

УДК 681.518.5

МОЙСЕЄНКО В.І., д.т.н.,
 ЧЕГОДАЄВ Б.В., здобувач кафедри «СКС» (УкрДАЗТ),
 ЗОТОВА О.С., ст. викладач (ХНТУСГ ім. П. Василенка)

Методи діагностування систем залізничної автоматики

В статті подані результати аналізу різноманітних підходів та методів діагностування (аналізу) відмов у роботі пристроїв, агрегатів та систем у цілому. Розглянуті технології відносяться до ракетобудування, машинобудування та металургійної галузі, на основі їх досвіду розроблені підходи до модернізації системи технічного обслуговування на залізничному транспорті необхідно.

Ключові слова: системи залізничної автоматики, методи діагностування, відмови, технічне обслуговування.

Вступ

Стаття порушує питання про існуючі методи та підходи здійснення діагностування різноманітних вузлів, агрегатів та систем у цілому, як на залізничному транспорті, так і в інших галузях на основі зарубіжного й вітчизняного досвіду.

Постановка проблеми

На теперішній час на залізничному транспорті у системах залізничної автоматики та телемеханіки (ЗАТ) існує велика кількість методів діагностування, які досить різноманітні й відрізняються точністю та об'єктивністю даних. Більшість з них була розроблена ще у минулому сторіччі, тому використовується застаріла елементна база та й сам підхід до вирішення поставлених задач втратив свою актуальність. До найпростіших відносяться суб'єктивні методи, які полягають у проведенні зовнішнього огляду об'єкту і візуального та вербального аналізу елементів системи (деталей, вузлів), які розташовані зовні. Ці методи характеризуються простотою та одночасно низкою точністю. У зв'язку із цим їх застосовують, як правило, у взаємодії з найпростішими засобами вимірів. На залізничному транспорті засобами виміру параметрів (характеристик) системи є як найпростіші прилади, такі як складне вимірювальне обладнання. Але таких, на жаль, дуже мало та недостатньо на весь комплекс ЗАТ. Також одним із підходів до діагностування елементів систем стало встановлення комплексів «КОЛОС» і «Контроль» на пересувних вагонах – лабораторіях ще у 60-х – 70-х роках минулого століття. Вони відпрацювали свій ресурс й відображають мінімальний обсяг інформації при здійсненні вимірів. Тому необхідність у створенні й реалізації нової системи з новим підходом до здійснення аналізу стану об'єктів ЗАТ є достатньо актуальною проблемою.

Аналіз досліджень та публікацій

У вітчизняній та закордонній літературі розглядаються різноманітні методи діагностування елементів систем, вузлів, агрегатів, їх функціональні, технічні можливості та проблеми зв'язані з технічною реалізацією і функціональною працездатністю [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

На всьому протязі існування залізничного комплексу використовується метод діагностування по структурним параметрам (виконання графіку ТО), що характеризується точністю результатів і простотою вимірів. Фактично це набір алгоритмів роботи (технологічні картки). Але при оптимізації і реорганізації структурних підрозділів залізниці саме виконання об'єму робіт згідно технології перевірити важко. Крім того єдиним підтвердженням достовірності виконаних технологічних операцій є запис у відповідних журналах (ШУ-2, ШУ-64 та інших). Недоліки цього метода - велика трудомісткість виконання робіт, значний обсяг паперової роботи (записи, виписки, акти та інше). Виконання перевірок у переважній більшості пов'язане з розбиранням об'єкту, наприклад для перевірки параметрів двигуна (щіток, редуктора) необхідно відкрити кришку стрілкового приводу та здійснити інші маніпуляції.

Основний матеріал

У галузі ракетобудування методам пошуку відмов, прогнозування руху приділяється пріоритетне значення, тому що кожна помилка може привести до великих матеріальних збитків, чи загибелі людей.

Прогнозування руху космічних апаратів (КА) є невід'ємною складовою частиною будь-яких балістико-навігаційних розрахунків, як на етапі проектно-балістичного обґрунтування, так і в процесі польоту. У результаті прогнозування визначають параметри траєкторного руху КА, оцінюють можливий успіх польоту, ухвалюють рішення щодо необхідності яких-небудь термінових дій. Можливо сказати, що прогнозування руху КА є основною ланкою

навігаційного забезпечення.

