

УДК 629.4.027.1

МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ КОЛІСНО-МОТОРНИХ БЛОКІВ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Чигирик Н.Д., Возненко С.І., Вихопень І.Р., Клецька О.В.

METHODS OF DIAGNOSING THE TECHNICAL CONDITION OF ELEMENTS WHEELED MOTOR UNITS OF TRACTION ROLLING STOCK

Chyhyryk N., Voznenko S., Vykhopen' I., Klets'ka O.

В статті приведено описання різного роду методів виконання діагностики технічного стану колісно-моторних блоків (КМБ) тягового рухомого складу (ТРС) в цілому, так і окремо кожного із елементів, що входять до його складу.

Ключові слова: колісно-моторний блок, діагностика технічного стану, системи діагностування, колісна пара, тяговий електродвигун, тяговий редуктор.

Вступ. Інтенсивне зростання об'ємів перевезень вантажів, збільшення швидкостей руху пасажирських поїздів — одні з основних цілей, досягти яких прагне Укрзалізниця. Мало того, дані вимоги продиктовані часом та рівнем якого досягнув прогрес у світі. Все це потребують впровадження значних змін до існуючих систем та методів як експлуатації так і обслуговування рухомого складу залізниць. Одним із найважливіших, є широке застосування методів діагностування та прогнозування майбутнього технічного стану.

Постановка проблеми. Колісно-моторний блок — сукупність таких елементів як, колісна пара, буксові вузли, моторно-осьові підшипники (МОП), тяговий електродвигун, тяговий редуктор. Від технічної справності усіх цих елементів, що входять до КМБ на пряму залежить безпека руху, та можливість реалізації параметрів руху, яких вимагають від рухомого складу, а це швидкість, плавність ходу, ефективна реалізація сила тяги локомотива та ін.

Відсутність будь яких пружних елементів в конструкції КМБ ТРС які використовуються на залізницях України, приводить до постійного впливу на нього різноманітних динамічних навантажень які виникають під час руху внаслідок взаємодії колісних пар із нерівностями колії. Цей вплив призводить до виникнення великої кількості пошкоджень, які при невчасному виявленню приводять до виходу з ладу тягового рухомого складу (ТРС) в найкращому

випадку, а в найгіршому ж, до виникнення аварій — сходу поїздів з рейок та ін.

Для запобігання цьому існують різноманітні методи проведення діагностування технічного стану елементів КМБ як в стаціонарних умовах під час проведення ремонтів, так і безпосередньо під час руху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завдання проведення діагностики елементів КМБ, являється одним із перших, у списку актуальних. Доцільність її запровадження та регулярного використання доведено досвідом отриманим як зарубіжними так і вітчизняними локомотивними депо. При тому, що як і у всьому, зарубіжний досвід набагато перевершує вітчизняний.

Та все це, лише сприяє набуттю значної актуальності даного завдання, а саме, розробка новітніх методів та способів виконання діагностики КМБ, створення сучасних засобів для її виконання. Значних досягнень в даній сфері зазнали такі науковці як: Буйносов А.П., Буряк С.Ю., та ін.

На залишилися осторонь і вітчизняні науковці, до прикладу: Фалендиш А.П. розробив та представив увазі модель оцінки технічного стану тягових електродвигунів (ТЕД) на прикладі моторвагонного рухомого складу [14, 15]. В основі лежить інформаційно-статистичний метод контролю складних систем. Відносно приведеного переліку основних параметрів контролю стану системи ТЕД, запропоновані допустимі їх значення. Відповідно до цього розробленого алгоритму розрахунку на основі отриманих результатів можливо здійснювати прогнозування подальшого розвитку технічного стану.

Ткаченко В.П., Басов Г.Г., Сапронова С.Ю., Воронько О.М. та ін., здійснили значний вклад в області діагностування, ремонту та утримання колісних пар, як основного елементу КМБ [16, 17].

Мета статті. Аналіз особливостей існуючих методів виконання діагностування елементів КМБ.

Огляд зарубіжних та вітчизняних систем їх комплексної діагностики, описання обладнання, що використовується при цьому, приведення їх основних параметрів та характеристик.

Результати досліджень. Колісно-моторний блок – вузол локомотива, що складається із тягового електродвигуна, зубчатої передачі і колісної пари та призначений для передачі тягової потужності (крутного моменту) електродвигуна та навантаження локомотива на колісну пару [1]. Конструкція колісно-моторного блока залежить від типу підвищення тягового електродвигуна і характеру передачі навантаження локомотива на колісну пару, від сили тяги, гальмівної сили поїзда, впливу рейкової колії на колісну пару і т.д. На вантажних локомотивах застосовується опорно-осьове підвищення (див. рис. 1) – це коли тяговий двигун опирається через пружні елементи на раму візка або траверсу і через МОП – на вісь колісної пари.

Таку конструкцію КМБ використовують на більшості тепловозів та електровозів, що на даний час експлуатуються залізницями України.

Робота рухомого складу в системі колесо-рейка пов'язана із значним виробленням обох компонентів, однак в особливій степені це відноситься до вироблення колісних пар. Під час експлуатації погіршується геометрія колеса, якість його матеріалу та стан поверхні кочення, зростають напруження, зменшуються показники плавності ходу та рівня безпеки руху.

Ручний спосіб визначення величини вироблення колісних пар потребує значних затрат часу. Автоматизація дозволяє виконувати дані вимірювання за декілька хвилин. При цьому забезпечується значне підвищення точності вимірювань і можливість планування технічного обслуговування.

