

УДК 656.13+621.43+681.518
UDC 656.13+621.43+681.518

ОСОБЛИВОСТІ ПРОБЛЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ НА ТРАНСПОРТІ

Матейчик В.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, wmate@ukr.net, orcid.org/0000-0002-3683-7246

Володарець М.В., кандидат технічних наук, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна, volodarets.nikita@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-8526-4800

Курносенко Д.В., Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна, dasha10021991@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3417-8766

FEATURES PROBLEMS OF REMOTE EVALUATION OF TECHNICAL CONDITION COMPLEX SYSTEMS IN TRANSPORT

Mateichyk V.P., Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, wmate@ukr.net, orcid.org/0000-0002-3683-7246

Volodarets M.V., Ph.D. of Technical Sciences, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, volodarets.nikita@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-8526-4800

Kurnosenko D.V., Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine, dasha10021991@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3417-8766

ОСОБЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ТРАНСПОРТЕ

Матейчик В.П., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, wmate@ukr.net, orcid.org/0000-0002-3683-7246

Володарец Н.В., кандидат технических наук, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков, Украина, volodarets.nikita@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-8526-4800

Курносенко Д.В., Херсонская государственная морская академия, Херсон, Украина, dasha10021991@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3417-8766

Вступ. Застосування сучасних систем моніторингу, прогнозування і діагностики технічного стану складних технічних систем (СТС) є необхідним для забезпечення високих економічних показників, а також показників надійності і екологічності.

Взагалі поняття «Моніторинг» дуже пов'язано з поняттям «Технічне діагностування» [1], в рамках якого вирішуються наступні задачі: визначення технічного стану транспортного засобу (справний – несправний, працездатний – непрацездатний, правильно функціонує – неправильно функціонує); локалізація місця відмови (с точністю до типу обладнання, вузла, деталі); прогнозування працездатності. При цьому всі ці задачі систем діагностування є задачами системи моніторингу, який відрізняється від діагностування наявністю часових характеристик процесів і тим, що він передбачає одночасний контроль всіх транспортних засобів, а діагностування стосується зазвичай конкретного об'єкту.

Технічне діагностування і моніторинг стануть більш ефективними, якщо вони будуть здатні заздалегідь передбачати виникнення відмови елементів СТС. Тому сучасне дистанційне оцінювання технічного стану СТС на транспорті забезпечує підвищення надійності систем, а введення в експлуатацію транспортних засобів систем діагностування і моніторингу дозволяє знизити витрати на технічне обслуговування і ремонт, а також скоротити витрати енергоресурсів.

Аналіз останніх досліджень. Значний вклад у розвиток дистанційного оцінювання технічного стану СТС на різних видах транспорту внесли наступні вітчизняні і закордонні вчені: П.П. Акімов, Б.П. Башуров, Р. Блілей, І.В. Возницький, В.В. Вичужанін, К.Л. Гаврилов, Д. Гібсон, М.Я. Говорущенко, В.М. Горбов, О.В. Горський, Г.В. Єгоров, В.І. Зорин, Ю.М. Інков, І.П. Ісаєв, О.С. Космодаміанський, С.М. Кузнецов, В.В. Маслов, О.М. Назаров, О.В. Плакс, С.В. Покровский, Ю.П. Попов, Н. Родді, Є.Н. Розенберг, І.Н. Розенберг, У. Рокош В.І. Самсонов, В.Т. Стрельников, Е.Д. Тартаковський, В.П. Топалов, Е. Хедланд, Е. Дж. Хенлі, В.О. Четвергов, І.Б. Шубінський та інші. В цьому напрямку проведено багато досліджень, проте є низка невирішених задач, що пов'язано із наступним:

- необхідністю врахування залежності ефективності експлуатації систем від багатьох факторів, які визначаються високою складністю і різноманітністю елементів систем і підсистем, які їх обслуговують і взаємодіють із ними,
- великою кількістю інформації під час діагностування і прогнозування технічного стану систем, при цьому необхідно враховувати низку параметрів, іноді неоптимальних та імовірнісних або взагалі невизначених.

Постановка задачі. Для вирішення задач, пов'язаних із дистанційним оцінюванням технічного стану СТС на транспорті, доцільним є вивчення досвіду його реалізації на різних видах транспорту.

Основний матеріал.

Наявність своєчасної, повної та достовірної інформації за оцінками ризику відмов систем є визначальним фактором надійності СТС. Така інформація може формуватися системою менеджменту якості проектування і експлуатації СТС відповідно до стандарту ISO 9001:2015 [2], що передбачає заходи щодо забезпечення надійності СТС за умови розвитку комунікацій та вміння управління інформацією. Своєчасне і регулярне надходження інформації про стан обладнання СТС дозволяє обслуговуючому персоналу відстежувати аварійні ситуації, виявляти причини відмов і виробляти заходи, спрямовані на підвищення надійності СТС [3].

Розглянемо детально досвід реалізації систем дистанційного оцінювання технічного стану СТС на різних видах транспорту.

На залізничному транспорті накоплений великий досвід реалізації систем моніторингу технічного стану локомотивів. Найбільш досвідченою в цьому напрямку є компанія із США General Electric Transportation (GE) [4]. В ній створено комплексну систему моніторингу технічного стану тепловозів із ситуаційним Центром моніторингу, який знаходиться на території заводу-виготівника локомотивів GE в місті Ері, що знаходиться у США, штаті Пенсильванія. На рис.1 наведено технологію моніторингу тепловозів компанії GE.

