

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

УДК 629.42.05.047.36

Є. Б. БОДНАР^{1*}

^{1*}Каф. «Локомотиви», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 67 62, ел. пошта melnar78@gmail.com

ОСНОВНІ ВИМОГИ ТА ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ БОРТОВИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

Мета. Обґрунтування основних принципів побудови бортових систем діагностування локомотивів та вибір високопродуктивного й надійного інтерфейсу для обміну інформацією бортових систем діагностування. **Методика.** Задача отримання достовірної та адекватної інформації про технічний стан технічного об'єкту вирішується з використанням і дотриманням основних принципів сучасних ЕОМ. **Результати.** Обрано високопродуктивний і надійний інтерфейс для обміну повідомленнями між різними блоками систем управління й бортових систем діагностування, властивостями якого є необхідна висока швидкість обміну, висока вірогідність і низький рівень помилок передачі інформації. **Наукова новизна.** Сформульовано основні принципи побудови бортових систем діагностування локомотивів, дотримання яких забезпечить накопичення достовірної та адекватної інформації про технічний стан, що необхідна для організації його обслуговування й ремонту. **Практична значимість.** Спроектоване з використанням викладених вимог та принципів діагностичне обладнання буде впливати на технічний стан локомотива, підвищення ймовірності його безвідмовної роботи, продуктивність праці локомотивних та ремонтних бригад. Впровадження бортових і стаціонарних систем діагностування локомотивів дозволить суттєво вдосконалити систему їх утримання й оптимізувати витрати на проведення технічного обслуговування (ТО) та поточних ремонтів (ПР). Крім цього, накопичена за допомогою бортових комплексів інформація про зміну діагностичних параметрів буде використовуватися для створення математичних моделей, що, у свою чергу, дозволить організувати систему утримання та прогнозувати технічний стан локомотивів.

Ключові слова: діагностування; технічний стан; діагностичне обладнання; бортові системи діагностування

Вступ

Подальше удосконалення та підвищення ефективності залізничного транспорту можливе на основі впровадження досягнень науково-технічного прогресу і, в першу чергу, за рахунок удосконалення технічних засобів та інфраструктури залізничного транспорту та зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище. Серед завдань, які необхідно вирішувати в першу чергу, є зниження витрат на технічне обслуговування і ремонт за рахунок поліпшення показників надійності і ремонтпридатності, зменшення трудомісткості і три-

валості простою на планових видах ремонту, застосування інтелектуальних систем діагностування, а також формування та впровадження сервісної системи обслуговування тягового рухомого складу.

Резервом підвищення надійності локомотивів є перехід від планово-попереджувального обслуговування і ремонту до обслуговування і ремонту з урахуванням дійсного технічного стану. Використання цієї стратегії обслуговування локомотивів вимагає широкого застосування засобів і методів автоматизованого контролю і діагностування. У зв'язку з цим виникає необхідність забезпечення такої властивості

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

локомотива та його систем, яка дозволяла б достовірно визначити його технічний стан з мінімальними витратами.

Впровадження бортових і стаціонарних систем діагностування локомотивів дозволить суттєво удосконалити систему їх утримання та оптимізувати витрати на проведення технічного обслуговування (ТО) та поточних ремонтів (ПР). Для накопичення і використання діагностичної інформації на залізницях України давно назріла необхідність створення Центру комплексного діагностування локомотивів. Основною задачею такого центру є створення системи моніторингу технічного стану кожного локомотива, що в перспективі дозволить в масштабі реального часу оцінювати технічний стан локомотива та прогнозувати його зміну. Необхідність створення такої структури зумовлена дослідженнями в напрямку створення інтелектуальних локомотивів. Апаратно-програмні засоби такого локомотива повинні забезпечувати інтегрованість за рахунок сумісності відповідних команд, що поступають на локомотив під час руху і з локомотива в Центр комплексного діагностування для зберігання в стандартних блоках пам'яті інформаційно-обчислювальної системи.