Існують декілька видів автоматизованого контролю стану колісних які вже зазнали розповсюдження і застосовуються, а саме: система «ARGUS» (розроблена німецькою компанією «Hegenscheidt-

MFD», Еркеленц), «ДИСК-К» і система безконтактного контролю «TreadView» (компанія «AEA Technology Rail», Великобританія).

Система ARGUS. Вимірювальна система ARGUS розроблена німецькою компанією Hegenscheidt-MFD, Еркеленц. Вона здійснює вимірювання та обслідування колеса рейкового рухомого складу під час руху. Установка довжиною 20 м працює в спеціалізованому депо Берлін-Руммельсбург, де здійснює обслуговування поїздів серії ICE. Всі вимірювання на поїзді довжиною 400 м, що рухається зі швидкістю біля 10 км/год, виконуються протягом 3 хвилин [2].

При про слідування поїзда через установку всі колеса перевіряються за рядом параметрів. Результати вимірювань поступають в цех ремонту по системі передачі даних. Блок інформації для кожного колеса може бути виділений за допомогою системи ідентифікації. Всі результати вимірювань, що дають повну інформацію про стан кожного із коліс та колісних пар в цілому, зберігаються в накопичувачі пам'яті.

Доступ до даних з метою їх оцінки може бути дозволений комп'ютером більш високого рівня. Результати вимірювань і розраховані відповідно до них строки експлуатації дозволяють здійснювати планування роботи з обточки коліс або заміни колісних пар. Маючи дані про стан профілю кожного колеса, можна попередньо задавати режим його обточки на колісноточарному станку.

Система ARGUS складається із базового блоку (комп'ютера управління та контролю) і ряду модулів:

- ідентифікації поїзда;
- виявлення некруглостей та повзунів;
- вимірювання діаметра і відстані між внутрішніми гранями коліс;
- обміру профілю;
- ультразвукової дефектоскопії.

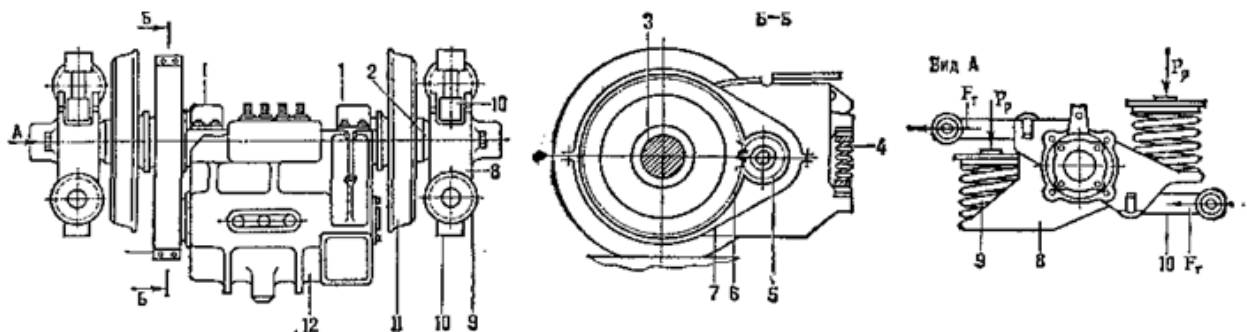


Рис. 1. Колісно-моторний блок тепловоза з опорно-осьовим підвищенням:

- 1 – моторно-осьовий підшипник (МОП); 2 – консольні шийки; 3 – вісь колісної пари; 4 – пружні елементи;
- 5 – шестерня зубчатого тягового редуктора; 6 – зубчате колесо; 7 – роз'ємний кожух; 8 – корпус букси;
- 9 – циліндричні гвинтові пружини; 10 – повідець; 11 – колісна пара; 12 – корпус тягового електродвигуна (ТЕД)

Вимірювальна установка, створена на базі системи ARGUS, монтується у відкритому просторі і може експлуатуватись при температурах, характерних для Центральної Європи. Датчики системи закриті захисними корпусами, в які під тиском подається гаряче повітря. Установка відповідає самим жорстким вимогам по відношенню до достовірності отриманої інформації від процесу діагностування. З певним інтервалом часу проводять калібровку вимірювальних пристроїв. Достовірність результатів вимірювань перевіряється за допомогою ймовірнісних методів розрахунку. експлуатаційна готовність установки складає 98%.

Завдяки модульному принципу, при відмові у роботі одного із компонентів, інші зберігають свою працездатність. Установка працює в автоматичному режимі без персоналу. Працездатність та справність установки може бути перевірена дистанційно. Можливо також дистанційне усунення деяких неполадок.

Для автоматизації процесу розпізнавання кожного із поїздів і кожна одиниця рухомого складу обладнуються сигнальним електронним блоком, який за допомогою антени передає присвоєний йому ідентифікаційний номер. За ідентифікаційним номером та інформації датчика кількості осей визначається приналежність блоку даних конкретному колесу.

Аналогічно за властивостями є система «ДИСК-БКВ-Ц» і її підсистема «ДИСК-К», що являється комплексною системою діагностики рухомого складу [3]. Складається з:

«ДИСК-Б» - підсистема виявлення перегрітих букс;

«ДИСК-К» - підсистема виявлення нерівностей поверхні кочення коліс;

«ДИСК-В» - підсистема виявлення деталей що волочуться;

«ДИСК-Ц» - підсистема централізованого отримання інформації.

