

УДК 62-192

*Наталя Дмитрівна Чигирик, к.т.н., доцент,
(доцент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу»,
Український державний університет залізничного транспорту);
Андрій Леонідович Сумцов, к.т.н.,
(старший викладач кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого
складу», Український державний університет залізничного транспорту);
Максим В'ячеславович Осаулко,
(студент гр. 1-VII-Лм, Український державний університет
залізничного транспорту);
Максим Анатолійович Колесник,
(студент гр.1-VI- Л, Український державний університет
залізничного транспорту)*

СИСТЕМА ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ТЕПЛОВОЗІВ ЧМЕЗ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Підтримка тягового рухомого складу в працездатному стані з мінімальними витратами на ремонт – мета будь-якого локомотивного депо. Сучасні прилади й обладнання дозволяють технічно організувати діагностику систем тепловоза, а програмне забезпечення штучних нейронних мереж – повне використання оперативної інформації про технічний стан систем, з висновком про необхідність постановки тепловоза в оптимальний момент часу на ремонт.

***Ключові слова:** тяговий рухомий склад, ремонт, діагностика, штучні нейронні мережі, самонавчання.*

Вступ. Тягові машини належать до найбільш навантаженого устаткування електрорухомого складу. Статистичні дані по відмовах вузлів електрорухомого складу свідчать про те, що на частку тягових двигунів припадає 20-25% від загальної кількості відмов, причому, причини несправностей ТЕД електровозів і тепловозів однакові по своїй природі.

Мета і завдання дослідження. У період життєвого циклу ТЕД відбувається зміна технічних параметрів його вузлів і деталей, у першу чергу під впливом старіння й зношування, причому погіршення технічних параметрів ТЕД призводить до збільшення кількості непланових ремонтів. Існуюча планово-запобіжна система ремонту не дозволяє враховувати фактичний технічний стан, як тягового двигуна,

© Чигирик Н.Д., Сумцов А.Л., Осаулко М.В., Колесник М.А., 2018

так і тепловоза в цілому. Це приводить до економічно неефективного процесу ремонту, у результаті якого часто замінюються цілком працездатні агрегати, а порушені за технологією ремонту прироблені з'єднання в післяремонтний період виходять із ладу через підвищені зносів і процесів втоми.

Одним із шляхів вирішення даної задачі, є дослідження в області удосконалювання технічного обслуговування й ремонту експлуатованих локомотивів в цілому. Так розвиток засобів діагностування та програмного забезпечення для обробки великих масивів інформації дає можливість розглянути можливість створення більш оптимальної, економічної системи ремонту за фактичним технічним станом, що є метою розгляду цієї статті.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. Вже багато років в експлуатаційних підприємствах і наукових організаціях проводяться роботи спрямовані на заміну існуючої системи ремонту.

Ряд фахівців бачать зміни в удосконаленні планово-запобіжної системи ремонту за рахунок особливого обліку індивідуальних параметрів локомотива. Основою такої оптимізації виступають, дані про технічний стан вузлів і деталей що збираються в режимі реального часу. Фахівець, виконуючи планову діагностику, на підставі даних, оброблених електронним обладнанням, отримує можливість прийняти рішення щодо заміни вузла із критичними рівнями діагностичних параметрів і тим самим запобігти відмові локомотива в поїзді. Або прийняти рішення про зменшення або виключення операцій по обслуговуванню й ремонту, якщо діагностичні параметри в нормі. Тим самим збільшується час корисної експлуатаційної роботи (міжремонтний пробіг) вузла й мінімізуються обсяги й строки ремонту [1, 2].

Прикладом практичного впровадження системи планово-запобіжного ремонту з урахуванням технічного стану може служити проведений експеримент суть якого в такому: на станції реостатних випробувань проводиться налаштування ДГУ відповідно до характеристик. Система обліку витрати палива й контролю параметрів роботи дизель-генераторної установки (ДГУ) «АПК Борт» накопичує інформацію про роботу тепловоза, за якою виявляються факти порушення машиністами режимів роботи тепловоза, передвідмовні стани, вихід характеристик ДГУ за допуски. На плановому ремонті локомотива ухвалюються превентивні заходи, одночасно з корегуванням нормативних обсягів технічного обслуговування й ремонту. У результаті зростає надійність тепловоза, підвищується потужність локомотива, скорочується питома витрата палива. Статистика говорить про те, що за кілька років вдалося не тільки підняти надійність локомотивів в експлуатації, але й значно скоротити витрати на обслуговування локомотивів.