Рух КА можна описати у різних системах координат. Від вибору конкретної системи залежить як складність алгоритму обчислення диференціальних рівнянь руху, так і зручність розрахункових формул для визначення параметрів орбіт.

Існує велика кількість різних методів чисельного інтегрування звичайних диференціальних рівнянь, до яких відносять і рівняння руху КА [8,9].

Чисельні методи інтегрування диференціальних рівнянь розділяють на дві групи. Методи першої групи засновані на розкладанні функції, що визначає характер руху з наступним записом аналітичного вираження для змінної на наступному кроці обчислень. Похідні визначають аналітично, або чисельним диференціюванням вихідного рівняння. До даної групи відносять методи Адамса, Коулла, Штермера [7].

Методи другої групи також засновані на розкладанні у ряди. Але конструкція вираження для змінної на наступному кроці обчислень є принципово іншою - похідні вищих порядків відсутні. Зате міняється схема обчислень – чотири рази на кожному кроці інтегрування визначають перші похідні, тобто здійснюють послідовне поліпшення шуканої змінної (метод Рунге-Кутта і його різні модифікації).

У загальному випадку система диференціальних рівнянь руху штучного супутника землі (ШСЗ) у кінцевому виді не інтегрується. Тому при розробленні аналітичних методів прогнозування застосовують різні способи одержання наближених рішень. Для цих цілей звичайно використовують методи наближеного інтегрування рівнянь Лагранжа, або прагнуть знайти такий вид потенційної функції, що допускає рішення диференціальних рівнянь через кінцеві аналітичні залежності.

Супутникові навігаційні системи знайшли своє застосування на залізничному транспорті в системах локомотивної безпеки КЛУБ. У попередніх роках були встановлені навігаційні системи більш ніж як на 200 локомотивах. Вказані пристрої застосовують сигнали від системи ГЛОНАС і GPS.

Можливість ефективного застосування ШСЗ для рішення навігаційних завдань у значній мірі обумовлена їхньою здатністю бути видимими з великих територій поверхні Землі, або навколосемного простору. Для вирішення подібних завдань застосовуються так звані навігаційні алгоритми кінцевого типу.

На практиці кінцеві алгоритми використовують, як правило, у тих випадках, коли точність навігаційних визначень задовольняє споживача, рис. 1 [7].

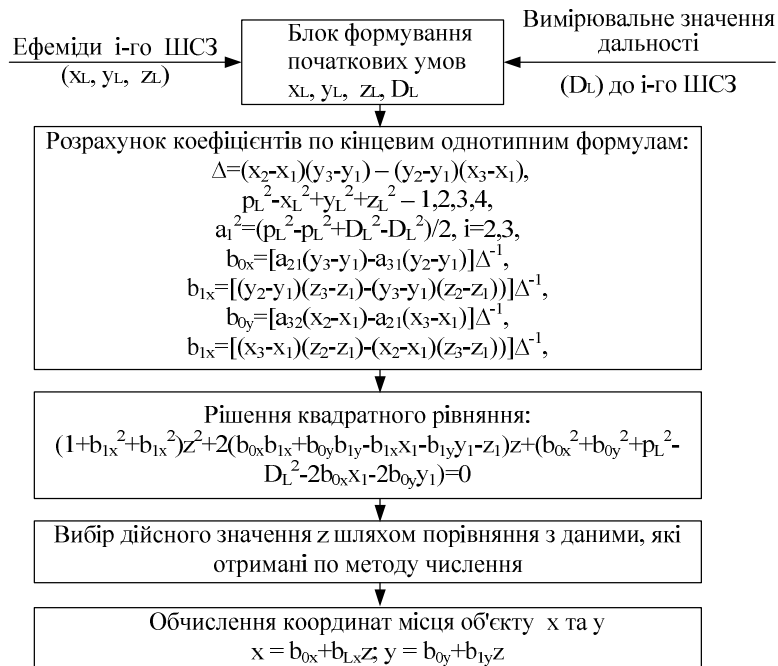


Рис. 1. Блок-схема навігаційного алгоритму кінцевого типу

При організації оброблення вимірів, що містять вибірку надлишкового обсягу, серед статистичних методів найбільше поширення одержав алгоритм, заснований на методі найменших квадратів. Блок-

схема ітераційного алгоритму визначення координат об'єкта по мінімальному обсязі одночасних вимірів наведена на рис. 2 [7].