Система «ДИСК-БКВ-Ц» має трьохрівневу структуру. На нижньому рівні де формується інформація про технічний стан рухомого складу, знаходяться перегонне (постове і напільне) обладнання. Елементами середнього рівня являються станційне обладнання лінійного пункту контролю і передаючий комплект підсистеми «ДИСК-Ц». Постове обладнання розташовується на перегоні біля місця установки напільних датчиків. Станційне обладнання розташовується в ПТО або приміщенні ДСП. Елементом верхнього рівня системи «ДИСК-БКВ-Ц» являється реєструюча апаратура підсистеми «ДИСК-Ц» на центральному пункті контролю, розташованому в ПТО або ПКТО, об'єднуюча інформацію з декількох лінійних пунктів контролю і з'єднана з передаючим комплектом лінії зв'язку.

При виявленні апаратурою «ДИСК-К» дефекту колеса по колу кочення інформація про порядковий номер вагона і номер осей в вагоні, а також величина динамічного впливу колеса на рейку вказуються за допомогою реєструючої апаратури «ДИСК-Б».

В рамках комплексної автоматизованої системи управління залізничним транспортом в Уральському державному університеті шляхів сполучення (Росія) на кафедрі електричної тяги створена автоматична вимірювальна система для контролю геометричних параметрів колісних пар залізничного рухомого складу [4,5].

Автоматична вимірювальна система, об'єднуюча розроблені авторами пристроїв і автоматичну систему обміру коліс під час руху, призначена для оперативного високоточного контролю основних параметрів колісних пар рухомого складу: діаметра по колу кочення, різниця діаметрів, товщини гребенів, прокати, параметри крутизни гребня, відстані між внутрішніми гранями коліс, паралельності осей колісних пар у візках та ін., а також для ведення паспорта колісних пар і прогнозування їх ресурсу до обточки та заміни. В систему входять електронні автоматизовані переносні пристрої КИП (комплексний визначник параметрів), та ИД (вимірювач діаметра). В склад обох пристроїв входять визначник та вимірювальна скоба з встановленими на неї двома резистивними датчиками. Визначник виконаний на базі мікропроцесора фірми Intel 80С51, за допомогою якого виконується вимірювання, обробка та індикація параметрів безпосередньо на місці проведення замірів. Блок живлення представляє собою акумулятор або звичайну батарею типу «Крона», розташовану в корпусі вичислительного ля. Включення питання виконується вимикачем, розташованим на корпусі визначного блоку. В якості функціональної клавіатури використані мікрокнопки типу ПКН-159-3. Всі вимірювальні параметри збираються в енергонезалежній пам'яті пристрою протягом однієї або декількох робочих змін, їх можна оперативно переглянути на блоці індикації. Об'єм оперативної пам'яті мікропроцесорного блоку – 32 кілобайта. Крім того, в склад вимірювальної системи входять автоматична система обміру коліс при русі рухомого складу АСОК-І (АСОК-Л).

Система АСОК-І (АСОК-Л) призначена для автоматичного оперативного контролю параметрів колісних пар (параметри гребня діаметр колеса, наявність і розміри повзуна, непаралельність колісних пар візка та ін.). Система забезпечує вимірювання параметрів колісних пар під час руху поїзда із швидкістю до 50 км/год. При використанні системи АСОК оператор, маючи оперативні дані про колісні пари, може за допомогою своєчасного ремонту продовжити їх ресурс і знизити ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

Важливою частиною розробленої вимірювальної системи контролю параметрів колісних пар локомотивів являється програмний комплекс «АРМ Депо». Програми що входять до комплексу дозволяють створювати базу даних електронних паспортів колісних пар індивідуально для кожного локомотива, визначати степінь зносу і прогнозувати зміни геометричних параметрів колісних пар в залежності

від наробітку, відслідковувати динаміку зносу бандажів.

В інформаційній базі вимірювальної системи виконується прогнозування подальшої зміни зносу коліс і формування протоколів, стратегічних прогнози по всьому парку локомотивів. Обробляє первинну локаційну інформацію для кожного бандажа колісної пари, поступаючи із вимірювальних блоків пристроїв; систематизує інформаційний потік; виконує розрахунки геометричних параметрів бандажів колісних пар на основі аналізу первинної інформації, формує файл звіту про результати розрахунків окремо по кожному бандажу колісної пари локомотиву або парку ТРС з фіксацією всіх параметрів; діагностує власну апаратну частину контрольно-вимірювальних пристроїв.

Крім того, програмний комплекс через пристрій аварійного попередження про вихід контрольованих параметрів колісних пар за гранично допустимі значення подає відповідні сигнали в підсистемі вимірювання.

Не залишається без уваги спосіб ультразвукового контролю ободів колісних пар. Суть способу полягає в нанесенні контактної рідини на частину бокової поверхні обода, п'єзоелектричний перетворювач вручну переміщують по заданій траєкторії спочатку в режимі пошукової чутливості, відмічають місця реєстрації сигналів від можливих дефектів, а після в режимі бракувальної чутливості виявляють недопустимі дефекти.

З метою підвищення продуктивності та достовірності ультразвукового контролю технічного стану коліс рухомого складу запропоновано метод, в основі якого [6] скануючий пристрій із п'єзоелектричними перетворювачами фіксується у ванні з контактною рідиною, на колесо, що піддається контролю, встановлюють змінну мітку початку кутової координати і задають напрямок обертання колісної пари.

Метод реалізується за рахунок використання установок для ультразвукової дефектоскопії колісних пар колії 1520 мм. Функціональна схема представлена на рис.2.