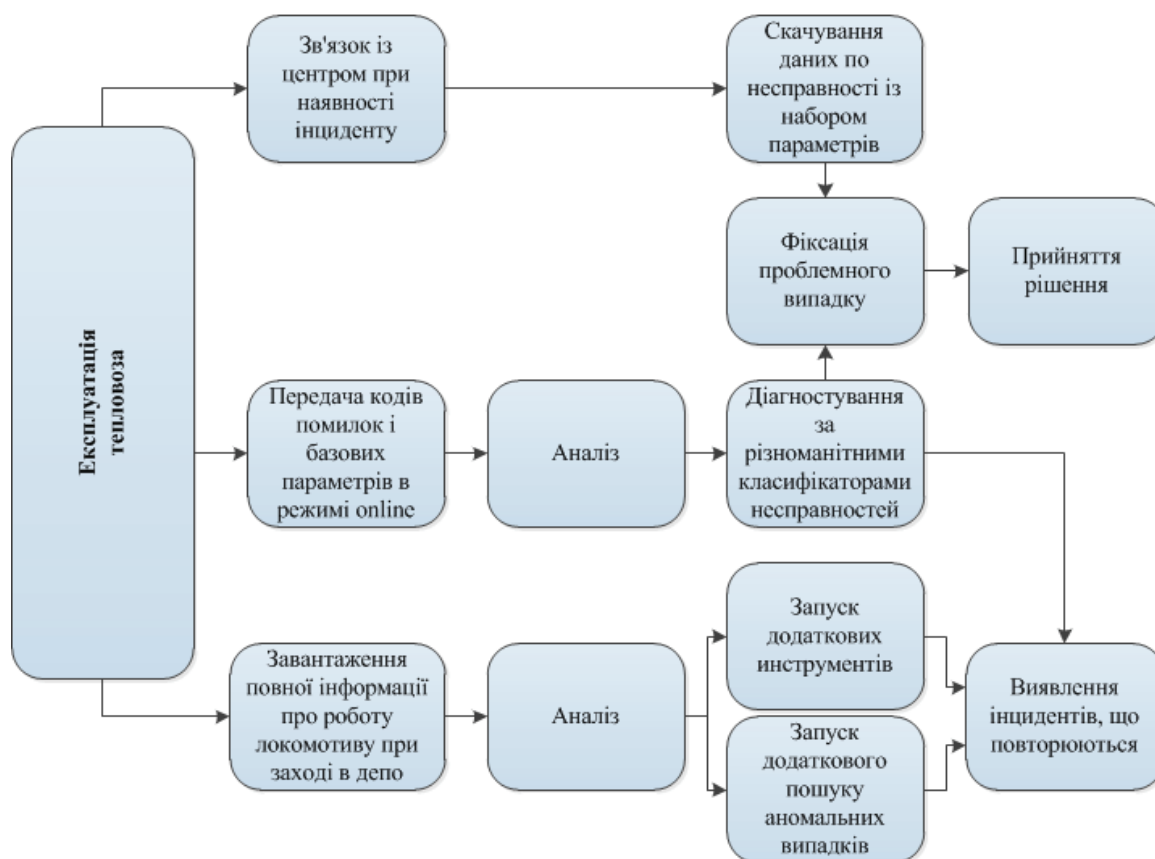


Рисунок 1 – Схема моніторингу тепловозів компанії General Electric (GE)
Figure 1 – Scheme for the monitoring of diesel locomotives in General Electric (GE)

Під час експлуатації тепловозів бортовою мікропроцесорною системою керування Bright Star безперервно виконується аналіз 250 параметрів локомотиву. При виявленні інциденту формується код відповідної помилки. Один раз за секунду інформація передається через радіоканал на сервер. Кількість кодів проявів відмов перевищує 6000 і постійно поповнюється. Під час надходження

повідомлення з тепловозу код виводиться на екран одного з вільних спеціалістів (диспетчерів) Центру Моніторингу для подальшого аналізу і прийняття рішення за готовими рекомендаціями, що формуються протягом накопичення досвіду. При заході локомотиву в депо і зчитуванні додаткової діагностичної інформації є можливість аналізу даних на стаціонарному комп’ютері. Система постійно удосконалюється. На рис. 2 наведено складові частини центру моніторингу GE. За даними компанії GE її система моніторингу дозволяє скоротити: на 50% повторні ремонти, на 23% час непродуктивного простою, на 25% час пошуку несправності.



Рисунок 2 – Структура центру моніторингу GE
Figure 2 – The structure of the GE Monitoring Center

Подібна система моніторингу компанії Bombardier Transportation (Services) реалізована і на пасажирських електровозах серії ЕП10 [5].

Система СВЛТР [6] розроблена компанією НВО «ТрансІнфоПроект» для моніторингу технічного стану та дислокації електровозів серій 2ЕС6 і 2ЕС10 і дозволяє проводити обмін даними з тяговим рухомих складом в режимі online, для чого використовуються стільникові мережі стандарту GSM, а для визначення місця розташування використовуються системи супутникової навігації ГЛОНАСС/GPS. З борту локомотива отримують лише коди помилок – додаткову інформацію про інцидент отримують при заході електровоза в депо: з бортової системи зчитують діагностичні дані і за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення розшифровують на стаціонарному комп’ютері.

Розроблена і впроваджується автоматизована система контролю параметрів роботи тепловозів і обліку дизельного палива (АСК) [7], яка призначена для вимірювання і реєстрації в автоматичному режимі на борту локомотива основних параметрів, що характеризують режим і економічність роботи силової установки, передачі цих даних по бездротовому каналу зв’язку на сервер автоматизованої системи моніторингу роботи тепловозів (АС МРТ). Аналогічна система дистанційного збору діагностичних даних для електровозів представлена в [8].

Отже, з наведено огляду виходить, що на залізничному транспорті світовою тенденцією є створення систем моніторингу технічного стану локомотивів з використанням даних інформаційних систем, датчиків дислокації локомотивів і даних бортових апаратно-програмних комплексів.

Щодо суднових СТС, то для них моніторинг технічного стану не завжди можливо реалізувати через обмежений простір і високу вартість відповідного обладнання. Впровадження системи дистанційного моніторингу, діагностики і прогнозування (ДМДП) технічного стану СТС є одним із способів вирішення даної проблеми. Взагалі у [9] зазначено, що використання систем моніторингу і діагностики має враховувати наступну специфіку суднових СТС: різноманітність обладнання щодо використовуваних фізичних принципів (механічні, електромеханічні, гідравлічні, електронні тощо) ускладнює розробку універсальних методів ДМДП; різноманіття конструкцій обладнання вимагає побудови програми діагностування СТС з урахуванням конструкцій пристроїв, що ускладнює

розробку універсальних методів ДМДП; наявність як дискретних, так і безперервних об'єктів визначає різні підходи при вирішенні задач діагностування; різноманіття в структурі обладнання (одноканальні і багатоканальні СТС), різний рівень надійності устаткування ускладнює організацію процесу діагностування; різні режими роботи устаткування на суднах (тривалий і короткочасний режими); високий ступінь автоматизації технологічних процесів: А1, А2, А3. Необхідно одночасне автоматизоване діагностування суднових об'єктів і діагностування засобів автоматики; обмежені можливості відновлення суднового устаткування через недостатню кількість і, найчастіше, невисокої кваліфікації обслуговуючого персоналу і обмеженого обсягу запасних деталей; різноманітність умов діагностування обладнання визначає місце розташування засобів діагностування (не завжди ідеальне).

