

УДК 629.113

МУЛЬТИАГЕНТНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ Й РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В.М. Павленко, доц., к.т.н.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Запропоновано підхід до створення інтелектуальної системи підтримки процесів технічного обслуговування й ремонту для забезпечення надійності під час експлуатації транспортних засобів. Використання мультиагентних технологій підвищить рівень надійності транспортних засобів і мінімізує витрати на виконання операцій з ремонту й обслуговування.

Ключові слова: експлуатація, мультиагентна система, надійність, прогнозування, транспортний засіб.

МУЛЬТИАГЕНТНИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В.М. Павленко, доц., к.т.н.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Предложен подход по созданию интеллектуальной системы поддержания процессов технического обслуживания и ремонта для обеспечения надежности при эксплуатации транспортных средств. Использование мультиагентных технологий повысит уровень надежности транспортных средств и минимизирует затраты на выполнение операций по ремонту и обслуживанию.

Ключевые слова: эксплуатация, мультиагентная система, надежность, прогнозирование, транспортное средство.

MULTI-AGENT APPROACH TO BUILDING AN INTELLIGENT VEHICLE MAINTENANCE AND REPAIR SYSTEM

V. Pavlenko, PhD., Assoc. Prof.,
Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. To ensure the reliability of the car, early detection and prevention of the occurrence and development of failures is required in order to reduce the costs of maintenance and repair. Multi-agent technologies make it possible to raise the level of technical reliability of cars and minimize the costs of performing repair and maintenance operations.

Key words: safety, maintenance, operation, multi-agent system, reliability, forecasting, vehicle.

Вступ

Експлуатація транспортних засобів (ТЗ) вимагає великих економічних витрат, тому необхідно прагнути мінімізувати витрати на обслуговування при збереженні необхідного

рівня надійності. Це завдання є не менш важливим, ніж проектування й виробництво [1]. Для підтримки ТЗ у робочому справному стані необхідно висувати високі вимоги не тільки до надійності окремих вузлів і агрегатів, але й до надійності виробу в цілому, а

це можливо при своєчасному проведенні технічного обслуговування й ремонту (ТОР) [2, 3].

Під час планування всього процесу ТОР важливу роль відіграють особливості його конструктивних характеристик і системи технічного обслуговування (ТО). До них можна віднести: номенклатуру й надійність комплектуючих; періодичність і трудомісткість виконання планових ТО; трудомісткість і тривалість пошуку й усунення несправностей тощо. Конструкція й система ТО, починаючи з перших етапів проектування ТЗ, повинні ретельно аналізуватися на предмет відповідності заданим вимогам за рівнем надійності й витратами на його забезпечення. Виходячи з цього, можна виділити конкретні завдання: аналіз і формування структури об'єкта за допомогою онтології; аналіз видів, критичності й наслідків відмов; вибір технології й розробка заходів ТО; оцінка потреб у запасних частинах, витратних матеріалах, обладнанні для планового й позапланового ТО; оцінка вкладень на ТО для забезпечення надійності.

Для оптимізації процесів ТОР під час експлуатації ТЗ, а також забезпечення показників надійності пропонується використовувати мультиагентні технології для побудови інтелектуальної системи підтримки процесів ТОР, яка, у свою чергу, повинна бути підсистемою інтелектуальної системи керування життєвим циклом PLM (Product Lifecycle Management) [4, 5].

Аналіз публікацій

Для забезпечення надійності ТЗ необхідні раннє виявлення й попередження загроз виникнення й розвитку відмов, з метою зниження витрат на ТОР [6–8]. Витрати на експлуатацію й ТОР становлять значну частину загальних витрат на супровід життєвого циклу ТЗ. Прямі витрати на ТО містять у собі витрати на планове й позапланове обслуговування.

Під плановим обслуговуванням маються на увазі планово-профілактичні роботи, виконувани відповідно до програми ТО для певного типу ТЗ, де зазначаються умови й періодичність виконання робіт, а також зберігаються відомості про їх трудомісткість, витрачені запасні частини і матеріали.