Установка поєднана із технологічною рейковою колією, якою подаються колісні пари без буксових вузлів та внутрішніх кілець підшипників. В якості електронного дефектоскопічного блоку використовують дефектоскоп УД2-12 і перетворювачі п'єзоелектричні з комплекту ПРИЗ-Д5. В якості змінної мітки початку кутової координати використаний циліндричний магніт діаметром 7 мм та висотою 5 мм, намагнічений вздовж осі циліндра. Імерсійні ванни виконані зварними ємкістю по 70 л. В якості контактної середовища використовується технічна вода. В імерсійних ваннах розташовані скануючі пристрої, кожне з яких обладнано п'ятьма п'єзоелектричними перетворювачами.

Для підвищення достовірності отриманих даних з ультразвукового контролю стану катаних колісних центрів проведено аналіз удосконаленої тех-

нології ультразвукового діагностування із застосуванням специфічних діаграм амплітуда-відстань-діаметр [7].

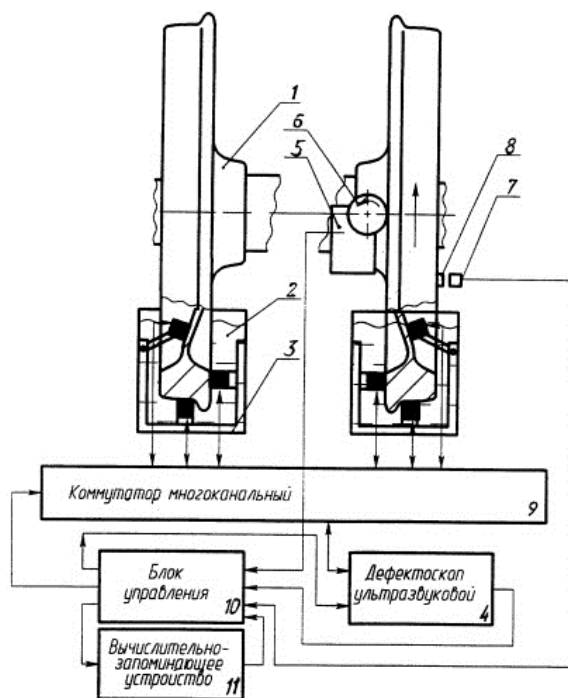


Рис. 2. Функціональна схема методу визначення дефектів колісних пар ультразвуком

За результатами теоретичних та практичних досліджень проведених науковцями були отримані нові аналітичні залежності, що описують зв'язок між амплітудною характеристикою ехосигналу від несущільності та параметрами несущільності, необхідні для побудови специфічних АРД-діаграм для оцінки несущільностей при ультразвуковому контролі обода та ступиці катаного колісного центра в осьовому напрямку, а також обода і зони переходу від обода до диска катаного колісного центра в радіальному напрямку.

Також існують системи діагностування розроблені на основі безконтактного оптичного вимірювання, дозволяючи виявляти дефекти колеса задовго до того, як вони можуть стати причиною аварії.

Перевагою даних систем є можливість проведення вимірювань під час руху поїзда на будь-яких його швидкостях. Недоліком ж, є те, що освітлення поверхні колеса в косих пучках при похилому падінні скануючого лазерного променя на поверхню колеса приводить до появи додаткових викривлень, обумовлених зміною кута падіння променя, і як наслідок, до виникнення додаткових помилок в вимірюваннях.

Дані недоліки системи частково або повністю усунуто розробниками за рахунок впровадження різноманітних технологічних рішень, до прикладу, система «EVA», для компенсації модифікації рейки, викликаної розташуванням лазера і камери нижче УГР, застосовує додаткові направляючі і захисні

елементи. Наслідком даного підходу являється низька швидкість виконання вимірювань, що складає не більше 15км/год.

Однією із сучасних тенденцій організації систем моніторингу колісних пар являється інтегрування в рамках єдиного комплексу функцій декількох модулів, забезпечуючи отримання повної інформації про параметри колісної пари. Наприклад комплексна система «WISE» (компанія «IEM», США) зображена на рис. 3.

Окрім пристроїв зміни профілю і діаметра колеса, система включає також модулі визначення дефектів колеса і вимірювання прокату і овальності. Принцип дії модуля заснований на використанні електромагнітних ультразвукових датчиків. Перший датчик генерує хвилю, що розповсюджується в поверхневому шарі колеса і огинаючи його по колу. Відображений від дефекту сигнал приймається другим датчиком.

Ще одним із варіантів безконтактного виконання діагностування поверхні кочення колісної пари є метод оснований на аналізі звуку що виникає при коченні колісної пари по рейковій колії [8].

Будь-яке переміщення колеса по рейці супроводжується характерним звуком. При русі по прямій рівній ділянці ідеальної колісної пари звук від руху буде мінімальним. Але, оскільки в процесі експлуатації спостерігається незначні відмінності в діаметрах коліс однієї колісної пари, то, навіть, на прямій ділянці колії, буде спостерігатись незначне проковзування колеса, з меншим діаметром, що призводить до виникнення звуків. Що стосується проходження кривих, то навіть колісна пара з абсолютно однаковими значеннями розмірів діаметра коліс буде спричиняти скрип від проковзування одного колеса, що

котиться по зовнішній рейці, оскільки діаметр внутрішньої рейкової нитки колії менше і друге колесо стримиться пройти його швидше. Це відбувається по причині відсутності диференціації коліс в колісній парі. При набіганні колеса, що має дефект поверхні кочення, на головку рейки відбувається співударяння контактуючих поверхонь, що супроводжується характерним звуком.