Технології ДМДП оцінки технічного стану об'єктів транспортного призначення використовуються, наприклад фірмами: "General Electric" (США), "Mitsubishi" (Японія), "Siemens" (Німеччина), "Alstom" (Швейцарія) [10]. Системи ДМДП характеризуються єдиною типовою структурою, до якої можна віднести наступні елементи: пристрої збору інформації, комутатор, передатчик, мережу передачі даних, приймач, центр управління, контроль і аналіз інформації, сховище даних. Для забезпечення при ДМДП стійкого зв'язку з наземними службами відповідно до Регламенту радіозв'язку використовуються встановлені на морських і річкових суднах системи передачі даних на базі рухомий, фіксованою або радіомовної супутникової зв'язку, наприклад ИНМАРСАТ (стандарти С, М, Fleet, BGAN), Iridium, Globalstar, Orbcomm тощо. Бортові комплекси ДМДП на судні пов'язані з автоматизованим робочим місцем (АРМ), через локальні мережі, мережі ПСС або через наземну стаціонарну станцію мережею Інтернет. Система ПСС дозволяє в реальному часі обмінюватися інформацією між бортовими комплексами і диспетчером на березі відповідно до структурної схеми (рис. 3 [11]). Кожен бортовий комплекс містить взаємопов'язані між собою за інтерфейсом блоки, призначені для передачі інформації в центр діагностики. Мобільна частина - це комплекс суднового устаткування і програмного забезпечення, що складається з обладнання АРМ капітана судна. Стаціонарна частина розташовується в диспетчерському центрі і пов'язана з мобільною за допомогою супутникової системи передачі даних.

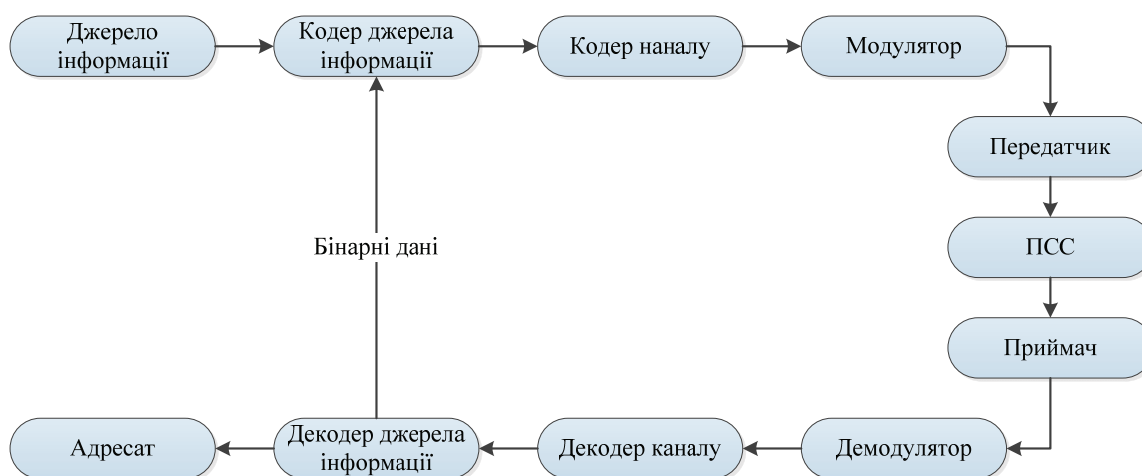


Рисунок 3 – Узагальнена структурна схема системи ДМДП судновими СТС [11]

Figure 3 – Generalized scheme of the DMDP system by ship STS

Комп'ютерні мережі, які використовуються в системах ДМДП, мають різноманітні можливості. Так, інтегрована комп'ютерна мережа балкера «EDELWEISS» дозволяє забезпечити моніторинг: параметрів головного двигуна; параметрів допоміжного котла; параметрів допоміжних дизелів електростанції; електричні параметри поточного стану генераторів; контроль рівнів палива, мастила, води в паливних, витратних, водяних танках і танках питної води; контроль різних напруг суднової мережі, а також стану напруги суднових акумуляторних батарей; контроль роботи механізмів, що забезпечують роботу головного двигуна (паливних, масляних та водяних насосів, турбіни тощо).

Контрольно-діагностичний комплекс "Портал-Дон-02" – це система ДМДП технічних станів суднових СТС, яка комплектується центральним контролером «Портал», панеллю оператора "Портал", антеною приймача сигналів GPS / ГЛОНАСС, антеною GSM-зв'язку та ін.

Інтегрована система моніторингу та управління суднами [12] є однією з використовуваних систем ДМДП судновими СТС. В ній дані, що відповідають поточному стану систем, передаються

від судна на віддалений стаціонарний пункт, команди від якого приймаються для управління СТС. Недоліки системи полягають в тому, що не передбачена можливість фрагментарного зчитування вмісту «чорного ящика», в якому зберігаються зібрані дані від різних пристроїв контролю параметрів СТС з боку пунктів моніторингу по каналах супутникового зв'язку, а також не виділено приймач глобальної навігаційної супутникової системи (GPS) в якості основного компонента моніторингу.

Системи ДМДП суднових СТС мають ряд загальних недоліків [11]: відсутні прогнозуючі тренди технічного стану систем; не визначаються інтервали зчитування параметрів, що відображають технічний стан систем; відсутня можливість автоматичного вибору оптимального режиму роботи СТС в залежності від їх стану для збільшення енергетичного ресурсу, підвищення ефективності експлуатації систем.

Розглянемо системи дистанційного оцінювання параметрів СТС, що використовуються на автомобільному транспорті.