Під позаплановим обслуговуванням маються на увазі роботи, виконувани у випадку виявлення дефектів і виникнення відмов вузлів та спрямовані на їх усунення. Слід зупинитися на причинах високої складності завдання прогнозування відмов: кожен ТЗ має власну динаміку відмов залежно від умов експлуатації, особливостей складання, постачальників комплектуючих і проведення попередніх видів ТОР; відмови є взаємозалежними, тобто виявлена й усунута відмова одного компонента може спричинити подальший розвиток відмов в інших вузлах, пов'язаних функціонально або просторово; динаміка відмов не випадкова й може бути виявлена при аналізі статистики з напрацювань великого парку ТЗ. Але одного разу виявлена динаміка не є постійною й зазнає змін у зв'язку зі змінами умов експлуатації.

На практиці розвитку відмов завжди передують безліч перших ознак або симптомів виникаючих дефектів. Своєчасне виявлення цих ознак може суттєво підвищити ефективність дій з усунення джерел небезпеки шляхом відновлення працездатності вузла, що відмовив, або повної заміни несправного агрегата, а також дозволить одержати супутній економічний ефект за рахунок виключення простою ТЗ під час позапланового ТО. Такий підхід вимагає збору, формалізації, інтеграції й використання різномірних знань про об'єкти експлуатації для побудови моделей їх будови й функціонування, а також спеціальних методів раннього прогнозування й виявлення відмов, динамічного планування заходів щодо їхньої профілактики, попередження й усунення.

Ключовими параметрами під час виконання аналізу є показники надійності комплектуючих виробів, трудомісткості й тривалості пошуку та усунення несправностей різних компонентів, аналогічні параметрам робіт планового ТО. Під час проектування зовсім нового типу ТЗ немає інших можливостей, крім використання розрахункових або експертних оцінок. Для вже експлуатованих ТЗ доцільно скористатися накопиченою експлуатаційною статистикою, що набагато більш вірогідно відбиває дійсну картину. У зв'язку із цим слід виділити завдання моніторингу технічного стану експлуатованих виробів, прямо пов'язану зі створенням ефективної системи оцінки й оптимізації надійності при ТОР.

Мета і постановка завдання

Метою дослідження цієї роботи є розробка нового підходу до керування процесами технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів.

Підхід до побудови інтелектуальної системи

У процесі розробки інтелектуальної системи ТОР (ІСТОР) розв'язок поставлених завдань пропонується здійснювати на основі мультиагентних технологій, а також подання й обробки знань на основі онтологій [9, 10]. При застосуванні такого підходу кожній підсистемі або вузлу об'єкта експлуатації ставиться у відповідність програмний агент. Агент являє собою автономну програму, яка може реагувати на події, ухвалювати рішення й взаємодіяти з іншими агентами або користувачами, не вимагаючи зовнішніх інструкцій, а реалізуючи внутрішній вбудований цикл керування.

Завданням ІСТОР є визначення фактичного стану або можливої відмови систем, вузлів і агрегатів ТЗ на підставі потоку різнорідних даних: телеметрії, показників бортової системи, спостережень механіків, умов експлуатації, статистики попередніх відмов та показників надійності аналогічних виробів. Це завдання пропонується вирішувати на основі створення спеціалізованих комп'ютерних засобів подання й інтеграції знань – предметних онтологій. В основу ІСТОР закладається концептуальна модель ТЗ, яка складається з елементів, організованих у системи, де вихід одного елемента або системи є входом іншого елемента або системи, утворюючи функціональні зв'язки.

Усі елементи й системи пов'язані просторовими відносинами, за якими можна визначати взаємозв'язки відмов з їхніми проявами, а також прогнозувати вплив різних подій (зміни умов експлуатації, заміни блока, що відмовив, неідентичним аналогом, відмов суміжних або інакше пов'язаних вузлів і агрегатів і т.п.) на зміну динаміки відмов.