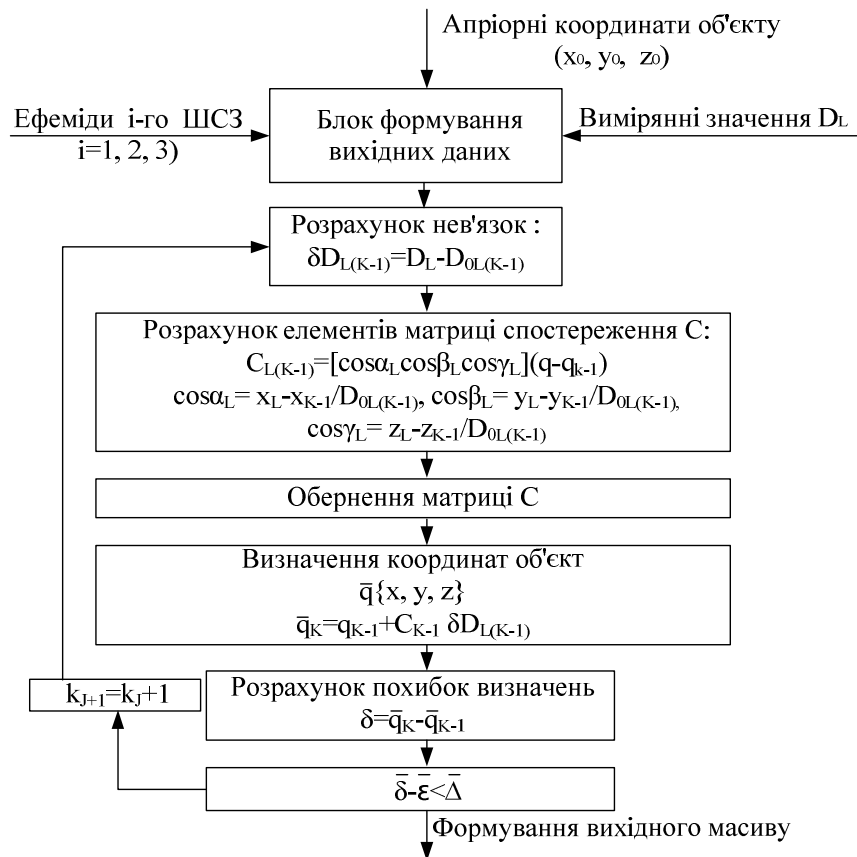


Рис. 2. Блок-схема ітераційного алгоритму визначення координат об'єкту по мінімальному об'єму одночасових вимірів

Необхідно відзначити, що при обробленні вимірів доводиться зважати на кореляцію помилок, обумовлених погрішностями ефемерид. Для підвищення точності розрахунку необхідно розширити вектор фазового стану та включити до нього додатково вектор стану ШСЗ.

На теперішній час широко застосовують різні типи вимірювальних систем (радіотехнічні, оптичні, гравіметричні, магнітометричні і т.п.), що дозволяють здійснювати проведення вимірів практично будь-яких необхідних параметрів для рішення завдання визначення поточного стану КА і фактичної траєкторії його руху [7].

Процес вимірів пов'язаний з наявністю тих, або інших помилок, що викликано впливом випадкових факторів, які не завжди можна врахувати. Тому дійсний результат вимірів завжди має деяку похибку [1].

Як показує досвід експлуатації закордонних і вітчизняних супутників, електризація КА є одним з видів негативного впливу, що істотно впливає на

надійність і якість функціонування космічних систем [2].

Існують два способи створення умов для нормальної роботи бортової апаратури КА в умовах виникнення його електризації. Перший полягає у створенні на супутнику й біля нього умов, які не дозволяють виникати диференціальному заряду або заряду взагалі на зовнішніх елементах КА (активні способи). Другий спосіб передбачує захист, що дозволяє штатно функціонувати бортовій апаратурі КА навіть при наявності розрядів.