Для проведення випробувань, пов'язаних із записом звуку, що супроводжує рухомий склад що рухається, використовують ділянку колії, що знаходиться на станції, де розташовано вагомір. Через це швидкість на даній ділянці обмежена до 15 км/год для вантажних поїздів, що дає однакові початкові умови для виконання випробувань коліс. Мікрофон М встановлюється на відстані 760 мм від головки рейки непарної колії двохколійної ділянки на відстані 2 м від стика.

Вагомір, в свою чергу, за рахунок вбудованих тензодатчиків виконує заміри зміни сил навантаження на рейку, про що повідомляється у вигляді шифрограми. Шифрограма виконується у вигляді телеграми – натурального листа, в якому вказані значення навантаження на вісь, її порядковий номер, а також по дев'ятибальній шкалі нестабільність навантаження від колеса. Слід зазначити, що довжина поверхні кочення колеса складає 2983 мм, а зони контролю вагоміра – 600 мм. Таким чином, перевірена тензодатчиками вагоміра частина колеса складає всього 20,114% від всієї поверхні кочення, що не забезпечує відповідним чином контролю за станом поверхні кочення колеса, який в повній мірі повинен бути проведений іншими методами.

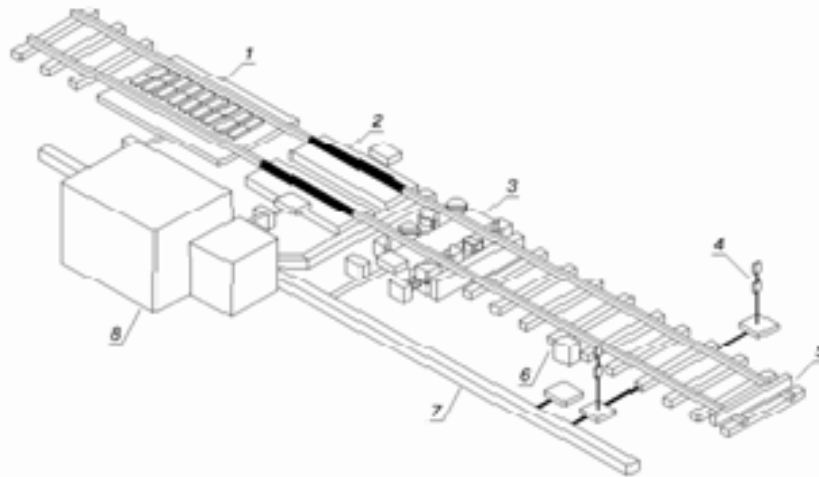


Рис. 3. Комплексна система контролю колісних пар «WISE»:

- 1 – модуль вимірювання прокату та овальності; 2 – модуль визначення дефектів колеса; 3 – модуль WISE для вимірювання профілю і діаметра колеса; 4 – датчик розташування складу; 5 – датчик наявності сторонніх предметів; 6 – модуль автоматичної ідентифікації рухомого складу; 7 – канал для прокладки кабелів та волокно-оптичних світловодів; 8 – приміщення (бокс) для установки контрольно-вимірювальної апаратури

З метою підвищення надійності діагностики технічного стану тягового редуктора та буксових підшипників тягового рухомого складу співробітники МГТУ ім. Н.Є. Баумана, та Демиховського машинобудівного заводу та ряду інших наукових та виробничих підприємств розробили нову систему, в основі якої лежить фазо хронометричний метод [9]. Даний метод успішно випробуваний на багатьох виробках, в тому числі на годинникових механізмах та багатотонних турбоагрегатах гідроелектричних станцій. При цьому високочастотні пристрої вимірюють відрізки часу відповідаючі визначеним фазам обертання діагностованих деталей.

Після складають часові ряди таких відрізків в межах заданої кількості обертів або циклів і будується математична модель процесу. В результаті можна з високою точністю визначити технічний стан деталей що обертаються.

Створений вченими апаратно-програмний комплекс діагностики тягового редуктора та буксових вузлів аналізує інформацію, отриману від індукційних датчиків, розташованих поблизу зубів шестерень та інших деталей. Система забезпечує безперервне вимірювання на ходу поїзда величини вироблення зубів ведучої шестерні та зубчатого колеса з точністю до сотих міліметра.

Завдяки цьому можна своєчасно виявляти викривлення та сколи металу, порушення змазки, та інші дефекти, а в підсумку оцінити залишковий ресурс роботи шестерень редуктора. Причому діагностику можна проводити на рівні візка, вагона та поїзда.

Сьогодні майже всі локомотиворемонтні підприємства мають в своєму розпорядженні сучасні потужні засоби вібраційного контролю, такі як «Вектор-2000» та «Прогноз-1». Їх основним призначенням являється проведення діагностики та прогнозування ресурсу вузлів обертання, таких як підшипники кочення та ковзання, ротори, з'єднувальні муфти, шестерні, ремні, робочі колеса поточних агрегатів, електромагнітні системи електричних машин.

До складу комплексу «Вектор-2000» входять: датчики вібрації, що вимірюють віброприскорення; датчики частоти обертання; віброаналізатор серії СД (рис. 4) та програма автоматичної діагностики DREAM, що встановлюється на комп'ютер [10].

Вібрація підшипникових вузлів вимірюється в діапазоні частот від 2 Гц до 25 кГц та умовно поділяється на низькочастотну (до 800 Гц), середньо частотну (до 3 кГц), високочастотну (до 10 кГц) та ультразвукову (вище 10 кГц). При вимірюваннях забезпечується обертання колісної пари із стабільною частотою в діапазоні від 3 до 6 Гц.