Кожна система ТЗ складається з вузлів і компонентів, які в онтології описуються атрибутами: щільністю розподілу відмов, середнім напраюванням до відмови, забезпечуванім коефіцієнтом надійності, ресурсом роботи, строком експлуатації та ін. На підставі ін-

формації про можливі види відмов виробу і його компонентів прогнозується ймовірність виникнення відмов у ТЗ, які перебувають в експлуатації, виділяються можливі види відмов на різних рівнях структури (відмова елемента, відмова пристрою, відмова системи), простежуються причинно-наслідкові зв'язки, що зумовлюють виникнення відмов і можливі наслідки. Унікальні особливості кожного виробу будуть відображатися в його «концептуальній» моделі (КМ), яка є поданням складного об'єкта в навколишньому середовищі за допомогою опису в онтологічному ядрі, й з наступним одержанням моделі у формі, максимально зручній для сприйняття користувачем. Прикладом КМ може бути докладна кібернетична модель, яка супроводжує реальний об'єкт протягом усього його життєвого циклу – від проектування до утилізації [11].

Протягом свого життя будь-який ТЗ також зазнає ряду змін, що мають вплив на його характеристики: заміна різних деталей, внесення змін в електропроводку, проведення позапланового ТО тощо. Зміна умов експлуатації ТЗ призводить до того, що навіть випущені підряд серійні екземпляри починають суттєво різнитися за своїми характеристиками після декількох років експлуатації. Вказана проблема є особливо актуальною для транспортної сфери.

За допомогою закріплення за кожним ТЗ його КМ пропонується створити інструмент, що дозволяє: вчасно фіксувати, які фактичні зміни відбуваються з об'єктом, з метою отримання знань; враховувати фактичні особливості кожного ТЗ під час проведення планового ТО; прогнозувати вплив особливостей ТЗ на надійність його окремих вузлів і виявляти джерела потенційних відмов; проводити оцінку витрат при ТОР і виявляти можливі шляхи оптимізації витрат за збереження необхідного рівня надійності.

На підставі статистики відмов минулих років і відомих даних про особливості кожного ТЗ стає можливим спрогнозувати щільність розподілу відмов на планований період, що дозволяє сформувати номенклатурний список необхідних запасних частин.

Наприклад, зі збільшенням відмов за певний період, порівняно з таким же попереднім періодом, можна зробити висновок, що або

минул фактичний строк працездатності вузла (який може не збігатися з номінальним через особливості експлуатації), або відмови викликаються зовнішніми умовами (середовищем експлуатації або сусідніми агрегатами) чи особливостями проведення планового ТО (від зміни використовуваного типу змащення аж до порушення методики проведення ТО одним зі співробітників ремонтної бригади). Оскільки спостерігається зміна динаміки одного з контрольованих параметрів, КМ виробу повинна на основі онтологічних зв'язків проаналізувати варіанти виникнення проблеми й запропонувати можливі способи її вирішення.

При пропонованому підході до процесу експлуатації ТЗ кожний з учасників процесу ТОР вносить свої знання про об'єкт, виходячи зі своєї сфери відповідальності, критеріїв,

переваг і обмежень, але здатний при виявленні конфлікту вертатися на кілька кроків назад, змінювати й переглядати свої рішення у випадку, якщо результати виходять за рамки загальних обмежень, прийнятих для команди. Пропонований мультиагентний підхід ІСТОР являє собою співпрацю програмних агентів, кожний з яких реалізує повний цикл керування своїм об'єктом (підсистемою, вузлом і т.д.) у такий спосіб (рис. 1).

Чим більше задоволені агенти своїми зв'язками – тим сильнішими є зв'язки – і тим у більшій рівновазі перебуває вся система. Але при виникненні непередбачених подій частина зв'язків обривається і елементи починають негайно шукати нові можливості, при цьому існуючі зв'язки починають переглядатися. Система поступово приходять у стан хаосу й переходить у нову рівновагу, відповідно до нового розподілу потреб і можливостей або нових планів використання ресурсів.