В результаті аналізу структур систем автоматизованого контролю і діагностування на локомотивах, які створюються в Україні, з'ясовано, що єдиного підходу та вимог до бортових та стаціонарних систем діагностування локомотивів не створено. Окремі розробки в цьому напрямку вирішують локальні проблеми і не передбачають комплексного підходу до створення бортових і стаціонарних систем діагностування. На 47 засіданні ради по залізничному транспорту країн СНД і Балтики затвержені основні принципи та критерії технічних вимог до технічних засобів для використання на колії 1 520. Пропонується у конструкції електровоза передбачити систему діагностування, яка повинна забезпечувати:

– автоматичний контроль технічного стану основного обладнання електровоза та надання машиністу інформації за допомогою дисплея, встановленого в кабіні локомотива;

– безперервний контроль критичних значень параметрів основних агрегатів та систем з індикацією виходу їх за допустимі межі і аварійне автоматичне їх відключення (з урахуванням

забезпечення безпеки руху) або зміна режиму роботи (наприклад, зменшення сили тяги);

– інформацію про перевищення допустимих параметрів, які повинні видаватися на дисплей автоматично, а інформацію про поточні значення параметрів, що контролюються – за викликом машиніста (перелік параметрів уточнюється замовником);

– реєстрацію та збереження значень контрольованих параметрів, які перевищують допустимі значення;

– цілеспрямоване інформування машиніста локомотива про помилки або функціональні обмеження локомотива з можливістю отримання причин та заходів щодо їх усунення;

– інформування ремонтного персоналу про пошкодження тягового рухомого складу шляхом візуалізації попередніх повідомлень через сервісні інтерфейси на приладах управління електроприводом і перетворювача допоміжних механізмів;

– створення системи моніторингу технічного стану, що дозволяє в масштабі реального часу оцінювати стан локомотива та прогнозувати його зміну.

Виконаний аналіз практики створення бортових систем машин свідчить про доцільність поділення функцій бортової системи на інформаційне забезпечення та полегшення функцій управління машиніста і зовнішнього діагностичного обладнання в локомотивних депо, що дозволяє оцінювати технічний стан локомотива та визначати обсяги проведення ТО і ПР.

Мета

Обґрунтування основних принципів побудови бортових систем діагностування локомотивів та вибір високопродуктивного і надійного інтерфейсу для обміну інформацією бортових систем діагностування.

Методика

Виконання цієї задачі вирішується використанням вимірювально-діагностичних систем, побудованих з використанням сучасних ЕОМ, які створені з дотриманням таких основних принципів:

1. Принцип достатності регламентує вибір мінімальної кількості датчиків вторинних процесів, що супроводжують роботу агрегатів

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

і систем локомотива та технологічної системи в цілому і забезпечують спостереження за його технічним станом. Слід зауважити, що при цьому вихідний сигнал датчика можна представити в широкому діапазоні амплітуд і частот з послідовною обробкою (виявлення, фільтрація, лінерізація, корекція амплітудно-фазових характеристик та ін.). Діагностування агрегатів і систем локомотива базується на вимірі множини первинних діагностичних ознак, що характеризують їх роботу (тиск, температура, вібрація, витрата палива (електроенергії), частота обертання та інші) з встановленням відповідних зв'язків з безліччю технічних станів (дисбаланс, несправності підшипників, засмічення фільтрів та інше). При цьому слід зауважити, що для забезпечення достовірності та глибини діагнозу необхідно збільшувати кількість діагностичних ознак: або за рахунок збільшення кількості датчиків, або за рахунок збільшення кількості ознак, які отримують за допомогою одного датчика.

2. Принцип інформативної повноти, що відображає обмеженість наших знань в навколишньому середовищі і в загальному вигляді може бути визначений таким чином [1], що із спектру сигналу після видалення з нього крім діагностичних ознак, які описують стан об'єкта відомим способом, виділяється залишковий «шум», який може використовуватися для діагностування. Результати багатьох експериментальних досліджень діагностування машин свідчать, що в більшості випадків система ознак, яка включає характеристики «шуму», майже ортогональна, тобто «шум» дійсно відображає низку неврахованих факторів технічного стану у відомих діагностичних ознаках (наприклад, заїдання та затирання в підшипниках і ущільнювачах).