У системі автомобільних гонок «Формула-1» електроніка контролює більше тисячі параметрів, інформація про які з телематичного блоку по каналу 3G передається в службу сервісу. У процесі гонки збір даних і передача їх в «бокси сервісу» здійснюється протягом мілісекунд. Інформація з боксів направляє в штаб-квартиру команд на суперкомп'ютер обчислювального центру. Передача інформації здійснюється за допомогою високочастотних ліній або Wi-Fi. Поза гонками інформація обсягом 80 байт через кожні 30 с. формується в пакет телематичного блоку, який потім відсилається ремонтникам з 20-ти хвилинною періодичністю [13].

Компанія Pagani з 2004 р. установлює на кожний свій автомобіль Zonda систему дистанційної діагностики TMD, розроблену італійською фірмою TEXA. Система TMD (TEXA Mobile Diagnostics) збирає дані, що поставляються бортовою системою діагностики від кожної одиниці Zonda, і за допомогою зв'язку GPRS направляє їх на завод у м. Модена, що дозволяє автовиробникові Pagani контролювати кожну одиницю Zonda, не залишаючи заводу [13]. Система діагностики TMD – це спеціальний прилад NANO, який підключається до діагностичного рознімання в автомобілі. Він декодує інформацію, тобто переводить дані в зрозумілу людині форму й по GPRS подає їх на смартфон водія. У результаті, за допомогою TMD-NANO, за тисячі кілометрів від сервісу, під його пильним контролем, визначаються параметри двигуна, коробки передач і допоміжного устаткування кожної одиниці Zonda.

Виробники причіпної техніки також оснащують її телематичними системами (навігаторами-приймачами). Особливо виділяється тут фірма Schmitz Cargobull зі своєю системою Trailerconnect. Телематику пропонує клієнтам її дочірнє підприємство - Cargobull Telematics. Система дає уявлення про стан автопарку й інформує у випадку перевищення досліджуваного параметру, даючи можливість своєчасного втручання. Телематичний навігатор-приймач, установлюється на трейлері й підходить для будь-яких типів причепів. З урахуванням вимоги клієнтів до нього можна підключити різні датчики. Підключивши різні агрегати (наприклад, систему EBS, акумуляторну батарею холодильного агрегату й самописець температури), можна зчитувати технічні дані й передавати їх у систему телематики. Сервіс, водії, експедитори й клієнти можуть спостерігати за РС і аналізувати дані за допомогою захищеного паролем доступу [14].

Системи «Формула-1», TMD-NANO, Trailerconnect є прикладами організації технічної експлуатації автомобіля (TEA) «зверху», тобто від автовиробника, що сьогодні стримує широке впровадження TEA-АСУ на АТЗК.

Прикладом галузевого підходу «знизу» є організація TEA на основі транспортно-інформаційної системи Dynafleet, що обслуговує автомобілі Volvo [14, 15]. Система Dynafleet забезпечує установку «телематичних блоків» - навігаторів-приймачів абсолютно на весь РС, де є місце (точка) приєднання (шлюз) типу FMS (Fleet Management gateway), що дозволяє одержати з CAN BUS/FMS інтерфейсу: круїз-контроль; положення дросельної заслінки; включення гальмової системи; сповільнення (ретардер); частоту обертання колінчастого вала двигуна; швидкість; пробіг; витрату палива; сервісні інтервали (пробіги між ТО) тощо. Недоліком системи моніторингу типу Dynafleet є відсутність оцінки спектра сучасних умов експлуатації і екологічного впливу ТЗ на дорожнє середовище, що згідно з теоретичними положеннями TEA є неприпустимим в організації моніторингу екологічних параметрів ТЗ та керуванні працездатністю РС і забезпеченні його надійності.

Система «ХНАДУ ТЕСА» [16] забезпечує безперервний моніторинг РС при невеликих експлуатаційних витратах за рахунок використання сучасних технологій мобільного бездротового зв'язку і професійного навігаційно-зв'язного обладнання. Система являє собою апаратно-програмний комплекс (телематична платформа), який побудований на технології «клієнт-сервер» із застосуванням Web-технологій, а його складовими є: телематичний сервер; ПЗ телематичного сервера BN-Complex™; ПС телематичного сервера; базове ПЗ «Virtual mechanic», «Service Fuel Eco «NTU-HADI - 12»» робочого місця диспетчера; абонентські термінали (навігатори-приймачі РС). Серед особливостей «ХНАДУ ТЕСА» можна виділити наступні: безперервний автоматичний контроль процесу руху РС з оцінкою умов експлуатації, часу проходження маршрутів і відповідності графікам роботи, відображенням місцерозташування і маршрутів КЕ в режимі реального часу на електронних картах; безперервний автоматичний контроль параметрів технічного стану РС і параметрів виконання режиму проведення дій ТО і Р з оцінкою рівня надійності РС і ефективності ТЕ; висока оперативність доставки повідомлень; повна конфіденційність даних, що обробляються системою, і відомостей, що отримуються від системи; можливість інтеграції з інформаційними системами МАТП; можливість підключення, виконаних на замовлення клієнта, спеціальних модулів ПЗ для вирішення супутніх завдань; низька вартість обладнання; мінімальні витрати при експлуатації системи.

Система GM OnStar створена як опція для автомобілів Cadillac, з метою забезпечення безпеки автомобілів GM і інформаційного обслуговування водіїв. Поєднуючи стільниковий зв'язок, дорожню допомогу, надзвичайне обслуговування й просту дистанційну діагностику, засновану на DTCs [16, 17], система OnStar забезпечує власникові машини досить повний сервіс, який включає: функції дистанційної діагностики; виклик при необхідності найближчих аварійних служб або постачальника сервісу GM; консультації водія при незначному ДТП; допомога в пошуку викраденого автомобіля; допомога в пошуку оптимального маршруту руху; інші послуги технічного й інформаційного характеру. Власнику ТЗ, зареєстрованому в OnStar Business Vehicle Manager, автоматично за електронною поштою надсилається звіт про виконаний пробіг і залишковий ресурс оливи в системі мащення двигуна. У звіт можуть включатися також дані про роботу двигуна, подушок безпеки, гальм, електросистем.