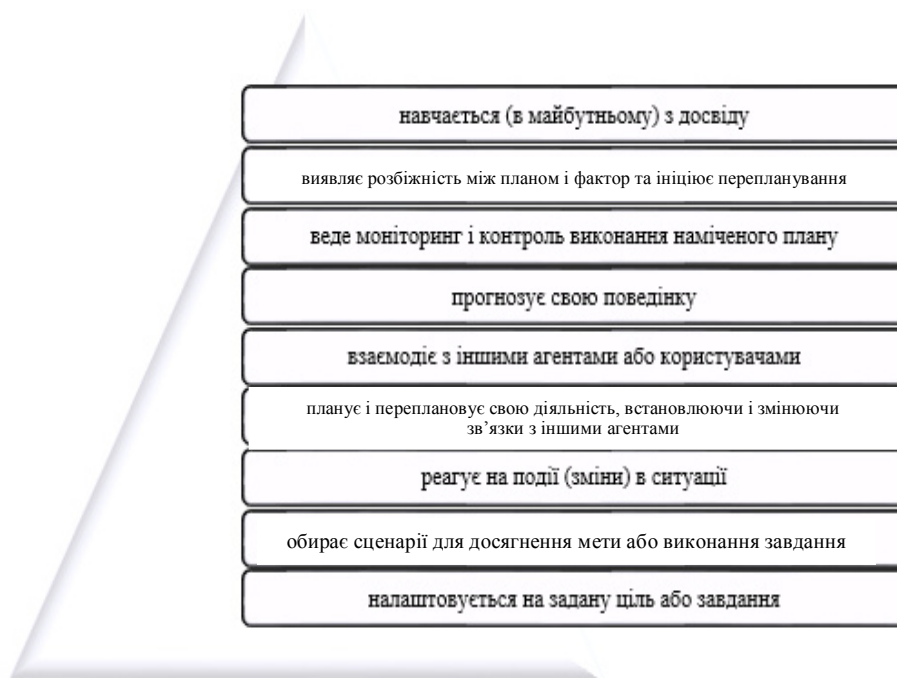


Рис. 1. Цикл керування агентом у мультиагентній системі

Першим завданням ІСТОР є виявлення можливої майбутньої проблеми з потоку різнорідних даних. Це завдання пропонується вирішувати на основі створення спеціалізованих комп'ютерних засобів подання й інтеграції знань: предметних онтологій і КМ ТЗ на основі мереж потреб і можливостей, які описують основні ресурси й допомагають прослідкувати зв'язки основних підсистем на рівні потреб і можливостей окремих вузлів,

що показують взаємні залежності між ними. Другим завданням ІСТОР є динамічне планування своєчасних заходів щодо забезпечення проведення ТО у випадку появи перших ознак і виникнення загрози появи відмов. Це завдання пропонується вирішувати на основі створення мультиагентної системи, де кожний агент відповідає за певну підсистему, блок або вузол ТЗ.

Висновки

Створення ТЗ, здатного забезпечувати необхідний рівень безпеки й надійності, – складне й комплексне завдання. Для його вирішення пропонується розробити ІСТОР для забезпечення показників надійності й економічності під час експлуатації ТЗ на основі мультиагентних технологій.

Планований результат створення такої системи: розв'язок складного завдання прогнозування й попередження відмов на ранніх стадіях в умовах невизначеності; забезпечення оперативної й гнучкої реакції на непередбачені події; зниження складності й трудомісткості роботи персоналу; підвищення ефективності робіт при ТОР і оптимізація необхідного запасу запасних частин за збереження необхідного рівня надійності; можливість прогнозування ймовірностей варіантів виникнення, протікання й розвитку відмов; одержання економічного ефекту за рахунок оптимізації стратегії ТО.