Підвищення надійності локомотивів і вдосконалювання ремонтних технологій можливе й за рахунок переведення тягового рухомого складу на сервісне обслуговування [3].

Модель переходу на повне сервісне обслуговування передбачає скорочення витрат на ремонт і обслуговування локомотивів, підвищення їх надійності, та як наслідок, підвищення ефективності роботи в цілому.

Модель сервісного обслуговування локомотивів визначає необхідність оплати виконаних робіт тільки за фактом забезпечення належної якості ремонтів і обслуговування. Результатом переходу до даної моделі ремонту й обслуговування

локомотивів повинне стати формування ефективної, економічно раціональної системи забезпечення утримання локомотивів із заданим рівнем коефіцієнта технічної готовності.

В умовах нових відносин сервісні компанії є самостійними структурами на конкурентному ринку, що сформувався, які несуть повну відповідальність за своєчасне виконання і якість ремонту й обслуговування локомотивів і тому прямо зацікавлені в ефективному функціонуванні локомотиворемонтного комплексу, його розвитку й залученні інвестицій у дану галузь. Основні шляхи підвищення ефективності використання локомотивів базуються на зниженні витрат на їх утримання і прямо пов'язані з удосконалюванням технічного обслуговування й ремонту.

Матеріали та методи дослідження. Розвиток засобів діагностування та програмного забезпечення для обробки великих масивів інформації дає змогу розглянути можливість створення більш оптимальної економічної системи ремонту за фактичним технічним станом, що є метою розгляду цієї статті.

З виникненням проривних технологій у виготовленні різноманітних вимірювальних приладів стало економічно доступним виготовлення засобів діагностики для всіх систем тепловоза. Але знання технічного стану системи або агрегату в окремо взятий момент часу ще не дозволяє судити про його стан, навіть у найближчий період експлуатації, що знижує цінність інформації, що накопичується.

Тому в цей час, у період лавиноподібного розвитку інформаційних систем на базі штучного інтелекту з'являється реальна можливість обладнати складні технічні системи, такі як експлуатовані локомотиви, сучасними діагностичними комплексами, які мають здатність до видачі рекомендацій про оптимальний час постановки локомотива на ремонт.

Як програмне забезпечення в таких комплексах застосовують апарат штучних нейронних мереж. Область нейронних мереж має історію більш ніж п'ять десятиліть, але знайшла широке застосування тільки за останні п'ятнадцять років, і галузь її застосування все ще розвивається [4, 5].

Первісне застосування нейронних мереж в інтелектуальному аналізі даних викликало скептичне відношення через недоліки, властиві нейронним мережам: складна структура, погана інтерпретованість і тривалий час навчання. Однак їх переваги, такі як, висока допустимість до зашумлених даних і низький коефіцієнт помилок, безперервне вдосконалення й оптимізація різних алгоритмів навчання мереж, алгоритму витягу правил, алгоритму спрощення мереж, роблять нейронні мережі усе більш і більш перспективним напрямом [4, 6].

Нейронні мережі – це адаптивні системи для обробки й аналізу даних, які являють собою математичну структуру, що імітує деякі аспекти роботи людського мозку, що й демонструють такі його можливості, як здатність до неформального навчання, здатність до узагальнення й кластеризації некласифікованої інформації, здатність самостійно будувати прогнози на основі вже наданих тимчасових рядів.

Головною їхньою відмінністю від інших методів, наприклад, таких, як експертні системи [7, 8, 9], є те, що нейронні мережі в принципі не мають потреби в заздалегідь відомій моделі, а будують її самі тільки на основі пропонованої інформації. Саме тому нейронні мережі застосовують для рішення завдань, у яких необхідні або постійна робота групи кваліфікованих експертів, або адаптивні системи автоматизації, якими і є нейронні мережі.

Тенденція практичної реалізації автоматизованих систем діагностування, зводиться до формалізації, спрощення й автоматизації процесу постановки діагнозу [10].