Система моніторингу машин Caterpillar використовує пристрої Product Link, які забезпечують двосторонній обмін інформацією між вбудованими системами спеціальної дорожньої техніки (СДТ) або ТЗ і комп'ютером власника СДТ (ТЗ) через інтернет-портал Dealer Storefront [17]. Повідомлення надходять від СДТ через супутники зв'язку в центр керування OrbComm (супутниковий сервіс-провайдер, що володіє мережею з 33 супутників), звідки поставляються в штаб Caterpillar і згодом використовуються для відновлення файлів використання СДТ на серверах бази даних дилера й клієнта. Власники СДТ, які встановили засоби Product Link (модулі PL-121SR і PL-321SR), можуть вибрати наступні варіанти додатка EquipmentManager: спостереження за використанням СДТ (опція Asset Watch); спостереження за обслуговуванням (опція Maintenance Watch); спостереження за технічним станом СДТ (опція Health Watch). Подібні телематичні системи моніторингу застосовують і інші виготовлювачі ТЗ і СДТ, наприклад John Deere, Volvo тощо [16].

У схемне рішення інтегрованої ДЛН-системи (США) [16, 17] входять наступні елементи: бездротовий зв'язок, уповноважений користувач сервіс-центра, сервіс-центр дистанційного діагностування, центр обслуговування й ремонту, виробник автомобіля, мобільний надзвичайний сервіс. Крім зазначених блоків логічна структура системи включає такі елементи, як спеціальні протиаварійні процедури, порятунок після аварії, лікарні й системи контролю здоров'я водія, поліцейський департамент, служби моніторингу нещасних випадків тощо. ТЗ обладнується телематичними пристроями, які забезпечують зчитування кодів несправностей і даних від датчиків, пов'язаних з ТО і Р. Бортові модулі діагностики несправностей і програм обслуговування автомобіля можуть або працювати автономно, або взаємодіяти з віддаленим ДЛН-сервіс-центром (Remote Diagnosis and Maintenance Center) для передачі кодів помилок і відповідної інформації з датчиків. Комунікації між ТЗ і структурними елементами системи моніторингу здійснюються через двосторонні модулі зв'язку. Лінії зв'язку між ТЗ і сервіс-центром (або уповноваженим радником) забезпечують доступ до електронного блоку керування ECU транспортного засобу й можливість зчитувати параметри роботи й коди помилок для аналізу. Голосові лінії комунікації з оператором ТЗ, використовуються в екстрених випадках. Засоби, встановлені в ДЛН-сервіс-центрі, взаємодіють із

телематичними модулями ТЗ. Радник сервіс-центру може управляти будь-якими модулями ТЗ у реальному часі, включаючи дистанційний контроль показів датчиків системи пошуку несправностей. Він вживає заходів щодо організації обслуговування або ремонту й повідомляє водія про серйозність несправностей. Інформація базується на ідентифікаційному номері ТЗ (VIN-код). У зв'язку з тим, що необхідні технічні обслуговування і ремонти повинні встановлюватись від імені власника ТЗ, то сервіс-центр координує свою роботу через надзвичайного посередника з уповноваженим радником, який керує програмою обслуговування й відповідає за взаємодію з водієм.

Проект мобільної й спільної діяльності європейських мереж надзвичайної допомоги ТЗ – інтегрована система Mucarevent (EC) [16, 17] – спрямований на розвиток конкуренції в сфері автосервісу й виходить із припущення, що бортова діагностична система OBD не завжди точно визначає можливі причини відмов автомобіля й тому потрібна додаткова інформація, у тому числі консультації експертів. Даний проект передбачає кооперацію різних учасників автосервісу: виробників автомобілів, незалежних і авторизованих підприємств із ТО і Р ТЗ, а також підприємств пришляхового сервісу. Основу інфраструктури системи становить сервіс-портал (Mucarevent Service Portal), як база знань, і основне сховище різної документації ТЗ. Сервіс-портал передбачає ідентифікацію ТЗ (за реєстраційним номером або за VIN-кодом) і потім його дистанційне діагностування, а також доступ до необхідної ремонтної інформації й експертної системи. Для обробки інформації про складні відмови забезпечується доступ до баз даних заводу-виготовлювача, а також багаторівневий доступ до ремонтної документації в режимі он-лайн. Передбачається, що після успішних випробувань її в автопромисловості будуть уведені стандарти для уніфікації мобільних додатків, що використовують зовнішні й бортові діагностичні системи.

Інтегрована система MRLN (США) [16, 17] використовується для військових транспортних засобів, наприклад система дистанційної мережевої логістики MRLN випробовувалася в 2005 р. у реальних умовах експлуатації для колісних транспортерів Stryker сухопутних військ США. MRLN використовує можливості інтерактивних електронних технічних керівництв IETM (Interactive Electronic Technical Manuals) і електронної експлуатаційної системи EMS (Electronic Maintenance System), які прийняті в збройних силах США. Це дозволяє дистанційно зв'язуватись з модулями електронного керування й вбудованими датчиками ТЗ. Результати випробувань даного проекту показали, що автоматизація процесу експлуатації за допомогою MRLN здатна підвищити ефективність використання транспортних засобів, тому що підвищується рівень працездатності парку машин, оскільки підтримується прогнозує обслуговування й ТО на основі стану ТЗ; контроль у реальному часі стану ТЗ запобігає катастрофічним і дорогим відмовам, у результаті негайного виявлення критичних ознак; забезпечуються більш ефективна експлуатаційна підтримка ТЗ й попереджуюча логістика; долається дефіцит кваліфікованих механіків і експертів, оскільки в центрі керування зосереджуються механіки, досвідчені в необхідних областях обслуговування машини.

Незважаючи на стрімке поширення телематичних продуктів і сервісів, ряд факторів обмежує проникнення на ринок інтегрованих ДЛН-систем і систем моніторингу стану ТЗ [15-17], а саме: недостатнє розуміння можливостей ДЛН власниками ТЗ і керівництвом підприємств ТО і Р, позначається на розробці програм сервісу. При цьому користувачі ТЗ краще розуміють свої можливі вигоди від застосування систем ДЛН для корекції режимів ТО і Р та моніторингу стану машин. Розвитку ДЛН для ТЗ перешкоджають висока вартість цих систем і проблеми створення відповідних центрів ТО і Р, що працюють в одному комплексі, а також конфіденційність інформації

Подальший розвиток систем дистанційної оцінки технічної експлуатації СТС у складі бортових інформаційно-діагностичних комплексів здійснюється в основному в таких напрямках: розвиток систем з відкритою модульною архітектурою моніторингу; розробка й застосування більш ефективних алгоритмів діагностики; розвиток алгоритмів, що застосовуються у бортових блоках керування ECU, для більш точної оцінки стану ТЗ, діагностики несправностей у реальному часі й одержання більш повної й точної інформації про причини несправностей.