В основі всієї експертної системи лежить організація взаємодії між декількома базами даних. У процесі цієї взаємодії та обміну інформацією повинні визначатися причини несправності і виконуватись певні рекомендації, застосування яких необхідно при керуванні КА в умовах впливу космічного оточення [2].

Методи опрацювання даних у ракетобудуванні можливо застосувати і при розробленні нових підходів для діагностування систем залізничної автоматики, а саме при обробленні сигналів з напільних пристроїв.

Далі розглянемо системи та методи діагностування у машинобудуванні та металургійній галузі. При наявності на підприємстві десятків тисяч одиниць устаткування, що підлягає контролю стану, обслуговуванню, періодичним ремонтам і модернізації, ефективно виконувати технічне обслуговування та ремонт (ТОР) дуже складно [3].

Полегшити керування ТОР, підвищити його ефективність призначені спеціалізовані комп'ютерні програми. Автоматизовані системи такого роду вже понад 20 років розробляються та застосовуються на європейських підприємствах. Для їхнього позначення використовується абревіатура CMMS (Computerized Maintenance Management Systems), тобто комп'ютерні системи керування ТОР. У цей час усе більше широке поширення одержують так називані EAM-системи (Enterprise Asset Management), що узагальнюють концепцію CMMS і комплексно охоплюють весь обсяг процесів, пов'язаних з керуванням основними фондами та повним життєвим циклом устаткування (від проектування до списання). EAM як система призначена для автоматизації бізнес-процесів обліку, технічного обслуговування та ремонту основних фондів. Це дає можливість зменшення простою

устаткування, скорочення витрат на технічне обслуговування, ремонти й матеріально-технічне постачання.

Основне завдання, що коштує CMMS-системами - це зменшення витрат на обслуговування встаткування та підвищення надійності його роботи, що в остаточному підсумку покликано знизити собівартість виробленої продукції й забезпечити стабільність роботи підприємства.

Якщо говорити про кількісні оцінки, то тут доводиться спиратися переважно на досвід корпорації Technology for Energy що проаналізувала діяльність більше 500 підприємств енергетики США і Європи [4].

З'ясувалося, що застосування діагностичного моніторингу в EAM-системах може забезпечити скорочення витрат на ремонт устаткування від 50 до 80 %, витрат на технічний супровід до 50-80 %, обсягів матеріально-виробничих запасів на 30 % і підвищити рентабельності виробництва до 20-60 %. При цьому середня окупність впровадження CMMS- і EAM-систем за даними розробників дорівнює 1,5-2 роки [4]. Структурна схема варіанту EAM-системи обліку, ремонту та технічного обслуговування наведена на рис. 3.