3. Принцип інваріантності регламентує вибір і селекцію таких діагностичних ознак, які інваріантні до конструкції машини і форми зв'язку з параметрами її технічного стану [6], що забезпечує використання швидких рангових процедур без еталонного діагностування і прогнозування ресурсу машин.

4. Принцип самодіагностування всіх вимірювальних та управляючих каналів інформаційно-діагностичної системи (ІДС) забезпечує легке впровадження системи в експлуатацію, простоту обслуговування і ремонту окремих

каналів, високу метрологічну і функціональність системи, її виживаність і пристосованість до постійно змінних умов виробництва. Принцип самодіагностування в ІДС реалізується шляхом подачі спеціальних стимулюючих сигналів в канали датчиків і комп'ютерного аналізу цих сигналів на виході після відповідних перетворювачів.

5. Принцип структурної гнучкості і програмованості забезпечує реалізацію оптимальної паралельно-послідовної структури ІДС, виходячи із критерію необхідної швидкодії при мінімальній вартості.

6. Принцип корекції неідеальності вимірювальних трактів обчислювальними методами на ЕОМ – нелінійності датчиків, амплітудно-фазових характеристик погоджувально-перетворюючих трактів та інше.

7. Принцип дружності інтерфейса при максимальних обсягах, що забезпечує визначення оператором стану локомотива в цілому з монітора і отримання вказівки на подальші дії. Цей принцип забезпечує відображення стану локомотива та його властивостей як в автоматичному режимі, так і в режимі управління машиністом.

8. Принцип багаторівневої організації забезпечує роботу з системою діагностування фахівців різних рівнів кваліфікації і відповідальності. На першому рівні, наприклад, система інформує про стан локомотива і його вузлів щодо готовності до експлуатації. На другому рівні з використанням меню та управління опціями можна отримати інформацію про тренди процесів, результати аналізу сигналів та інше.

Результати

Під час створення бортових систем локомотивів слід мати на увазі, що в системах управління та автоматики сучасних локомотивів використовується багато мікропроцесорних систем (системи автоведення, САУТ, КЛУБ та інші) із застосуванням різного типу датчиків та мікропроцесорних пристроїв.

Виникає потреба у виборі високопродуктивного і надійного інтерфейсу для обміну повідомленнями між різними блоками систем управління і бортових систем діагностування. Для ефективної роботи цих систем необхідна висока швидкість обміну, висока вірогідність і низький рівень помилок передачі інформації.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

На сьогодні, існує маса мережевих технологій. Сучасні мережі забезпечують обслуговування великого діапазону абонентів, гідну швидкість передачі даних і відповідають низці інших вимог, однак для використання на залізничному транспорті підходять лише небагато з них.

Розглянемо кілька способів організації взаємодії абонентів найбільш поширених мереж.

В цей час найбільш популярна у світі мережа Ethernet. Її поширеність зумовлюється високим рівнем стандартизації і уніфікації вузлів. Однак слід зазначити, що мережа Ethernet не відрізняється ні високими характеристиками, ні оптимальними алгоритмами і застосовувати її на рухомому складі в умовах експлуатації можна, тільки прийнявши заходи щодо захисту інформації від спотворення.

На відміну від Ethernet мережа Token-Ring добре витримує велике навантаження, забезпечує швидкий доступ і велику інтенсивність обміну. До недоліків Token-Ring можна віднести високу вартість устаткування, недостатню гнучкість конфігурації і низьку перешкодозахищеність [7].

Зараз все більше поширюються оптоволоконні мережі. Найбільш відомою з них є мережа FDDI, яка має великі переваги порівнянно з усіма розглянутими раніше мережами. Це висока перешкодозахищеність, хороша гальванічна розв'язка абонентів і висока швидкість передачі даних. На жаль, застосування мережі FDDI для обладнання бортових систем є нераціональним через високу вартість апаратури.