Апарат штучних нейронних мереж дозволяє вирішувати завдання оцінки працездатності як для об'єкта в цілому, так і для його окремих функціонально відособлених систем. У першому випадку поведінка всього об'єкта в цілому моделюється однією нейронною мережею, входами якої будуть вхідні параметри об'єкта, а виходами – його вихідні параметри, що характеризують здатність об'єкта виконати необхідну функцію, обумовлену його призначенням. У другому випадку об'єкт діагностування розглядається як система взаємозалежних функціонально відособлених систем (блоків), робота кожного з яких моделюється окремою нейронною мережею [11].

Тобто діагностична модель об'єкта в наведеному випадку являє собою нейромережевий діагностичний комплекс, зв'язки між мережами якого відповідають зв'язкам між системами (блоками) реального об'єкта. Створення і підтримка такого комплексу, крім збільшення кількості контрольованих параметрів, що характеризують процес функціонування об'єкта, вимагає суттєво більших витрат часу на навчання мереж і підвищеної потужності апаратних засобів для виконання діагностування. Однак у випадку відмови об'єкта результатом роботи комплексу буде не простий висновок про його непрацездатний стан, але і локалізація відмови з точністю до системи (блоку). Це дозволить скоротити час відновлення об'єкта після відмови.

У рамках даної роботи з удосконалення системи технічного обслуговування локомотивів розроблений нейромережевий діагностичний комплекс для контролю технічного стану електродвигунів тепловозу ЧМЕЗ. Вхідною інформацією для комплексу є дані, що реєструються системою безперервного моніторингу температури, вологості і вібрації в електродвигуні ТЕ-006. Обсяг цих даних дозволяє вирішувати не тільки завдання контролю технічного стану електродвигуна в цілому, але і локалізувати відмови з точністю до окремих конструкційних елементів.

Виходячи з переліку параметрів, контрольованих системою безперервного моніторингу, яка пропонується для безперервного контролю двигуна в експлуатації, розроблена функціональна модель електродвигуна тепловоза ЧМЕЗ, визначені вхідні параметри (сигнали з датчиків) і критерії працездатності підсистем двигуна від величини вхідних даних у вигляді діагностичних матриць. Приклад такої матриці для підсистеми «Якір» наведено в таблиці 1

На рис. 1 надана функціональна модель електродвигуна тепловоза ЧМЕЗ з виділеними функціонально відособленими системами, відмови яких можуть розпізнаватися за допомогою нейромережевих діагностичних моделей. Робота кожної із систем моделюється окремим нейроном з 1-м або 2-ма входами і одним виходом.

У зв'язку з тим, що багат шарові мережі більш потужні, ніж одношарові і вже другий шар може бути навчений так, щоб приблизити більшість функцій до оптимального значення [12] будемо розглядати саме такі мережі.

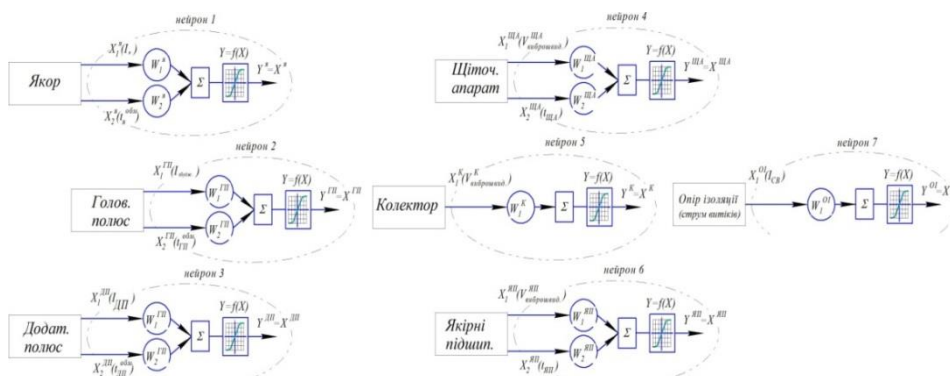
У зв'язку з тим, що багат шарові мережі більш потужні, ніж одношарові і вже другий шар може бути навчений так, щоб приблизити більшість функцій до оптимального значення [12] будемо розглядати саме такі мережі.