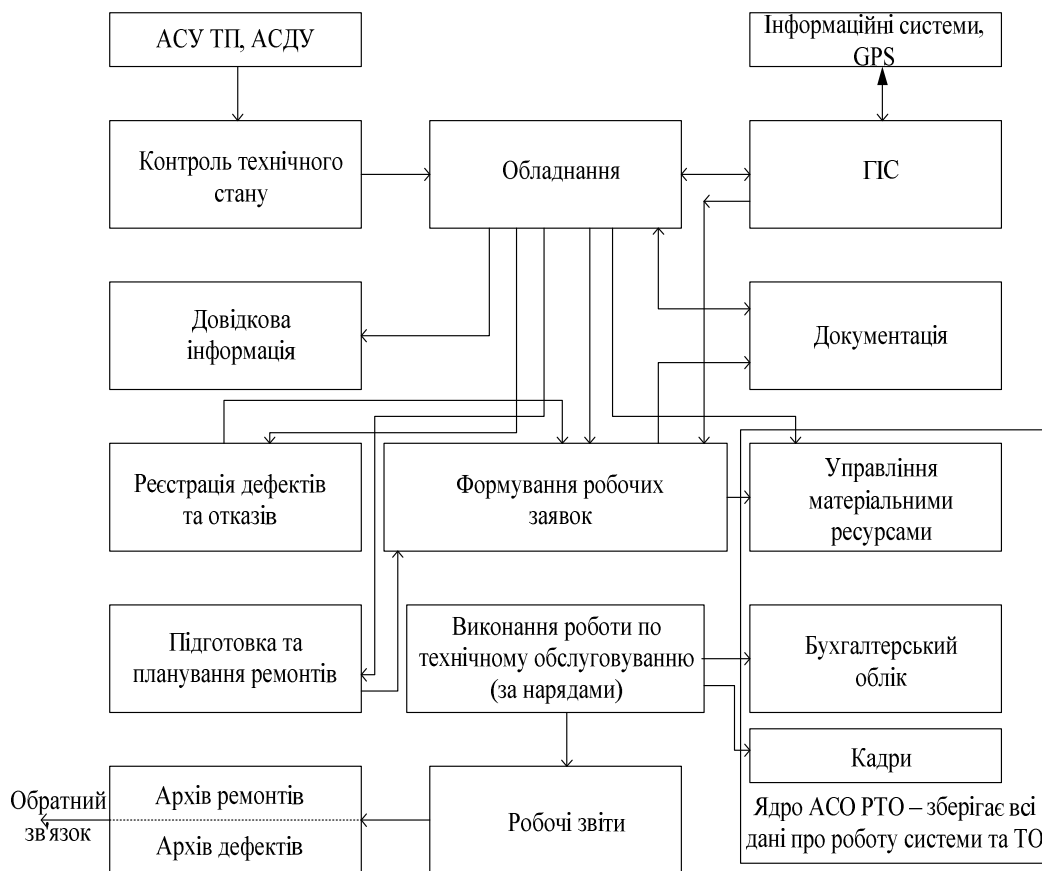


Рис. 3. Структурна схема автоматизованої системи керування ремонтно-технічним обслуговуванням

Система дозволяє підприємству вирішувати такі завдання, як:

- ведення реєстру обладнання підприємства;
- ведення баз даних нормативних документів по ремонтах і технічному обслуговуванні встаткування;
- ведення баз даних графічної, технологічної і конструкторської документації (схеми, креслення і т.п.);
- поточний контроль стану встаткування підприємства, реєстрація технологічних порушень, дефектів і відмов устаткування, відстеження їхнього усунення, аналіз причин виникнення;
- планування ремонтних робіт;
- планування потреб у матеріальних і трудових ресурсах при ремонтах устаткування;
- облік і аналіз фактичних витрат на проведення ремонтних кампаній;
- ведення архівів відмов устаткування та проведених ремонтів, тощо.

При розробленні нових методів і систем діагностування на залізничному транспорті необхідно враховувати сили, що виникають у вузлах технічної системи, оцінити всі існуючі метрологічні характеристики об'єкту діагностування та середовища його знаходження. Вони визначаються характером робочого процесу, інерцією частин, що переміщуються, тертям у кінематичних парах. Ці сили є випадковими функціями часу. Природа їхнього виникнення, як правило, пов'язана зі складними фізичними явищами [5].

Теплова енергія діє на систему і її частини при коливаннях температури навколишнього середовища, при здійсненні робочого процесу (особливо сильні теплові впливи мають місце при роботі двигунів і ряду технологічних машин), при роботі приводних механізмів, електротехнічних і гідравлічних пристроїв [5].

Хімічна енергія також впливає на роботу системи. Навіть повітря, що містить вологу й агресивні складові, може викликати корозію окремих вузлів системи. Якщо ж устаткування системи працює в умовах агресивних впливів, або знаходиться безпосередньо біля колії, то хімічні впливи викликають процеси, що приводять до руйнування окремих елементів і вузлів напільного обладнання.

Електромагнітна енергія займає весь простір навколо об'єкта й може вплинути на роботу електронних складових обладнання.

Біологічні фактори також можуть впливати на працездатність системи. Наприклад, виявлені мікроорганізми, які не тільки руйнують деякі види пластмас, але навіть можуть впливати на метал.

Таким чином, всі види енергії діють на технічну систему і її механізми, викликають у ній цілий ряд небажаних процесів, створюють умови для погіршення її технічних характеристик [5].