В цей час зв'язок між бортовими датчиками і пристроями обробки інформації в бортових транспортних і промислових мережах здійснюється за допомогою відкритого мережевого протоколу CANopen (Controller Area Network) [11]. Вибір зумовлений хорошими характеристиками, високою перешкодозахищеністю, можливістю розвитку і відносною простотою реалізації. Основною рисою протоколу CANopen, що дозволяє застосовувати його на рухомому складі, є, на відміну від інших інтерфейсів, можливість працювати на основі техніки розподілених повідомлень. Інформація, передана в мережі, доступна для прийому будь-яким вузлом системи, який, використовуючи фільтр, приймає рішення про обробку або ігнорування повідомлення. Передача повідомлення в мережі CAN може бути ініційована будь-яким вузлом мережі (принцип багатомайстерної конфігура-

ції) при вільній шині, вузли можуть обмінюватися інформацією між собою. Всі вузли мають рівні права на початок передачі при вільній шині, тому передача може бути розпочата одночасно декількома вузлами. Така схема доступу гарантує в кожен момент часу передачу повідомлення з найвищим пріоритетом і найбільш ефективного використання для цього пропускну здатності шини.

У протоколі передбачені широкі можливості детектування помилок і механізми зниження кількості помилок. Одним з найбільш важливих інструментів виявлення помилок є відстеження рівня сигналу в переданих вузлом бітах. Відмінність вимірюваного рівня від того, що був при посилці, фіксується як помилка. Під час інформації про виникнення помилки передане повідомлення знищується. У кожному контролері інтерфейсу є лічильник передачі і прийому повідомлень про помилки, що забезпечує якнайшвидшу ізоляцію вузла, який відмовив, і дозволяє створити досконалий механізм управління мережею для захисту її від збоїв.

Наукова новизна та практична значимість

Сформульовані основні принципи побудови бортових систем діагностування локомотивів, дотримання яких забезпечить накопичення достовірної та адекватної інформації про технічний стан, необхідної для організації його обслуговування та ремонту. Обґрунтовано вибір високопродуктивного і надійного інтерфейсу для обміну повідомленнями між різними блоками систем управління і бортових систем діагностування.

Висновки

Спроектване з використанням вищевикладених вимог та принципів діагностичне обладнання сприятиме покращенню технічного стану локомотива, підвищенню надійності та ефективності його роботи. Крім того, накопичена за допомогою бортових комплексів інформація про зміну діагностичних параметрів буде використовуватися для створення математичних моделей, що, в свою чергу, дозволить організувати систему утримання та прогнозувати технічний стан локомотивів.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вешкурцев, Ю. М. Автокогерентные устройства измерения случайных процессов / Ю. М. Вешкурцев. – Омск : ОмГТУ, 1994. – 163 с.
2. Гулиус, В. А. Модель оценки производительности сети Fast Ethernet / В. А. Гулиус, А. А. Янковский // Системний аналіз та інформ. технології : наук.-техн. матеріали Х міжнар. конф. – К., 2008 – С. 78–79.
3. Дьяков, И. Ф. Некоторые аспекты бортового информационно-диагностического комплекса автомобиля / И. Ф. Дьяков, В. М. Петров // Автомобиль и техносфера : сб. докл. 2-ой международ. НПК. – Казань, 2001. – С. 54–56.
4. Дьяков, И. Ф. Электронные системы для бортовой диагностики автомобиля / И. Ф. Дьяков, В. М. Петров // Сб. тез. докл. Семинара. – М. : НИИАЭ, 1999. – С. 11–14.
5. Закер, К. Компьютерные сети. Модернизация и поиск неисправностей / К. Закер. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 1008 с.
6. Костюков, В. Н. Ранговый метод виброакустической диагностики и оценки качества машин / В. Н. Костюков // Гидропривод и системы упр. строит., тяговых и дорожных машин. – Омск, 1985. – С. 113–124.
7. Новиков, Ю. В. Локальные сети / Ю. В. Новиков, С. В. Кондратенко. – М. : Эком, 2000. – 312 с.
8. Новиков, Ю. В. Локальные сети: архитектура, алгоритмы, проектирование / Ю. В. Новиков, С. В. Кондратенко. – М. : Изд-во ЭКОМ, 2000. – 312 с.
9. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб. : Питер, 2000. – 672 с.
10. Устименко, Д. В. Сучасні мікроконтролери в схемах рухомого складу / Д. В. Устименко // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – Д., 2007. – Вип. 15. – С. 47–49.
11. Этчберг, К. Controller Area Network / К. Этчберг // Мир компьютер. автоматизации. – 2004. – № 5. – С. 68–70.
12. Emerging Communications Technologies. – 2-nd edition. – Uyles Black : Prentice Hall Professional, 1997. – 232 p.
13. Brooks, R. A. A Robust Layered Control System for a Mobile Robot / R. A. Brooks // IEEE J. of Robotics and Automation. – 1986. – Vol. 2, № 1. – P. 14–23.
14. Hunt, Craig. TCP/IP Network Administration / Craig Hunt. – 2-nd edition. – O'Reilly & Associates, 1998. – 630 p.