Висновки. Виконано аналіз систем дистанційної оцінки технічної експлуатації складних технічних систем, які використовуються на транспорті, а саме на залізничному, морському та автомобільному транспорті. Проаналізовані їх основні недоліки і перспективи використання, а також наведено напрямки їх подальшого розвитку. Виконаний аналіз може бути корисним для розробки і формування універсальної системи моніторингу, прогнозування і діагностики технічного стану СТС на транспорті з можливістю їх адаптації до умов експлуатації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. – Издательство стандартов, 1989. – 9 с.
2. Международный стандарт ISO 9001:2015. Системы менеджмента качества. Требования. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-9001-2015-fdis.pdf>. – Загл. с экрана.
3. Machinery Planned Maintenance and Condition Monitoring/ Lloyd's Register, Ship Right, 2004. – 354p.
4. Пат. WO2001031450A1. Apparatus and Method for Performance and Fault Analysis / Hedlund E., Roddy N., Gibson D., Bliley R. (США: General Electric Company) - №2000/029439; заявл. 28.10.1999; опубл. 03.05.2001. – 58 с.
5. Покровский, С.В. Система управления и диагностики электровоза ЭП10 / Под редакцией д.т.н. С.В.Покровского. – М.: Интекст, 2009 – 356 с.
6. СВЛТР. Система мониторинга дислокации и технического состояния электровозов 2ЭС6 и 2ЭС10 (Синара) [Электронный ресурс]. Официальный сайт ТрансИнфоПроект: – Режим доступа: <http://www.trans-ip.ru/svltr.html>. – Загл. с экрана.
7. Бабков Ю.В. Прямой и косвенный способы определения уровня энергетической эффективности тепловозов / Ю.В. Бабков, Ю.И. Клименко, В.А. Перминов // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 3. – С.55-60.
8. Дистанционный контроль технического состояния электровозов НЭВЗ [Электронный ресурс]. – Новочеркасск: Официальный сайт ЗАО «Локомотивные электронные системы» – Режим доступа: <http://zaoles.ru/>. – Загл. с экрана.
9. Lamaris V.T. A general purpose diagnostic technique for marine diesel engines – Application on the main propulsion and auxiliary diesel units of a marine vessel / V. T. Lamaris, D. T. Hountalas // Energy Conversion and Management, 2010. – 51 (4). – pp. 740-753.
10. Доронін В.В. Радіонавігаційні прилади та системи: посібник для вищих морських навчальних закладів / В.В. Доронін // – Київ : КДАВТ, 2007. – 472 с.
11. Шибаева Н.О. Метод структурной оптимизации характеристик системы дистанционного мониторинга и диагностики судовых сложных технических систем / Н.О. Шибаева, В.В. Вычужанин // Вісник Одеського національного морського університету : сб. статей. – Одесса, 2016. – Вып. 1(47) – С. 69-81.
12. Пат. US 2009/0187297 A1, G 06 F 17/00. Integrated Vessel Monitoring and Control System / Kish L., McBryde L. (США) – № 12/016,110; заявл. 17.01.2008; опубл. 23.07.2009. – 14 с.
13. Сервис онлайн. // Журнал СНІР. - №8. - 2013. – С.34-37
14. Функционал телематических систем на примере Volvo [Электронный ресурс] // АВТОСТРАДА – последние автомобильные новости. – Режим доступа: <http://avtostrada.info/funkcional-telematicheskix-sistem-na-primere-volvo.html>. – Загл. с экрана.
15. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем: монография / Волков В.П., Матейчик В.П., Никонов О.Я., и др; под. ред. Волкова В.П. –Донецк: Ноулидж, 2013. – 400 с.
16. Матейчик В. П. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів / В. П. Матейчик, В. П. Волков, П. Б. Комов, І. В. Грицук, А. П. Комов, Ю. В. Волков // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. – 2014. – Вип. 13(1). – С. 125-137.
17. Головин С.Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования: Учебное пособие. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2008. – 288с.

REFERENCES

1. GOST 20911-89. Tekhnicheskaya diagnostika. Terminy i opredeleniya [State Standard 20911-89. Technical diagnostics. Terms and definitions]. Moscow, Standartinform Publ., 1989, 9 p.
2. Mezhdunarodnyy standart ISO 9001:2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya (International standard ISO 9001: 2015. Quality management system. Requirements). Available at:

- <http://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-9001-2015-fdis.pdf> (Accessed 27 November 2017).
3. “Machinery Planned Maintenance and Condition Monitoring”. Lloyd's Register, Ship Right. 2004, 354p.
 4. Hedlund E., Roddy N., Gibson D., Bliley R. Apparatus and Method for Performance and Fault Analysis. Patent USA, no. 01/31450, 2001.
 5. Pokrovsky, S.V. Sistema upravleniya i diagnostiki elektrovoza EP10 [Electric locomotive control and diagnostics system EP10]. Moscow, Intext Publ., 2009. 356 p.
 6. SILTR. Sistema monitoringa dislokatsii i tekhnicheskogo sostoyaniya elektrovozov 2ES6 i 2ES10 (Sinara) (COLTR. System for monitoring the dislocation and technical condition of electric locomotives 2ES6 and 2ES10 (Sinara)). The official site of TransInfoProject. Available at: <http://www.transip.ru/svltr.html> (Accessed 27 November 2017).
 7. Babkov Yu.V., Klimenko Yu.I., Perminov V.A. Pryamoy i kosvennyy sposoby opredeleniya urovnya energeticheskoy effektivnosti teplovozov (Direct and indirect ways of determining the level of energy efficiency of locomotives). Zhelezodorozhnyy transport - Railway Transport, 2015, no. 3, pp.55-60.
 8. Dstantsionnyy kontrol tekhnicheskogo sostoyaniya elektrovozov NEVZ (Remote monitoring of the technical condition of electric locomotives NEVZ). Novocherkassk: Official site of JSC "Locomotive electronic systems". Available at: <http://zaoles.ru/> (Accessed 27 November 2017).
 9. Lamaris V. T. “A general purpose diagnostic technique for marine diesel engines –Application on the main propulsion and auxiliary diesel units of a marine vessel”. Energy Conversion and Management, 2010, no 51 (4), pp. 740-753.
 10. Doronin V.V. Radionavigatsiyni priladi ta sistemi [Radionavigation devices and systems: a guide for higher marine educational institutions]. Kyiv, KDAVT, 2007. 472 p.
 11. Shibaeva N.O., Vychuzhanin V.V. Metod strukturnoy optimizatsii kharakteristik sistemy distantsionnogo monitoringa i diagnostiki sudovykh slozhnykh tekhnicheskikh sistem [Method of structural optimization of the system for remote monitoring and diagnostics of ship complex technical systems]. Visnik Odeskogo natsionalnogo morskogo universitetu [Visnik of Odesa national maritime university], 2016, issue 1(47), pp. 69-81.
 12. Kish L., McBryde L. Integrated Vessel Monitoring and Control System. Patent USA, no. 12/016,110, 2009.
 13. Servis onlayn [Service online]. Zhurnal CHIP - CHIP magazine, 2013, no. 8, pp.34-37.
 14. Funktsional telematicheskikh sistem na primere Volvo (Functionality of telematic systems by the example of Volvo). AUTOSTRADA – the latest automobile news. Available at: <http://avtostrada.info/funkcional-telematicheskix-sistem-na-primere-volvo.html> (Accessed 27 November 2017).
 15. Volkov V., Mateichyk V., Nikonov O., Komov P., Gritsuk I., Volkov Ju., Komov Je. Integraciya techniceskoj ekspluatatsiji avtomobilej v strukturi i processi intelektualnich transportnich system [Integration of the technical operation of vehicles in the structures and processes of intelligent transport systems], Donetsk: Noulidzh Publ., 2013. 400 p.
 16. Mateichyk V. P., Volkov V. P., Komov P. B., Grytsuk I. V., Komov A. P., Volkov Yu. V. Osoblivosti monitoringu stanu transportnykh zasobiv z vikoristannyam bortovykh diagnostichnykh kompleksiv [Particulars on the monitoring of the state of vehicles using on-board diagnostic complexes] Upravlinnya proektami, sistemniy analiz i logistika. Tekhnichna seriya [Project Management, System Analysis and Logistics. Technical series], 2014, issue 13(1), pp. 125-137.
 17. Golovin S.F. Tekhnicheskyy servis transportnykh mashin i oborudovaniya [Technical service of transport vehicles and equipment]. Moscow, Alfa-M: INFRA-M, 2008. 288 p.

РЕФЕРАТ

Матейчик В.П. Особливості проблеми дистанційного оцінювання технічного стану складних систем на транспорті / В.П. Матейчик, М.В. Володарець, Д.В. Курносенко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

В статті розглянуто особливості проблеми дистанційного оцінювання технічного стану складних систем на транспорті.

Об'єкт дослідження – вплив процесів дистанційного оцінювання технічного стану складних

систем на транспорті на параметри технічного стану транспортних засобів.

Мета роботи – аналіз особливостей застосування методів дистанційного оцінювання технічного стану складних систем на засобах транспорту.

Метод дослідження – логічна організація вирішення проблеми дистанційного оцінювання технічного стану складних систем на транспорті.

Проведено аналіз систем дистанційної оцінки технічної експлуатації складних технічних систем, які використовуються на транспорті, а саме на залізничному, морському та автомобільному транспорті. Наведено їх основні недоліки і перспективи використання, а також наведено напрямки їх подальшого розвитку. В цьому напрямку проведені численні дослідження, проте є низка невирішених задач, що пов'язані із необхідністю врахування залежності ефективності експлуатації систем від багатьох факторів, які визначаються високою складністю і різноманітністю елементів систем і підсистем, що їх обслуговують і забезпечують взаємодію із ними; великою кількістю інформації під час діагностування і прогнозування технічного стану систем, в яких, при цьому необхідно враховувати множини параметрів, а іноді неоптимальних та імовірнісних або взагалі невизначених. Виявлено, що подальший розвиток систем дистанційної оцінки технічної експлуатації складних технічних систем у складі бортових інформаційно-діагностичних комплексів здійснюється в основному в таких напрямках: розвиток систем з відкритою модульною архітектурою моніторингу; розробка й застосування більш ефективних алгоритмів діагностики; розвиток алгоритмів, що застосовуються у бортових блоках керування ECU, для більш точної оцінки стану транспортного засобу, діагностики несправностей у реальному часі та одержання більш повної й точної інформації про причини несправностей, що виникають.

Результати статті можуть бути впроваджені у процес проектування і формування універсальної системи моніторингу, прогнозування і діагностики технічного стану складних технічних систем на транспорті з можливістю їх адаптації до умов експлуатації.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – пошук найбільш ефективних способів забезпечення дистанційного оцінювання технічного стану складних систем на транспорті.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СКЛАДНА ТЕХНІЧНА СИСТЕМА, МОНІТОРИНГ, ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА, ПРОГНОЗУВАННЯ, ТРАНСПОРТ, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ.

ABSTRACT

Mateichyk V.P., Volodarets M.V., Kurnosenko D.V., Features problems of remote evaluation of technical condition complex systems in transport. Visnyk of National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article describes the features of a problem of remote estimation of a technical condition of complex systems on transport.

Object of the study - the influence of the processes of remote evaluation of the technical condition of complex systems in transport on the parameters of the technical condition of vehicles.

Purpose of the study - analysis of the specifics of the application of remote sensing methods for the technical state of complex systems on means of transport.

Method of the study - logical organization of solving the problem of distance assessment of the technical condition of complex systems in transport.

The analysis of systems for remote evaluation of technical operation of complex technical systems used in transport, namely rail, sea and road transport is analyzed. Their main shortcomings and perspectives are given, as well as directions for their further development. Many studies have been carried out in this direction, but there are a number of unresolved problems related to the need to take into account the dependence of system operation efficiency on many factors determined by the high complexity and heterogeneity of the elements of systems and subsystems. They serve and provide interaction with them; a lot of information in diagnosing and forecasting the technical state of systems in which, at the same time, it is necessary to take into account a lot of parameters, and sometimes non-optimal and probabilistic or even uncertain. It was revealed that the further development of systems for remote evaluation of technical operation of complex technical systems in the on-board information and diagnostic complexes is carried out mainly in the following areas: development of systems with open modular monitoring architecture;

development and application of more efficient diagnostic algorithms; the development of algorithms used in ECU on-board control units to more accurately assess vehicle condition, diagnose faults in real time and to obtain more complete and accurate information on the causes of faults that occur.