Оскільки використовується режим обертання колісної пари з постійною частотою, основним видом аналізу сигналів є спектральний аналіз як низькочастотної (та частково середньо частотної) вібрації підшипникових вузлів (аналіз авто спектрів вібрації), так і огинаючої (спектральний аналіз коливань потужності) високочастотної вібрації. Крім цього

контролюється форма (середньоквадратичне та пікове значення) ультразвукової вібрації (в полосі 10-25 кГц) і спектральна щільність низькочастотної вібрації.



Рис. 4. Віброаналізатори СД-11, СД-12, СД-21 та СД-22Р виробництва Асоціації ВАСТ

Зазначені види вимірювань та аналізу вібрації можливо провести на будь-якому із приведених на рис. 8 віброаналізаторів серії СД.

Одними із запропонованих варіантів методів діагностики є, діагностування стану тягових двигунів на основі спектрального аналізу. Так, за даною схемою пропонується виконання діагностування стану ізоляції тягових двигунів електровозів за допомогою нано-інтерферометричних оптоволоконних датчиків. Увагу загострено на параметрі нагріву ізоляції обмоток магнітної системи остова тягового двигуна. Виходячи з представлених даних експлуатації, пошкодження обмоток являється одною з основних причин виходу з ладу тягових двигунів [11].

Іншим шляхом застосування спектрального аналізу є, метод діагностування магнітної системи та колекторно-щіткового апарату тягових двигунів на основі двохшарової розпізнавальної системи. Також даний метод пропонується до застосування при контролі стану колісномоторних блоків [12].

Для виявлення дефектів ТЕД як електромагнітного, так і механічного характеру можуть застосовуватись діагностичні комплекси для віброакустичного діагностування, а також багатоканальні вимірювальні комплекси з метою одночасного вимірювання струму та вібро-акустичного діагностування.

Для того, щоб підвищити загальну якість стенових випробувань електричних машин, необхідно впроваджувати новітні методи та технології діагностування, удосконалити засоби вимірювання. Одним із таких удосконалень може бути впровадження засобів для визначення нерівномірності обертання вала якоря, оскільки саме це є першочерговим фактором, який викликає вібрацію тягового двигуна. Впровадження засобів вимірювання нерівномірності обертання якоря тягового електродвигуна дозволить

більш точно визначити якість ремонту механічної та електромеханічної частини тягових двигунів [13].

У той же час технічні засоби для діагностування за нерівномірністю обертання вала двигуна значно дешевші, а при застосуванні сучасних вимірювальних систем дозволяють отримати достатню кількість діагностичної інформації. Крім того, при діагностуванні за нерівномірністю частоти обертання на електродвигунів встановлюється лише один датчик.

Для діагностування за нерівномірністю частоти обертання пропонується застосувати високоточний інкрементальний оптичний датчик кутового переміщення (енкодер). Інкрементальні енкодери призначені для визначення кута повороту об'єктів, що обертуються. При зміні кутового положення вала щодо його початкового положення, інкрементальні енкодери формують вихідний сигнал, що є послідовністю імпульсів прямокутної форми. За цими імпульсами приймаючий пристрій визначає поточний кут повороту вала шляхом підрахунку кількості імпульсів за допомогою лічильника.

Шляхом обробки сигналу від інкрементального датчика можна отримати інформацію про поточне значення кута повороту вала щодо опорної індексної відмітки (методом послідовних додавань), а також про його кутову швидкість.

Нерівномірність частоти обертання тягового електродвигуна може бути викликана різними типами несправностей, але їх можна розподілити на дві групи: несправності механічного характеру (підшипників, колекторно-щіткового апарату та ін.) і несправності електричного характеру (замикання в обмотках якоря і полюсів, порушення комутації та ін.).

Несправності механічного характеру виникають через постійну циклічну зміну опору обертанню якоря, викликану зміною сили тертя в підшипниках або між щітками та колектором.

Несправності електромагнітного характеру можуть бути викликані пульсаціями магнітного потоку, нерівномірністю повітряного зазору між полюсами і якорем, міжвитковими замиканнями обмотки якоря та деякими іншими менш розповсюдженими причинами.

Деякі дефекти (наприклад, несправності щітково-колекторного апарату) одночасно спричиняють нерівномірності як електричного, так і механічного характеру. Так, виступаючі колекторні пластини або міканіт спричиняють появу пульсації напруги між щітками і струму якоря при проходженні кожного щіткотримача, що призводить до нерівномірності обертання вала двигуна. При цьому значення сили тертя між щітками і колектором постійно змінюється, і відповідно, змінюється опір обертання якоря, що посилює нерівномірність його обертання.

Несправності механічного характеру виявляються як під час сталої роботи двигуна під напругою, так і при відсутності напруги на затискачах (в режимі вибігу). Несправності ж електричного характеру проявляються лише під час роботи двигуна під

напругою. Таким чином діагностування механічного характеру доцільно проводити в режимі вибігу, а для діагностування електричної частини двигуна можна керуватись результатом віднімання сигналу нерівномірності обертання якоря при протіканні струму по обмотках і обертання якоря в режимі вибігу.

Висновок. Згідно приведеного вище аналізу методів, що на даний час застосовуються або знаходяться лише на стадії розробки, слід зазначити: значна кількість методів, що на даний час застосовуються на підприємствах Укрзалізниці являються застарілими та вимагають удосконалення або ж заміни на новітні, більш досконалі та продуктивніші. Беручи до уваги досвід зарубіжних та вітчизняних науковців, та експлуатаційників можна створити свою власну систему, яка ні в чому не буде уступати існуючим зразкам.