Враховуючи те, що більшість елементів ЗАТ є не відновлюваними, тому при створенні нової системи діагностування необхідно вирішити наступні взаємозалежні завдання:

- розробити математичну модель функціонування об'єкта діагностування, що дозволяє перевіряти працездатність і правильність функціонування по сукупності діагностичних параметрів;
- створити математичну модель ушкоджень і відмов, що дає можливість встановити причини їхнього виникнення;
- побудувати алгоритми діагностування, що досягається вибором такої сукупності елементарних перевірок, за результатами яких можливо відрізнити справний чи працездатний стан від несправного, а в завданнях пошуку ушкоджень і відмов розрізнити несправні і непрацездатні стани між собою.

Першочерговою задачею перед впровадженням засобів та обладнання на будь-якому підприємстві залізничного транспорту необхідно пройти усі етапи створення та лабораторних(експлуатаційних) випробувань.

Найважливішою та невід'ємною складовою будь-якого обладнання являється діагностування відмов у самому пристрої. Тому доцільно розглянути концептуальну модель діагностування відмов, рис. 4.

Працездатність і якість системи діагностування оцінюються швидкістю видачі інформації про місцезнаходження, тип і причини несправності при проведенні моніторингу технічної системи[6]. Швидкодія діагностичних систем може бути успішно вирішена розпаралелюванням потоків оброблення діагностичної інформації шляхом застосування обчислювальних систем з масовим паралелізмом нейронних мереж.

При діагностуванні технічних систем досить часто виявляються дефекти, при яких зв'язок між ознаками і причинами несправностей має неоднозначний характер. Прості двозначні затвердження типу "справний - 1" / "несправний - 0" недостатні, оскільки чіткі правила пошуку несправностей в системі ґрунтуються на відповідності між причиною і ознаками несправностей, тобто вони жорстко детерміновані у правилах. Сучасні діагностичні системи повинні розпізнавати небезпечні умови функціонування, причини і тип виниклої несправності. Крім цього, необхідно мати додаткову інформацію про оцінку залишкового терміну служби всієї технічної системи, або її складової частини [6].

Таким чином, вихідні параметри діагностичної системи повинні визначати з одного боку причину і тип дефекту (несправності), з іншого боку - стан об'єкта діагностування, його відповідність оперативно-функціональним призначенням.

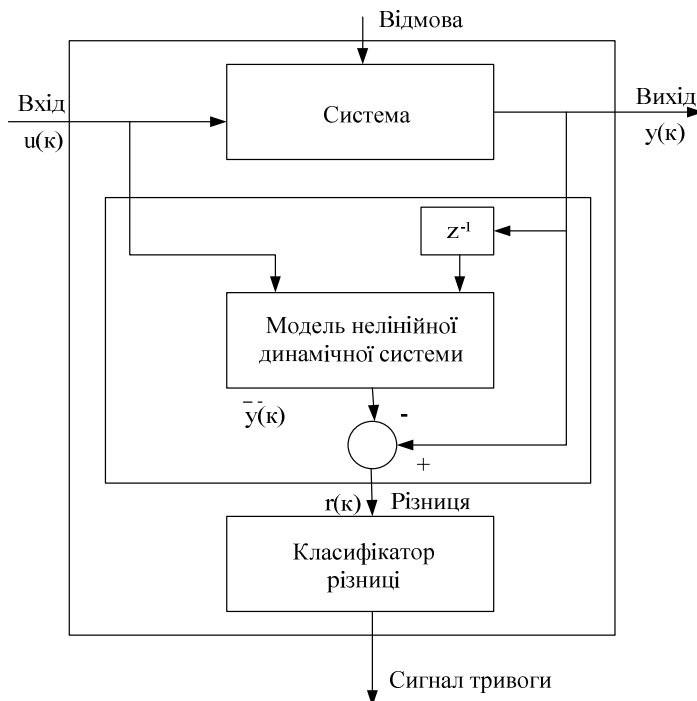


Рис. 4. Концептуальна структура аналітичної моделі діагностування відмов

Перша частина моделі являє собою визначник різниці, який обробляє входи та виходи системи відповідно до певного алгоритму. На його виході формуються сигнали різниці. Різниця повинна бути відмінною від нуля у випадку відмови та дорівнює нулю, якщо відмови немає.