The results of the article can be implemented in the process of designing and forming a universal monitoring system, forecasting and diagnosing the technical condition of complex technical systems in transport with the possibility of their adaptation to operating conditions.

Forecast assumptions about the object of study - to find the most effective ways to provide remote assessment of the technical condition of complex systems in transport.

KEYWORDS: COMPLEX TECHNICAL SYSTEM, MONITORING, TECHNICAL DIAGNOSTICS, FORECASTING, TRANSPORT, VEHICLE.

РЕФЕРАТ

Матейчик В.П. Особенности проблемы дистанционной оценки технического состояния сложных систем на транспорте / В.П. Матейчик, М.В. Володарець, Д.В. Курносенко // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье рассмотрены особенности проблемы дистанционной оценки технического состояния сложных систем на транспорте.

Объект исследования – влияние процессов дистанционной оценки технического состояния сложных систем на транспорте на параметры технического состояния транспортных средств.

Цель работы - анализ особенностей применения методов дистанционной оценки технического состояния сложных систем на средствах транспорта.

Метод исследования – логическая организация решения проблемы дистанционной оценки технического состояния сложных систем на транспорте.

Проведен анализ систем дистанционной оценки технической эксплуатации сложных технических систем, используемых на транспорте, а именно на железнодорожном, морском и автомобильном транспорте. Приведены их основные недостатки и перспективы использования, а также приведены направления их дальнейшего развития. В этом направлении проведены многочисленные исследования, однако есть ряд нерешенных задач, связанных с необходимостью учета зависимости эффективности эксплуатации систем от многих факторов, определяемых высокой сложностью и разнородностью элементов систем и подсистем, которые обслуживают и обеспечивают взаимодействие с ними; большим количеством информации при диагностировании и прогнозировании технического состояния систем, в которых, при этом необходимо учитывать множества параметров, а иногда неоптимальных и вероятностных или вообще неопределенных. Выявлено, что дальнейшее развитие систем дистанционной оценки технической эксплуатации сложных технических систем в составе бортовых информационно-диагностических комплексов осуществляется в основном в следующих направлениях: развитие систем с открытой модульной архитектурой мониторинга; разработка и применение более эффективных алгоритмов диагностики; развитие алгоритмов, применяемых в бортовых блоках управления ECU, для более точной оценки состояния транспортного средства, диагностики неисправностей в реальном времени и получения более полной и точной информации о причинах неисправностей, которые возникают.

Результаты статьи могут быть внедрены в процесс проектирования и формирования универсальной системы мониторинга, прогнозирования и диагностики технического состояния сложных технических систем на транспорте с возможностью их адаптации к условиям эксплуатации.

Прогнозные предположения по развитию объекта исследования - поиск наиболее эффективных способов обеспечения дистанционной оценки технического состояния сложных систем на транспорте.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СЛОЖНАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, МОНИТОРИНГ, ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ТРАНСПОРТ, ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО.

АВТОРИ:

Матейчик Василь Петрович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний

університет, професор кафедри екології і безпеки життєдіяльності, e-mail: wmate@ukr.net, тел. +380442807940, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, orcid.org/0000-0002-3683-7246

Володарець Микита Віталійович, кандидат технічних наук, Український державний університет залізничного транспорту, старший викладач кафедри теплотехніки та теплових двигунів, e-mail: volodarets.nikita@yandex.ru, тел. +380990535874, Україна, 61050, м. Харків, пл. Фейербаха, 7, orcid.org/0000-0002-8526-4800

Курносенко Дар'я Вікторівна, пошуковець, Херсонська державна морська академія, кафедра експлуатації суднових енергетичних установок, e-mail: dasha10021991@gmail.com, тел. +380955494372, Україна, 73000, м. Херсон, проспект Ушакова, 20, orcid.org/0000-0003-3417-8766

AUTHOR:

Mateichyk Vasiliy P., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, professor of the department of environment and life safety, e-mail: wmate@ukr.net, tel. +380442807940, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str. 1, orcid.org/0000-0002-3683-7246

Volodarets Mykyta V., Ph.D. of Technical Sciences, Ukrainian State University of Railway Transport, senior lecturer of the department of thermal engineering and heat engines, e-mail: volodarets.nikita@yandex.ru, tel. +380990535874, Ukraine, 61050, Kharkiv, Feuerbach Square, 7, orcid.org/0000-0002-8526-4800

Kurnosenko Daria V., Candidate for a degree, Kherson State Maritime Academy, operation maritime power plants department, e-mail: dasha10021991@gmail.com, tel. +380955494372, Ukraine, 73000, Kherson, Ushakova avenue, 20, orcid.org/0000-0003-3417-8766

АВТОРЫ:

Матейчик Василий Петрович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: wmate@ukr.net, тел. +380442807940, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленка 1, orcid.org/0000-0002-3683-7246

Володарець Никита Витальевич, кандидат технических наук, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, старший преподаватель кафедры теплотехники и тепловых двигателей, e-mail: volodarets.nikita@yandex.ru, тел. +38099-053-5874, Украина, 61050, г. Харьков, пл. Фейербаха, 7, orcid.org/0000-0002-8526-4800

Курносенко Дарья Викторовна, соискатель, Херсонская государственная морская академия, кафедра эксплуатации судовых энергетических установок, e-mail: dasha10021991@gmail.com, тел. +380955494372, Украина, 73000, г. Херсон, проспект Ушакова, 20, orcid.org/0000-0003-3417-8766

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Мігаль В.Д., доктор технічних наук, професор, Харківський Національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів, Харків, Україна.

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту і матеріалознавства, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Migal Vasiliy D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Professor of Department Technical maintenance and service of vehicles, Kharkov, Ukraine.

Posviatenko E.K., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, professor of the production, repair and materials science department, Kyiv, Ukraine.