Л і т е р а т у р а

1. Колесно-моторный блок [електронний ресурс] / інформація / сайт lokomo.ru – Режим доступу: <http://lokomo.ru/podvizhnoy-sostav/kolesno-motorny-blok.html>. (Дата звернення 03.01.2017).
2. П.А.Пластин. Автоматическая диагностика колесных пар с помощью системы ARGUS [текст] / реферат / - Петербургский государственный университет путей сообщения. – Санкт-Петербург. – 2006. – С.2-13.
3. Система автоматического контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда ДИСК-БКВ-Ц. Технология обслуживания [текст] / - М. Транспорт. – 1994. – С.3-4.
4. А.П.Буйносов. Автоматическая измерительная система для контроля геометрических параметров колесных пар железнодорожного подвижного состава / [текст] / Известия высших учебных заведений. Поволжский регион / К.А.Стаценко, А.М.Кыслицин. – Технические науки. 2012. №2(22). – С.146-154.
5. А.П.Буйносов. Измерительная система для контроля параметров колесных пар локомотивов / [текст] / Известия высших учебных заведений. / А.М.Кыслицин. – Машиностроение. 2013. №11. – С.44-50.
6. А.В.Дубина. Способ ультразвуковой дефектоскопии колесных пар рельсового транспорта и устройство для его реализации [електронний ресурс] / патент / сайт FindPatent.ru – Режим доступу: <http://www.findpatent.ru/patent/229/2293982.html/>. (Дата звернення 15.10.2016).
7. Г.Г.Басов. Усовершенствованная технология ультразвукового диагностирования колесных центров тягового подвижного состава / [текст] / А.Н.Киреев, В.И.Додонов / Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів в машинобудуванні. Збірник наукових праць / Східноукраїнський нац. ун-т. ім. В.Даля. – Луганськ. 2013. №1. – С.257-264.
8. С.Ю.Бурак. Диагностирование состояния поверхности катания колеса подвижного состава железных дорог / [текст] / Наука та прогресс транспорта. Вісник Дніпропетровського нац. ун-т. залізничного транспорту. – Дніпропетровськ. 2013. №1(43). – С.22-27.

9. А.Стрельцов. Ученые предложили новый способ диагностики подвижного состава [электронный ресурс] / статья / сайт газета Гудок – Режим доступа: <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1002592>. (Дата звернення 03.01.2017).
10. А.В.Барков. Технология вибрационного диагностирования подшипников качения колесно-моторных блоков локомотивов [электронный ресурс] / Барков А.В., Баркова Н.А., Дегтерев С.Г., Комяков А.В. / статья / сайт Северо-западный учебный центр – Режим доступа: <http://vibro-expert.ru/tehnologiya-vibracionnogo-diagnostirovaniya-podshipnikov-kacheniya-kolesno-motornix-blokov-lokomotivov.html>. (Дата звернення 25.12.2016).
11. М.Н. Петров. Диагностика изоляции тяговых электродвигателей электропоездов на основе нанointерферометрических оптоволоконных датчиков [Текст] / Орленко А.И., Терехулов О.А., Лукьянов Э.В. / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.-2013.- №15.-с.139-141.
12. В.Д. Авилов. Контроль технического состояния и оценка ресурса тяговых двигателей и колесно-моторных блоков подвижного состава [Текст] / Харламов В.В., Костюков В.Н. / Сб. науч. раб. / ОАО «РЖД», 2006. - с.28-32.
13. Б.С.Бондар. Діагностування тягових електродвигунів за нерівномірністю обертання якоря [Текст] / Очкасов О.Б., Черняев Д.В., Шевченко І.Я. / Наука та прогрес транспорту.-2013.-Вип.3(45).-с.13-21.
14. А.П. Фалендиш. Модель оцінки технічного стану тягових двигунів моторвагонного рухомого складу [Текст] / А.П. Фалендиш, О.Б. Коломієць, І.Р. Вихопень, С.М. Тихонов // 36. наук. праць. –Х: УкрДАЗТ, 2016. -**Bun.163**. -С.86-94.
15. А.П.Фалендиш.. Моделювання робочих параметрів модернізованих тепловозів як об'єктів випробувань [текст] // А.П. Фалендиш, Д.А. Іванченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2016. -№1. –С.71-76.
16. В.П. Ткаченко. До оптимізації системи нормативно-допускових параметрів зносу гребенів бандажів локомотивів / [текст] / Ткаченко В.П., Сапронова С.Ю., Воронько О.М., Логвінов Г.В., Гончаров О.М. // Залізничний транспорт України/ Науково-практичний журнал.– Київ, 2009.– №1.– С.37–39.
17. Tkachenko, S.Sapronova. Steerability of railway vehicles / Transport Problems // International Scientific Journal, 2007.– T.2. – Z. 4. – p.9 – 16.
5. A.P.Buynosov. Measuring system for monitoring the parameters of wheel sets of locomotives / [text] / News of higher educational institutions. / A.M.Kyslitsyn. - Mechanical engineering. 2013. № 11. - 44-50p.
6. A.V.Dubina. Method of ultrasonic flaw detection of wheel pairs of rail vehicles and a device for its implementation [electronic resource] / patent / site FindPatent.ru – Access mode: <http://www.findpatent.ru/patent/229/2293982.html/>. (Date of appeal 15.10.2016).
7. H.H.Basov. Advanced technology of ultrasonic diagnostics of wheel centers of traction rolling stock / [tex] / A.N.Kyreev, V.Y.Dodonov / Resource-saving technologies of production and fabrication of materials in engineering. Collected Works / East nat. Univ. them. Volodymyr Dahl. - Luhansk. 2013. №1. - 257-264p.
8. S.Y.Buryak. Diagnosis of the surface condition of rolling stock wheels of rolling stock of railways / [text] / Science and Progress vehicles. Journal of of Dnipropetrovsk th. Univ. railway transport. - Dnipropetrovsk. 2013. №1 (43). - 22-27p.
9. A.Strel'tsov. Scientists have proposed a new way to diagnose rolling stock [electronic resource] / information / article / site Whistle newspaper – Access mode: <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1002592>. (Date of appeal 03.01.2017).
10. A.V.Barkov. The technology of vibration diagnostics of rolling bearings of wheel-motor blocks of locomotives [electronic resource] / Barkov A.V., Barkova N.A., Dehterev S.H., Komyakov A.V. / article / site North-West Training Center - Access mode: <http://vibro-expert.ru/tehnologiya-vibracionnogo-diagnostirovaniya-podshipnikov-kacheniya-kolesno-motornix-blokov-lokomotivov.html>. (Date of appeal 25.12.2016).
11. M.N. Petrov. Diagnosis of isolation of traction electric motors of electric locomotives on the basis of nano-interferometric fiber-optic sensors / [text] / Orlenko A.I., Terехulov O.A., Luk'yanov E.V / International Journal of Applied and Fundamental Research.-2013.- No. 15.-139-141p.
12. V.D. Avilov. Monitoring of technical condition and evaluation of the life of traction engines and wheeled-motor blocks of rolling stock / [text] / Kharlamov V.V., Kostyukov V.N. / Collection of scientific papers / JSC Russian Railways, 2006. - 28-32p.
13. B.E.Bondar. Diagnosis traction motors for uneven rotation anchor / [text] / Ochkasov O.B., Chernyayev D.V., Shevchenko I.Ya. / Science and progress transportu.-2013, Issue 3 (45) .- 13-21p.
14. A.P. Falendysh. The model estimates the technical state of traction engines of motor-wagon rolling stock / [text] / A.P. Falendysh, O.B. Kolomiyets', I.R. Vykhopen', S.M. Tykhonravov // Proceedings of harkov: UkrDAZT, 2016 - Issue 163 -86-94p
15. A.P. Falendysh. Simulation of the operating parameters of modernized locomotives as objects trials / [text] / A.P. Falendysh, D.A. Ivanchenko // Information management systems for rail transport. 2016. -№1. -71-76p.
16. V.P. Tkachenko. To optimize the system of regulatory tolerance parameters crests wear bandages locomotives / [text] / Tkachenko V.P., Sapronova S.Yu., Voron'ko O.M., Lohvinov H.V., Honcharov O.M. // Rail Ukraine / Scientific zhurnal.- Kyiv, 2009.- №1.- 37-39p.
17. V.P. Tkachenko. Steerability of railway vehicles / Transport Problems // International Scientific Journal, 2007.– T.2. – Z. 4. – p.9 – 16p.

