- POWER ELECTRIC TRAIN CREW ELEMENTS SERVICE LIFE HOROBETS V., SABLIN O., FEDOROV E., HOROBETS E., BOLOTOV O. O., JANGULOVA O.	130
STUDY OF THE INTERACTION OF THE RAILWAY TRACK AND THE ROLLING STOCK UNDER CONDITIONS OF ACCELERATED MOVEMENT HUBAR O., MARKUL R., TIUTKIN O., ANDRIEIEV V., ARBUZOV M., KOVALCHUK O.	131
ANALYSIS OF PHYSICAL AND CHEMICAL	

TRANSFORMATIONS DURING THERMAL SPRAYING OF COATINGS BASED ON CARBIDES OF TUNGSTEN AND CHROMIUM KHARLAMOV YU. O., SOKOLOV V. I., KROL O. S., ROMANCHENKO O. V.....	132
RESEARCH OF THE MECHANISM OF PARTICLES BONDING WITH SUBSTRATE DURING THERMAL SPRAYING OF COATING KHARLAMOV YU. O., SOKOLOV V. I., KROL O. S., ROMANCHENKO O. V.....	133
MATHEMATICAL MODELING OF SHOCK WAVE INTERACTION WITH WAGON KHRUTCH V. K., BILIAIEV M. M., KOZACHYNA V. A., BERLOV O. V., KIRICHENKO P. S., BILIAIEVA V. V.....	133
IMPACT OF THE VARIABLE STIFFNESS SECTION ON THE CONDITIONS OF TRACK AND ROLLING STOCK INTERACTION KURHAN D., KURHAN M., HUSAK M.	134
IMPROVEMENT OF THE RAILWAY TRACK EFFICIENCY BY MINIMIZING THE RAIL WEAR IN CURVES KURHAN M., KURHAN D., NOVIK R., BAYDAK S., HMELEVSKA N.....	135
CHOOSING OF ASYNCHRONOUS MOTOR PROTECTION EQUIPMENT IN PRODUCTION ENVIRONMENT KUZNETSOV V. V., TRYPUTEN M. M., KUZNETSOV V. G., TRYPUTEN M., KUZNETSOVA A., KUZNETSOVA Y.....	136
STUDY OF THE DYNAMIC BEHAVIOR OF ROLLING STOCK USING A COMPUTER EXPERIMENT KUZYSHYN A., BATIG A., KOSTRITSA S., SOBOLEVSKA J., DOVHANIUK S., DZHUS V.	137
3D MODEL TO STUDY TRANSITIONAL REGIMES OF TRAIN MOTION MARKOVA O., KOVTUN H., MALIY V.....	138
ANALYTICAL METHOD OF DETERMINING THE MOVEMENT RESISTANCE OF A TIP FOR FORMING RECTANGULAR TECHNOLOGICAL HOLE IN THE LOWER STRUCTURE POSMITIUKHA O., HLAVATSKYI K., KRAVETS S.,	

SUPONYEV V., KOVAL A.	138
TO THE PROBLEM OF TRAIN RUNNING SAFETY PSHINKO O. M., URSULYAK L. V., ZHELIEZNOV K. I., SHVETS A. O.....	139
PROBLEMS OF THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE STRUCTURE OF RAILWAY POWER SUPPLY OSTAPCHUK O., KUZNIETSOV M., KUZNETSOV V. G., KUZNETSOV V.V.....	140
STAND FOR ACCELERATED TESTS OF RAIL VEHICLES WHEELSETS RAKSHA S., ANOFRIEV P., KUROIPIATNYK O. .	141
TRACK CIRCUITS ADJUSTING CALCULATION METHOD UNDER CURRENT INFLUENCE TRACTION INTERFERENCE AND ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY RAZGHONOV S., KUZNETSOV V., ZVONAROVA O., CHERNIKOV D.....	142
IMPROVEMENT OF THE OPEN WAGON FOR CARGOES WHICH IMPLY LOADING WITH A “HAT” REIDEMEISTER A., MURADIAN L., SHAPOSHNYK V., SHYKUNOV O., KYRYL'CHUK O., KALASHNYK V.....	143
MATHEMATICAL MODEL OF A MOTOR-GRADER MOVEMENT IN THE PROCESS OF PERFORMING WORKING OPERATIONS SHEVCHENKO V., CHAPLYHINA O., PIMONOV I., REZNIKOV O., PONIKAROVSKA S.	144
RESEARCH OF THE MODERN ABSORBING APPARATUS POWER CHARACTERISTICS INFLUENCE ON THE FREIGHT TRAIN INTER-CAR FORCES SHIMANOVSKY A. O., SAKHARAU P. A., KUZNIATSOVA M. G.....	145
COEFFICIENT OF STABILITY AGAINST LIFT BY LONGITU- DINAL FORCES OF FREIGHT CARS OF TRAINS SHVETS A. O., SHATUNOV O. V., DOVHANIUK S. S., MURADIAN L. A., PULARYIA A. L., KALASHNIK V. V.....	146
RESEARCH OF DYNAMIC INDICATORS AND INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF ROLLING STOCK ON RAILWAY TRACK SHVETS A. O., BOLOTOV O. M., PERCEVOJ A. K., GHLUKHOV	