Другою частиною моделі є класифікатор відмов, у якому різниці оцінюються на наявність у системі відмови та за певним правилом приймається рішення про вихід системи з ладу. Процес ухвалення рішення може складатися із простої перевірки перевищення отриманої різниці деякого максимально допустимого значення, або ж використати більше складні методи статистичних оцінок [6].

Висновки

Процеси модернізації основних засобів залізничного транспорту потребують розширення існуючих та введення нових методів технічного діагностування. Це дозволить визначити технічний стан об'єкта, параметри його функціонування й залишковий ресурс без зупинки у роботі та втручання у механізми об'єкту діагностування. Також можливе підвищення ефективності експлуатації об'єкту за рахунок зниження витрат матеріальних ресурсів на технічне обслуговування, скорочення обсягу робіт, зменшення потреби у матеріалах, підвищення надійності функціонування, довговічності та безпечності руху.

Література

1. Шунейко И.И. Пилотируемые полеты на Луну. Государственный Комитет Совета министров СССР по науке и технике [Текст]: Учебник/ И.И. Шунейко. - М., 1973. - 218с.
2. Чиженков В.А. Физика атмосферы и гидросферы. [Текст]: Дисертация/ В.А.Чиженков. - М., 2002. - 112с.
3. Седуш В.Я. Диагностирование механического оборудования металлургических предприятий. [Текст]: Монография / В.Я. Седуш, В.М. Кравченко, В.А. Сидоров, Е.В. Ошовская. - Донецк: ООО "Юго-Восток, Лтд", 2004. - 100с.
4. Ченцов Н.А. Организация, управление и автоматизация ремонтной службы. [Текст]: Учебник / Н.А. Ченцов. - Донецк: ДонНТУ, 2007. - 258 с.
5. Ветошкин А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск. [Текст]: Учебное пособие / А.Г. Ветошкин. - Пенза: Изд-во ПГУАиС, 2003. - 155с.
6. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. [Текст]: Учебник / В.В. Круглов, В.В. Борисов. - М.: Горячая линия. Телеком, 2001. - 382 с.
7. Иванов Н.М. Балистика и навигация космических аппаратов. [Текст]: Учебник / Н.М. Иванов, Л.Н. Лысенко. - М.: Дрофа, 2004. - 544с.

8. Бетанов В.В. Введение в теорию решения обобщенных некорректных задач навигационно-баллистического обеспечения управления космическими аппаратами. [Текст]: Учебник / В.В. Бетанов.- М.: Изд-во В А им. Ф.Э. Дзержинского, 1997. – 457с.
9. Нариманов Г.С. Основы теории полета космических аппаратов. [Текст]: Учебник / Г.С. Нариманов, М.К. Тихонравова. - М.: Машиностроение, 1972.-254с.

Мойсеенко В.И., Чегодаев Б.В., Зотова О.С. Методы диагностики систем железнодорожной автоматики. В статье поданы результаты анализа разнообразных подходов и методов диагностирования (анализа) отказов в работе устройств, агрегатов и систем в целом. Рассмотренные технологии относятся к ракетостроению, машиностроению и металлургической отрасли. На основе накопленного опыта предложены подходы к модернизации системы технического обслуживания на железнодорожном транспорте.

Ключевые слова: Системы железнодорожной автоматики, методы диагностирования, отказ, техническое обслуживание.

Mojseenko V., Chegodaev B., Zotova O. Methods of diagnosis of railway automation systems. The results of analysis of various approaches and methods of diagnosis (analysis) of failures of devices, aggregates and systems on the whole are given in the article. The considered technologies pertain to the rocket production, to the engineering and metallurgical industries. Approaches as to the modernization of the maintenance system on railway transport have been proposed on the basis of gathered experience.

Key words: Railway automation systems, methods of diagnosis, failure, maintenance.

Рецензент д.т.н., професор Лістровий С.В.
(УкрДАЗТ)

Поступила 17.04.2014г