Література

1. Автомобильный транспорт Украины: стан, проблеми, перспективи розвитку: монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; за заг. ред. А.М. Редзюка. – К.: ДП «Державтотранс НДІпроект», 2005. – 400 с.
2. Российская автотранспортная энциклопедия. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств. Т.3 / Ред. Е.С. Кузнецов. – М.: Просвещение, 2000. – 455 с.
3. Волков Ю.В. Ретроспективный анализ и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей / Ю.В. Волков // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2015. – Вып. 71. – С. 30–35.
4. Петрушин С.И. Принципы оптимизации жизненного цикла изделий машиностроения / С.И. Петрушин, Р.Х. Губайдулина // Известия ТПУ. – 2012. – Т. 321, №6. – С. 96–100.
5. Левин А. И. CALS – сопровождение жизненного цикла / А.И. Левин, Е.В. Судов // Открытые системы. – 2001. – № 3. – С. 31–36.
6. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е.С. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1990. – 272 с.
7. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). Ч. 1 / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Х.: РИО ХГАДТУ, 1998. – 255 с.
8. Ременцов А.Н. Автомобили и автомобильное хозяйство / А.Н. Ременцов. – М.: Академия, 2010. – 192 с.
9. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – С.Пб.: Питер, 2000. – 384 с.
10. Wooldridge M. An Introduction to Multi-Agent Systems / M. Wooldridge. – Chichester: John Wiley & Sons, Inc., 2002. – 348 p.
11. Говорущенко Н.Я. Экономическая кибернетика транспорта / Н.Я. Говорущенко, В.Н. Варфоломеев. – Х.: РИО ХГАДТУ, 2000. – 218 с.

References

1. *Avtomobil'nyy transport Ukrainy: stan, problemy, perspektyvy rozvytku* [Car transport of Ukraine: state, problems, prospects of development]. *Derzhavnyy avtotransportnyy naukovo-doslidnyy i proektnyy instytut* [State car transport research and design institute]. Za zah. red. A.M. Redzyuka. Kyiv, Derzhavtotrans NDІproekt Publ., 2005. 400 p.
2. *Rossijskaja avtotransportnaja jenciklopedija. Tehnicheskaja jekspluatacija, obsluzhivanie i remont avtotransportnyh sredstv T.3* [Russian motor transport encyclopedia. Technical operation, maintenance and repair of motor vehicles Part 3]. Red. E.S. Kuznecov. Moscow, Prosveshhenie Publ., 2000. 455 p.
3. Volkov Ju.V. *Retrospektivnyj analiz i perspektivy razvitija tehnichekoj jekspluatacii avtomobilej* [Retrospective analysis and prospects of development of technical operation of cars]. *Vestnik HNADU*, 2015, no.71. pp. 30–35.
4. Petrushin S.I., Gubajdulina R.H. *Principy optimizacii zhiznennogo cikla izdelij mashinostroenija* [Principles of optimizing the life-cycle of engineering products]. *Izvestija TPU*, 2012, no. 6, iss. 321. pp. 96–100.
5. Levin A.I., Sudov E.V. *CALS – soprovozhdenie zhiznennogo cikla* [CALS – Support life cycle]. *Otkrytye sistemy* [Open system]. 2001, no. 3. pp. 31–36.

6. Kuznecov E.S. *Upravljenie tehniceskoi jekspluataciej avtomobilej* [Management of technical operation of cars], Moscow, Transport Publ., 1990. 272 p.
7. Govorushhenko N.Ja., Turenko A.N. *Sistemotehnika transporta (na primere avtomobil'nogo transporta): Ch.1.* [System engineering of transport (by the example of motor transport). Part.1. Kharkov, RIO KhGADTU Publ., 1998. 255p.
8. Remencov A.N. *Avtomobili i avtomobil'noe hozjajstvo* [Automobiles and automobile economy.]. Moscow, Akademija Publ., 2010. 192 p.
9. Gavrilova T.A., Horoshevskij V.F. *Bazy znanij intellektual'nyh system* [The knowledge base of intelligent systems]. St. Petersburg, Piter Publ., 2000. 384 p.
10. Wooldridge M. *An Introduction to Multi-Agent Systems.* Chichester: John Wiley & Sons, Inc., 2002. 348 p.
11. Govorushhenko N.Ja., Varfolomeev V.N. *Jekonomicheskaja kibernetika transporta.* [Economic cybernetics of transport]. Kharkov, KhGADTU Publ., 2000. 218 p.

Рецензент: О.В. Бажинов, профессор, д.т.н., ХНАДУ.