V. V., BOLOTOV O. O., SAPAROVA L. S.	147
DEVELOPMENT OF PASSIVE PROTECTION DEVICES FOR A POWER HEAD OF A HIGH-SPEED MULTIPLE UNIT TRAIN AT ITS COLLISIONS SOBOLEVSKA M., HOROBETS D., SYROTA S.	148
THEORY DEVELOPMENT FOR DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF THE CAPACITIVE ENERGY STORAGE FOR A METRO TRAIN SULYM A. O.	149
REDUCTION OF FREIGHT CAR WHEEL WEAR OF 1520 MM GAUGE RAILWAYS USHKALOV V., MOKRIY T., MALYSHEVA I., LAPINA L., PASICHNIK S., BEZRUKAVYI N.	150
CONTEMPORARY PRINCIPLES FOR SOLVING THE PROBLEM IN NOISE REDUCTION FROM RAILWAY ROLLING STOCK ZELENKO YU., ZELENKO D., NEDUZHA L.	151
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	152

НАЗВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙ

1.	Акционерное общество «Рельсовый транспорт ПЕСА Быдгощ», Быдгощ, Польша
2.	АТ «Дніпропетровський стрілочний завод»
3.	Брянский государственный технический университет. Брянск, Россия.
4.	Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса. Вильнюс, Литва.
5.	ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (ДВНЗ ПДАБА), Дніпро, Україна
6.	Державне підприємство «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України». Київ, Україна.
7.	Державне підприємство український науково-дослідний інститут вагонобудування ДП «УкрНДІВ», Київ, Україна
8.	Державний університет інфраструктури та технологій (ДУІТ), Київ, Україна
9.	Державний університет інфраструктури та технологій, Київський інститут залізничного транспорту (ДУІТ КІЗТ), Київ, Україна
10.	Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпро, Україна.
11.	Дніпровська філія СМА CGM Shipping Agencies, Дніпро, Україна
12.	Дніпровський національний університет імені О. Гончара (ДНУ), Дніпро, Україна
13.	Дунайський факультет морського та річкового транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, Ізмаїл, Україна
14.	Институт технической механики национальной академии наук Украины и национального космического агентства Украины. Днепро, Украина.
15.	Институт транспортных систем и технологий Национальной академии наук Украины «Трансмаг». Днепро, Украина.
16.	Институт проблем міцності імені Г.С. Писаренка Національної академії наук України ІПМіц. імені Г.С. Писаренка НАН України, Київ, Україна
17.	Криворізький національний університет (КНУ), Кривий Ріг, Україна
18.	Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, ЛФ ДНУЗТ, Львів, Україна
19.	Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз, ЛНДІСЕ. Львів, Україна
20.	Открытое Акционерное общество «Научно-внедренческий центр «Вагоны». Санкт-Петербург, Россия.

21.	Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта». Москва, Россия.
22.	ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»
23.	Регіональна філія «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця», Дніпро, Україна
24.	Східноукраїнський Національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна
25.	Украинский государственный химико-технологический университет, Днепро, Украина
26.	Українська державна академія залізничного транспорту. Харків, Україна.
27.	Український науково-дослідний інститут неруйнівного контролю. Київ, Україна.
28.	Університет митної справи та фінансів, УМСФ, Дніпро, Україна
29.	Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта». Гомель, Республика Беларусь.
30.	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения». Санкт-Петербург, Россия.
31.	Філія «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту» Акціонерного товариства «Українська залізниця», Київ, Україна
32.	Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна
33.	CMA CGM Shipping Agencies Ukraine ltd
34.	Czech Technical University in Prague Faculty of Mechanical Engineering CTU in Prague, Prague, Czech Republic
35.	Dnipro University of Technology
36.	Georgian Aviation University, Tbilisi, Georgia
37.	Institute of Renewable Energy of the National Academy the Sciences of Ukraine
38.	Instytut Kolejnictwa Railway Institute, Poland
39.	Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
40.	Kyvyi Rih National University
41.	Laboratory of Engineering and Technical Studies, Dniprovsky Scientific Research Institute of Forensic Expertise
42.	National metallurgical academy of Ukraine
43.	National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»
44.	National Transport University
45.	National University “Odessa Maritime Academy”
46.	National University of Water and Environmental Engineering
47.	Pan-European University APEIRON, Banja Luka, Republic Srpska, Bosnia and Herzegovina

48.	Software Engineer AMC Bridge LLC, 303 Wyman Street, Suite 300 Waltham, MA 02451, USA
49.	SPA «SPI Ukrtransacad»
50.	University of Zilina
51.	Warsaw University of Technology, Warszawa, Poland
52.	Western center of the Ukrainian branch of the World laboratory

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ)

Інститут технічної механіки національної академії наук України
і державного космічного агентства України

Сілезький технологічний університет (Польща)

Залізничний інститут (Польща)

Тези доповідей

XV Міжнародної конференції

ПРОБЛЕМИ МЕХАНІКИ

ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження

Комп'ютерне оформлення:

Швець А. О.

КОНТАКТИ

Україна, 49010,
м. Дніпро, вул. Лазаряна, 2

Галузева науково-дослідна
лабораторія динаміки та міцності
рухомого складу

Кафедра теоретичної та будівельної
механіки

Тел./факс +38 (056) 793-19-08,
+38 (056) 373-15-11,
+38 (050) 480-97-89

E-mail: pmconf@diit.edu.ua,
vc.dnuzt@gmail.com