Е. Б. БОДНАРЬ^{1*}

^{1*}Каф. «Локомотивы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 67 62, эл. почта melnar78@gmail.com

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ ЛОКОМОТИВОВ

Цель. Обоснование основных принципов построения бортовых систем диагностирования локомотивов и выбор высокопроизводительного и надежного интерфейса для обмена информацией бортовых систем диагностирования. **Методика.** Задача получения достоверной и адекватной информации о техническом состоянии технического объекта решается с использованием и соблюдением основных принципов современных ЭВМ. **Результаты.** Выбран высокопроизводительный и надежный интерфейс для обмена сообщениями между различными блоками систем управления и бортовых систем диагностирования, свойствами которого является необходимая высокая скорость обмена, высокая вероятность и низкий уровень ошибок передачи информации. **Научная новизна.** Сформулированы основные принципы построения бортовых систем диагностирования локомотивов, соблюдение которых обеспечит накопление достоверной и адекватной информации о техническом состоянии, необходимой для организации его обслуживания и ремонта. **Практическая значимость.** Спроектированное с использованием изложенных требований и принципов диагностическое оборудование будет влиять на техническое состояние локомотива, повышение вероятности его безотказной работы, производительность труда локомотивных и ремонтных бригад. Внедрение бортовых и стационарных систем диагностирования локомотивов позволит существенно усовершенствовать систему их содержания и оптимизировать расходы на проведение технического обслуживания (ТО) и текущих ремонтов (ТР). Кроме этого, накопленная с помощью бортовых комплексов информация об изменении диагностических параметров будет использоваться для создания математических

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

моделей, что, в свою очередь, позволит организовать систему содержания и прогнозировать техническое состояние локомотивов.

Ключевые слова: диагностирование; техническое состояние; диагностическое оборудование; бортовые системы диагностирования

YE. B. BODNAR^{1*}

^{1*}Dep. «Locomotives», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 67 62, e-mail melnar78@gmail.com

BASIC REQUIREMENTS AND PRINCIPLES OF CREATION ONBOARD DIAGNOSTIC SYSTEMS OF LOCOMOTIVES

Purpose. Justification of the basic principles of construction on-board diagnostic systems locomotive and choose from high-performance and reliable interface for the exchange of information on-board diagnostic systems. **Methodology.** Problem of getting correct and adequate information about the technical state of the technical object is solved with the use and compliance of the fundamental principles of modern computers. **Findings.** High-performance and reliable interface to exchange messages between different units of management systems and on-board diagnostic systems was selected. Properties which are required high data rate, high reliability and low error rate of information transfer. **Originality.** The main principles of building on-board diagnostic systems which ensure compliance locomotives accumulation of accurate and adequate information about the technical condition which is necessary to organize its maintenance and repair were formulated. **Practical value.** Diagnostic equipment designed with use of requirements set forth above and principles will affect the technical condition of the engine, increasing the likelihood of uptime, productivity and locomotive repair teams. The introduction of on-board diagnostic systems and stationary locomotives will significantly improve the system and optimize their maintenance costs of maintenance and repairs. Besides, information about diagnostic parameters changing accumulated with the aim of airborne systems will be used in order to create mathematical models that, in turn, will organize a system of maintenance and predict the technical condition of locomotives.