Щоб спростити програмну реалізацію комплексу і полегшити процес виконання підготовчих операцій при його експлуатації, структуру всіх моделей комплексу уніфікували

Таблиця 1

Приклад діагностичної матриці підсистеми «Якір»

Ступінь «нормальності» діагностичного сигналу, %	Найменування сигналу		Рішення мережі
	Струм якоря, I ^я , А	Температура обмоток якоря t ^{обм} _я	
100	1	1	придатний
90	0	1	придатний
90	1	0	придатний
...
60	1	0	передвідмовний стан
50	0	1	передвідмовний стан
...
30	1	0	відмова
10	0	1	відмова



X_n – вхідні сигнали (з датчиків системи); W_n – вага (ступінь важливості) параметра в технічному стані двигуна; $Y_k = X_k$ – вихідні сигнали (у вигляді скоректованої ваги для наступного шару нейромережі)

Рис. 1. Функціональна модель електродвигуна з попередньою обробкою вхідних сигналів у відповідних нейронах

Порівнюючи аналізи процесів навчання і розрахунки тестових вибірок мережами різної структури, прийшли до такого висновку. Найкращі результати по швидкості навчання, точності моделювання і швидкодії досягаються при використанні тришарової мережі [6, 13] прямого поширення із сімома входами, вхідним шаром з 7 нейронів, вихідним шаром з одного нейрона і одним внутрішнім (схованим) шаром, який включає 7 нейронів (рис. 2).

Як свідчить досвід експлуатації магістральних електровозів, впровадження тільки системи безперервного моніторингу температурних режимів функціонування ТЕД зменшує відмови останніх на 30 – 35%, вихід з ладу колекторів в 2,6 – 3, 3 рази, а кількість колових вогнів у них в 3,1 – 3, 7 рази, при загальному зменшенні зношування колекторів в 2,8 – 3, 4 рази. На противагу ж вищевикладеному, у свою чергу, експлуатація ТЕД без систем контролю теплових режимів збільшує кількість їх відмов в 1,5 – 3, 5 рази.

Пропонований діагностичний комплекс (рис. 3) з використанням штучних нейронних мереж (ШНМ) по контролю умов експлуатації тягових електродвигунів маневрових тепловозів ЧМЕЗ містить датчики 1 температури, датчики 2 вологості, вібродатчики 3, датчики струму 4, 5, вимірювальні радіомодулі 6, ретранслятор 7 сигналів.

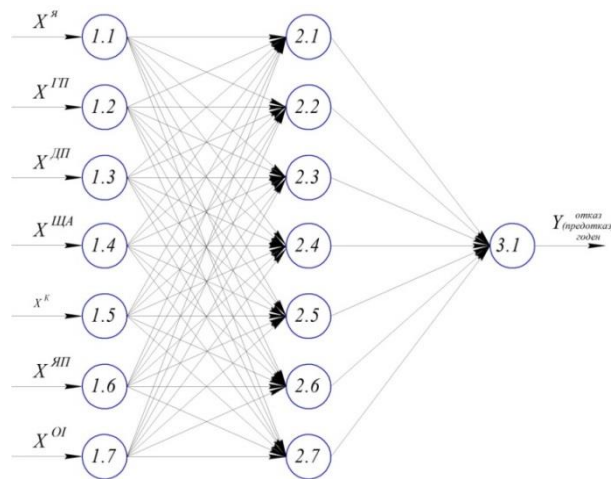


Рис. 2. Штучна нейронна мережа діагностики тягового двигуна ЧМЕЗ

Вимірювальний радіомодуль 6 має вісім вимірювальних каналів (два з яких з'єднано з датчиком температури 1, два – з датчиком вологості 2, два – з вібродатчиками 3, останні з датчиками струму). З'єднання датчиків 1, 2, 3, 4, 5 з вимірювальними каналами радіо модулю 6 виконане гнучкими провідниками. Радіомодуль 6 встановлюється на кожному електродвигуні в місці, де зручно з конструктивних міркувань і з урахуванням забезпечення радіодоступу до ретрансляційного блока 7, який розташований на стінках кузова тепловоза. Для захисту від впливу зовнішнього середовища і механічних впливів корпус радіомодулю виготовлений з міцного матеріалу. Частина корпусу вимірювального радіо модулю 6 виконана з радіопрозорого матеріалу.

Блок 8 обробки вимірювальної інформації отримує інформацію з ретрансляційного блока 7. Він являє із себе термінал, основу якого складає програмне забезпечення, що формує штучну нейронну мережу. Головне призначення мережі прийняти сигнали з датчиків комплексу, провести їх обробку згідно з самонавчальним алгоритмом

нейронної мережі і видати рішення щодо стану працездатності елементів двигуна у поточний момент і прогноз на подальший термін експлуатації.