References

1. Wheel-engine block [electronic resource] / information / site lokomo.ru – Access mode:<http://lokomo.ru/podvizhnoy-sostav/kolesno-motornyy-blok.html>. (Date of appeal 03.01.2017).
2. P.A.Plastyn. Automatic diagnostics of wheel sets using the ARGUS system [text] / essay / Petersburg State Transport University. - St. Petersburg. – 2006. – 2-13p.
3. The system of automatic control of the technical condition of the rolling stock on the go of the DISK-BKV-C train. Service technology [text] / - M. Transport. – 1994. – 3-4p.
4. A.P.Buynosov. Automatic measuring system for control of geometrical parameters of wheel sets of railway rolling stock / [text] / News of higher educational institutions. The Volga Region / K.A.Statsenko, A.M.Kyslitsyn. - Technical science. 2012. № 2 (22). - 146-154p.

Чигирик Н.Д., Возненко С.И., Вихопень И.Р., Клецкая О.В. Методы диагностики технического состояния элементов колесно-моторных блоков тягового подвижного состава.

В статье приведены описания разного рода методов выполнения диагностики технического состояния колесно-моторных блоков (КМБ) тягового подвижного состава (ТПС) в целом, так и отдельно каждого из элементов, входящих в его состав.

Ключевые слова: колесно-моторный блок, диагностика технического состояния, системы диагностики, колесная пара, тяговый электродвигатель, тяговый редуктор.

Chyhyryk N., Voznenko S., Vykhopen' I., Klets'ka O. Methods of diagnosing the technical of elements wheeled motor units of traction rolling stock.

The article contains descriptions of various methods for performing diagnostics of the technical condition of wheeled and motor blocks (BMBs) of tractive rolling stock (TPS) as a whole, and separately each of the elements that make up its composition.

Key words: wheel-motor unit, diagnostics of technical condition, diagnostic system, wheel pair, traction electric motor, traction reducer.

Чигирик Н.Д. — к.т.н., доцент, кафедра «Експлуатація та ремонт рухомого складу», Українського державного університету залізничного транспорту, e-mail:

Возненко С.И. — к.т.н., доцент, кафедра «Колія та колійне господарство», Українського державного університету залізничного транспорту, e-mail:

Вихопень И.Р. — асп., кафедра «Експлуатація та ремонт рухомого складу», Українського державного університету залізничного транспорту, e-mail: crownwick@bigmir.net.

Клецкая О.В. — асист., кафедра «Теплотехніка та теплові двигуни», Українського державного університету залізничного транспорту, e-mail: gurao@ukr.net.

Рецензент: д.т.н., проф. **Горбунов М.И.**

Стаття подана 05.03.2017