Keywords: diagnosis; technical condition; diagnostic equipment; onboard diagnostic systems

REFERENCES

1. Veshkurtsev Yu.M. *Avtokogerentnyye ustroystva izmerenyya sluchaynykh protsessov* [Self Coherent measurement devices of random processes]. Omsk, OmHTU Publ., 1994. 163 p.
2. Gulius, V.A., Yankovskiy A.A. Model otsenki proizvoditelnosti seti Fast Ethernet [Assessment model of performance of network Fast Ethernet]. *Materialy X Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Systemnyi analiz ta informatsiini tekhnolohii»* [Proc. of the X Int. Sci. and Technical Conf. «System analysis and information technology»], Kyiv, 2008, pp. 78-79.
3. Dyakov I.F., Petrov V.M. Nekotoryye aspekty bortovogo informatsionno-diaagnosticheskogo kompleksa avtomobilya [Some aspects of onboard information and diagnostic complex of the car]. *Sbornik dokladov 2-oy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Avtomobil i tekhnosfera»* [Proc. of the 2nd Int. Sci. and Practical Conf. «Automobiles and Technosphere»], Kazan, 2001, pp. 54-56.
4. Dyakov I.F., Petrov V.M. Elektronnyye sistemy dlya bortovoy diagnostiki avtomobilya [Electronic systems for onboard diagnostics of the automobile]. *Sbornik tezisov dokladov Seminara* [Theses of abstracts of the Seminar], Moscow, 1999, pp. 11-14.
5. Zaker K. *Kompyuternyye seti. Modernizatsiya i poisk neispravnostey* [Computer networks. Modernization and trouble shooting]. Saint Petersburg, BKhV-Peterburg Publ., 2003. 1008 p.
6. Kostyukov V.N. Rangovyy metod vibroakusticheskoy diagnostiki i otsenki kachestva mashin [The ranking method of vibroacoustic diagnostics and evaluation of quality of cars]. *Gidroprivod i sistemy upravleniya stroitelnykh, tyagovykh i dorozhnykh mashin* [Hydraulic drive and control system of construction, traction and road cars], Omsk, 1985, pp. 113-124.
7. Novikov Yu.V., Kondratenko S.V. *Lokalnyye seti* [Local networks]. Moscow, Ekom Publ., 2000. 312 p.
8. Novikov Yu.V., Kondratenko S.V. *Lokalnyye seti: arkhitektura, algoritmy, proyektirovaniye* [Local networks: architecture, algorithms, designing]. Moscow, Izdatelstvo EKOM Publ., 2000. 312 p.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

9. Olifer V.G., Olifer N.A. *Kompyuternyye seti. Printsipy, tekhnologii, protokoly* [Computer networks. Principles, technologies, records]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2000. 672 p.
10. Ustymenko D.V. Suchasni mikrokontrolery v skhemakh rukhomoho skladu [Modern microcontroller in the schemes of rolling stock]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznichnoho transportu* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport], 2007, issue 15, pp. 47-49.
11. Etchberg, K. Controller Area Network. *Mir kompyuternoy avtomatizatsii – The world of computer automation*, 2004, no. 5, pp. 68-70.
12. *Emerging Communications Technologies*. Uyles Black: Prentice Hall Professional Publ., 1997. 232 p.
13. Brooks R.A. A Robust Layered Control System for a Mobile Robot. *IEEE Journal of Robotics and Automation*, 1986, vol. 2, no. 1, pp. 14-23.
14. Hunt Craig. *TCP/IP Network Administration*. O'Reilly & Associates Publ., 1998. 630 p.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. А. М. Мухомою (Україна); начальником служби локомотивного господарства Придніпровської залізниці В. С. Любкою (Україна)

Надійшла до редколегії 21.11.2013

Прийнята до друку 18.01.2014