Крім цього термінал забезпечує прийняття, передачу радіосигналів, зберігання інформації і пересилання її відповідним користувачам.

Для отримання об'єктивних значень температури і вологості тягового електродвигуна датчики температури 1 і вологості 2 виконані в порожнині спеціальних болтів, які вкручені в корпус двигуна з боку входу охолоджувального повітря у надколекторний простір і з боку виходу охолоджувального повітря (сторона шестерні) (рис. 3). Тим самим створені всі умови для виміру необхідних параметрів температури і вологості елементів ТЕД у зоні входу охолоджувального повітря і параметрів у торці ТЕД з боку шестерні (вихід охолоджувального повітря). Різниця температур і вологості дозволить більш об'єктивно судити про температурні поля всього двигуна. Можливість визначення датчиком 2 вологості точки роси, дає сигнал на включення сушильних агрегатів для запобігання «потіння» ізоляції, при знаходженні локомотива в умовах депо.

Датчики віброцигналу 3 встановлюються у підшипникових щитах двигуна, а датчики струму 4, 5 – на входних дротах обмоток двигуна.

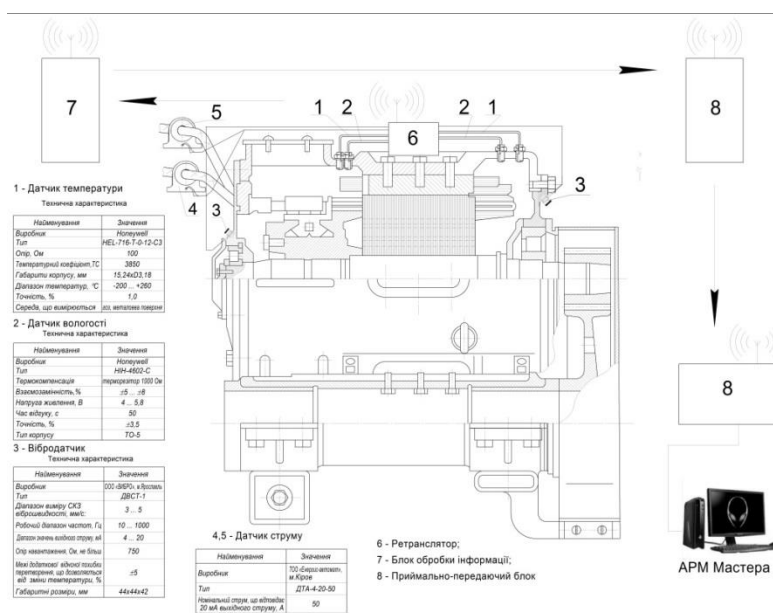


Рис. 3. Структурна схема розташування елементів системи безперервного моніторингу температури, вологості, віброшвидкості і сили струму на електродвигуні ТЕ-006

Система для безперервного моніторингу електричних машин працює в такий спосіб (рис. 3, 4)

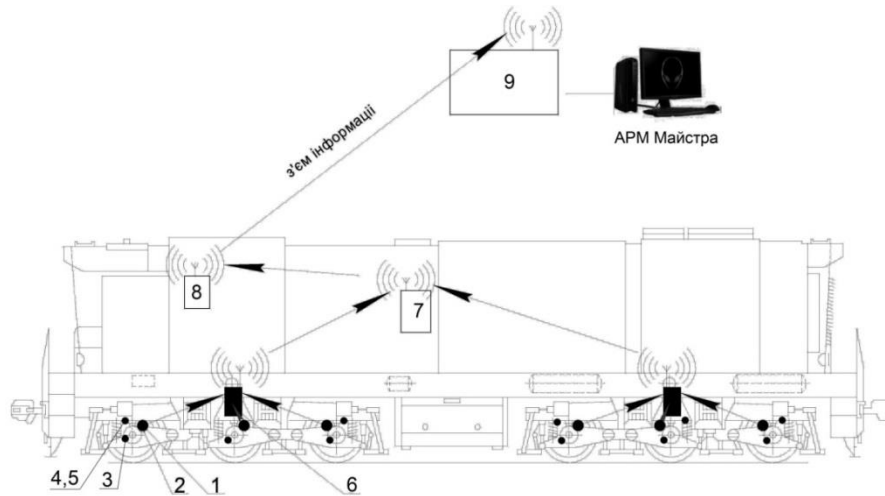


Рис. 4. Структурна схема розташування елементів системи безперервного моніторингу температури і вологості ТЕД на тепловозі:

- 1 – датчик температури; 2 – датчик вологості; 3 – вібродатчик; 4, 5 – датчик струму;
6 – радіомодуль; 7 – ретранслятор; 8 – термінал з ШНМ; 9 – блок приймання-передачі АРМ майстра

Інформація, з датчиків 1, 2, 3, 4, 5 надходить у відповідні вимірювальні канали вимірювального радіомодуля 6, у якому ця інформація обробляється і передається на ретранслятори 7 сигналів. Вимірювальний радіомодуль 6 максимально уніфікований і дозволяє, якщо буде потреба, підключати до нього необхідну кількість датчиків. У зв'язку з тим, що радіомодуль працює в складних умовах зовнішнього середовища і може зазнати механічні впливи у процесі експлуатації, його корпус виконаний з необхідним ступенем захисту від впливу зовнішнього середовища і необхідною стійкістю до механічних впливів. Оскільки всі елементи радіомодуля перебувають всередині корпусу, включаючи його автономне джерело живлення і антену передавального обладнання, то для забезпечення стійкого радіозв'язку з ретранслятором частина корпусу вимірювального радіомодуля (у зоні розташування антени) виконана з радіопрозорого матеріалу, що забезпечує радіопрозорість на рівні не менш 80%.

Переданий від радіомодуля 6 інформаційний сигнал, підсилюється в ретрансляторі 7 сигналів, який забезпечує необхідну дальність передачі сигналів, і передається в приймач блока 8 обробки вимірювальної інформації. Прийнята вимірювальна інформація обробляється штучною нейронною мережею блока 8 і записується в його пам'ять (наприклад, у вигляді бази даних). Ця інформація також відображається на локомотивному дисплеї машиніста у вигляді відмітки про технічний стан елементів ТЕД з можливістю більш докладного розшифрування по елементах двигуна.

При знаходженні тепловоза в зоні впевненого приймання (у місці розташування ремонтного підприємства) з терміналу 8 по радіоканалу зв'язку може бути передана інформація, що записана в процесі руху, через приймально-передавальне обладнання 9 на автоматизоване робоче місце майстра ремонтного депо (на його

персональний комп'ютер). На персональному комп'ютері АРМ отриману інформацію записують у базу даних конкретного локомотива. Нові показники з датчиків комплексу вводяться до навчальних програм, які в подальшому будуть використані у ШНМ для самонавчання.

Висновки. Результати роботи ШНМ дозволяють визначити ступінь і характер впливу експлуатаційних факторів на розвиток процесів пошкодження елементів тягової електричної машини, а також визначити вплив усіх стадій експлуатації тепловоза (робота під навантаженням, вибіг, очікування роботи тощо) на стан його ізоляції, підшипників, колекторного вузла й інших елементів.

Це у свою чергу дозволяє заздалегідь визначити ступінь можливої зміни характеристик ізоляції експлуатованої тягової електричної машини і зробити висновок про необхідність проведення профілактичних або ремонтних робіт.

Обладнання тягових електродвигунів такою системою дозволить запобігти або, принаймні, звести до мінімуму відмови тягових електричних машин у процесі експлуатації через зниження діелектричної міцності ізоляції її обмоток, розладу у роботі підшипників і щітко-колекторного вузла.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чигирик Н.Д., Возненко С.І., Вихопень І.Р., Клецька О.В. Методи діагностування технічного стану елементів колісно-моторних блоків тягового рухомого складу [Текст] / Н.Д. Чигирик, С.І. Возненко, І.Р. Вихопень, О.В. Клецька // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2017. – № 4. – С. 235 – 243.
2. Планово-предупредительный ремонт локомотивов [Электронный ресурс]: информация / Транспортная газета «Евразия Вести», вып. XII. – Режим доступа: <http://www.eav.ru/publ1.php?publ1=2012-13a06> – (Дата обращения: 23.10.2018)
3. Силачева, Г.В. Проблемы и перспективы развития локомотиворемонтного комплекса ОАО «РЖД» [Текст] / Г.В. Силачева, Н.И. Пыжьянов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2015. 0 № 2(46). – С. 143-146
4. Safna F., Sunny R. Artificial Neural Network Based Data Mining. [Text] / F. Safna, R. Sunny // International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 5 Issue 4, April 2018 – pp. 240 – 245.
5. Beale M. H., Hagan M. T., Demuth H. B. Neural Network Toolbox: User's Guide [Text] / M. Beale, M. Hagan, H. Demuth. – Natick: Math Works, Inc., 2015. – 406 p
6. Sujata S.Kharat, Vamshi Krishna To Study Artificial Neural Networks in Data Mining and Its Method [Text] / International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies. Volume 3, Issue 7, July 2015. pg. 75 – 80.
7. Guo Q., Niu J. The Research of Data Mining Based on Neural Networks [Text] / Q. Guo, J. Niu // Advanced Materials Research, 2014. – Vols. 989-994, pp. 2080-2083.
8. Tewary G. Effective data mining for proper mining classification using neural networks [Text] / G. Tewary // International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process (IJDKP). – Vol.5, No.2, March 2015 pp. 65 – 82.
9. Das D., Uddin M. Data mining and neural network techniques in stock market prediction: amethodological review [Text] / D. Das, M. Uddin // International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IAIA), Vol.4, No.1, January 2013. pp. 117 – 127.
10. Кацуба, Ю.Н. К вопросу применения искусственных нейронных сетей в автоматизированной системе диагностирования [Текст] / Ю.Н.Кацуба // Инновации на транспорте и в машиностроении: сб. тр. III Международной научно-практической конференции. Т. I / Под ред. В.В. Максарова / Отв. ред. А.И. Беляев, Т.А. Менухова, А.В. Терентьев. /Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – СПб., 2015. – 142 с.
11. Грищенко, А. В. Аппарат искусственных нейронных сетей для диагностики современного локомотива [Текст] / А. В. Грищенко, В. В.Грачев, Ю. В.Бабков, Ю. И. Клименко // Локомотив. – 2012. – № 7. – С. 36 – 40.

12. Hagan, M. Neural Network Design Guide [Text] / M. N. Hagan, H. Demuth, M. Beale, H. Demuth. – Martin Hagan, 2014. – 800 p.
13. Patent. US20140062371 A1, UNITED STATES PATENT. Method and system for motor thermal protection/ Roy David Schultz, Jeffrey Daigle, Sudhir Gupta ; заявитель и патентообладатель: Roy David Schultz, Jeffrey Daigle, Sudhir Gupta ; заявл. 06.09.2012 ; опубл. 06.03.2014.

REFERENCES

1. Chygyryk N.D., Voznenko S.I., Vyhopen' I.R., Klec'ka O.V. (2017) Metody diagnostuvannja tehničnogo stanu elementiv kolisno-motornyh blokiv tjagovogo ruhomogo skladu [Methods of diagnosing the technical condition of the elements of the wheel-motor blocks of the traction rolling stock]. Visnyk Shidnoukrai'ns'kogo nacional'nogo universytetu imeni Volodymyra Dalja, № 4, pp. 235 – 243.
2. Planovo-predupreditel'nyj remont lokomotivov / Transportnaja gazeta «Evrazija Vesti», vyp .III. – Rezhim dostupa: <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2012-13a06>.
3. Silacheva, G.V. (2015) Problemy i perspektivy razvitija lokomotivoremontnogo kompleksa OAO «RZhD» [Problems and prospects of development of the locomotive repair complex of JSC “Russian Railways”]. Sovremennye tehnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie, № 2(46), pp. 143-146
4. Safna F., Sunny R. (2018) Artificial Neural Network Based Data Mining. International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 5 Issue 4, April 2018. pp. 240 – 245.
5. Beale M. H., Hagan M. T., Demuth H. B. (2015) Neural Network Toolbox: User's Guide - Natick: Math Works, Inc., 406 p
6. Sujata S.Kharat, Vamshi Krishna (2015) To Study Artificial Neural Networks in Data Mining and Its Method / International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies. Volume 3, Issue 7, July 2015. pp. 75 – 80.
7. Guo Q., Niu J. (2014) The Research of Data Mining Based on Neural Networks - Advanced Materials Research, 2014. - Vols. 989-994, pp. 2080-2083,
8. Tewary G. (2015) Effective data mining for proper mining classification using neural networks - International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process (IJDMP) Vol.5, No.2, March 2015 pp. 65 – 82.
9. Das D., Uddin M. (2013) Data mining and neural network techniques in stock market prediction: amethodological review - International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJAA), Vol.4, No.1, January 2013. pp. 117 – 127.
10. Kacuba, Ju.N. (2015) K voprosu primenenija iskusstvennyh nejronnyh setej v avtomatizirovannoj sisteme diagnostirovanija [On the use of artificial neural networks in an automated diagnostic system] - Innovacii na transporte i v mashinostroenii: sb. tr. III mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii. Tom I / Nacional'nyj mineral'no-syr'evoj universitet «Gornyj». – 142 p.
11. Grishhenko, A. V. (2012) Apparat iskusstvennyh nejronnyh setej dlja diagnostiki sovremennoho lokomotiva [Apparatus of artificial neural networks for the diagnosis of modern locomotive]. Lokomotiv. - № 7, pp.36 – 40.
12. Hagan, M. Demuth H., Beale M., Demuth H. (2014) Neural Network Design Guide. Martin Hagan, - 800 p.
13. Patent. US20140062371 A1, UNITED STATES PATENT. (2014) Method and system for motor thermal protection/ Roy David Schultz, Jeffrey Daigle, Sudhir Gupta ; заявитель и патентообладатель: Roy David Schultz, Jeffrey Daigle, Sudhir Gupta.

*Наталья Дмитриевна Чигирик, к.т.н., доцент,
(доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт подвижного состава»,
Украинский государственный университет железнодорожного транспорта),
Андрей Леонидович Сумцов, к.т.н.,
(старший преподаватель кафедры «Эксплуатация и ремонт подвижного
состава», Украинский государственный университет железнодорожного
транспорта),
Максим Вячеславович Осаулко,
(студент гр. I-VII-Лм, Украинский государственный университет
железнодорожного транспорта),
Максим Анатолиевич Колесник,
(студент гр. I-VI-Л, Украинский государственный университет
железнодорожного транспорта),*

**СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВЗОВ ЧМЭЗ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Поддержание тягового подвижного состава в работоспособном состоянии с минимальными затратами на ремонт – цель любого локомотивного депо. Современные приборы и устройства позволяют технически организовать диагностику систем тепловоза, а программное обеспечение искусственных нейронных сетей – полное использование оперативной информации о техническом состоянии систем с выдачей заключения о необходимости постановки тепловоза в оптимальный момент времени на ремонт.

***Ключевые слова:** тяговый подвижной состав, ремонт, диагностика, искусственные нейронные сети, самообучение*

*Nataliya Chigirik, Ph.D., Associate Professor
(Associate Professor of the Department of operation and repair of the rolling stock,
Ukrainian State University of Railway Transport),
Andrii Sumtsov, Ph.D.
(Senior lecturer of the Department of operation and repair of the rolling stock,
Ukrainian State University of Railway Transport),
Maxim Osaulko,
(student of the I-VII-Лм group, Ukrainian State University of Railway Transport),
Maxim Kolesnik,
(student of the I-VI-Л group, Ukrainian State University of Railway Transport)*

**SYSTEM FOR DIAGNOSING THE TECHNICAL CONDITION
OF TRACTION ELECTRIC MOTORS OF DIESEL LOCOMOTIVES CHME3
USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

The tendency for practical implementation of automated diagnostic systems is meant to formalize, simplify, and automate the process of diagnosis.

The device of artificial neural networks allows to solve tasks of estimation of efficiency both for an object as a whole and for its specific functionally separated systems. The results of the work of artificial neural networks allow to determine the degree and nature of the influence of operational factors on the development of the processes of damaging the elements of the traction electric machine, as well as to determine the impact of all stages of the operation of the locomotive (work under load, run, waiting for work, etc.) for the state of its isolation, bearings, collector node and other elements.

This, in turn, allows you to determine in advance the degree of possible change in the characteristics of the isolation of the traction electric vehicle used and to make a conclusion on the need for preventive or repair work.

The equipment of traction electric motors with such a system will help to prevent or at least minimize the failure of traction electric machines during operation due to the lower dielectric strength of isolation of its windings, disruption in the work of bearings and brush-collector node. It is offered to apply self-teaching neural networks in the diagnostics of the operation of traction electric motors of diesel locomotives CHME3 with the prospect of spreading the accumulated experience to all systems as a whole.

Keywords: *traction rolling stock, repair, diagnostics, artificial neural networks, self-learning.*