

Д.В. Лубко¹, О.Г. Зінов'єва¹, С.В. Шаров²

¹ Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь

² Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького, Мелітополь

ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

У статті повідомляється про проектування та розробку експертної системи діагностики несправностей транспортних засобів. Зазначається, що діагностика несправностей є важливим етапом життєвого циклу автомобіля на рівні працездатного функціонування. У статті розглянуто діаграму варіантів використання та діаграму IDEF0 розробленої експертної системи, які визначають її функціональність на концептуальному рівні. Експертна система дозволяє підвищити надійність і ефективність використання автомобіля шляхом оперативного контролю його технічного стану, а також підвищити кваліфікацію персоналу.

Ключові слова: несправність автомобіля, експертна система, діаграма варіантів використання, діаграма IDEF0, програмування.

Вступ

Постановка проблеми. Зростання кількості транспортних засобів (ТЗ) змушує замислитися про їх якісне обслуговування. Для розв'язання цієї проблеми необхідно задіяти велику кількість висококваліфікованого персоналу, оскільки з кожним роком автомобілі стають комп'ютеризованими, начиненими різноманітними цифровими пристроями. Зважаючи на це, діагностувати несправність бортового комп'ютера, двигуна, паливної системи без спеціального обладнання та відповідних знань дуже важко. Одним із шляхів підвищення якості діагностики несправностей транспортних засобів є використання діагностичного обладнання разом із відповідним програмним забезпеченням, зокрема експертними системами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, що присвячені методам визначення несправностей автомобілів та їх усунення, розглядаються у наукових працях В. Павленко, Ю. Кукурудзяк, В. Титаренко, В. Шумляківського. Дослідження несправностей окремих вузлів транспортних засобів відображені у працях Ю. Бороденко, О. Кравченко та інших вчених. Аналіз наукової літератури та інформаційних джерел дозволяє зробити висновок про важливість використання експертних систем для вирішення різного роду завдань в різних предметних областях, в тому числі і задач діагностики. Розробкою експертних систем для визначення несправностей автомобілів займалися вітчизняні (Ю. Бороденко) та зарубіжні вчені (W. Budiharto, S. Mostafa, K. Suryadi, E. Nurzal). Водночас, особливість експертних систем полягає в орієнтації на конкретну предметну область, зокрема сільське господарство, тому розробка нових експертних систем є актуальною.

Мета статті – виконати проектування та розробку експертної системи діагностування несправностей транспортних засобів, відобразити її функціональності та структури у вигляді діаграм.

Виклад основного матеріалу

Сьогодні в епоху технологічного розвитку та впровадження цифрових технологій транспорт став не розкішшю, а необхідністю. Без нього не можна перевезти речі, обробити землю, побудувати будівлю тощо. Для забезпечення працездатності та нормального технічного стану транспортного засобу необхідно вчасно проводити його діагностику за якісними ознаками та оперативно усувати несправності. Взагалі, діагностика, технічне обслуговування та вчасний ремонт є запорукою надійності автомобіля та його технічного стану. Вчасна діагностика дозволяє попередити появу несправностей, пов'язаних із зношуванням вузлів, та мінімізувати витрати на подальший ремонт [12].

Водночас, автотранспорт постійно розвивається, і вимоги його технічного стану становляться більш жорсткими. В першу чергу це стосується забезпечення технічної, екологічної, людської безпеки [5], економічності та комфортності. Як наслідок, якісна діагностика транспортного засобу представляє собою певну проблему для автомобіліста та автомеханіка-початківця, оскільки чим більш технологічно розвинена машина, тим складніше в ній виявити несправності. Часто якість діагностики транспортного засобу залежить від фахівця, який має великий досвід роботи із конкретними моделями автомобілів [10].

Звичайно, у деяких моделях автомобілів є автоматичні системи діагностики технічного стану, які

дозволяють передбачити появу несправностей вузлів та окремих деталей транспортного засобу [2]. Нажаль, такі системи у складі бортових комп'ютерів коштують дуже багато та майже не встановлюються на автомобілі економ та стандарт класу. Тому залишається традиційна діагностика транспортного засобу на станціях технічного обслуговування, яка має відповідне діагностичне обладнання.

На сьогодні існує декілька стратегій підтримки транспортного засобу в робочому технічному стані. Основні з них: планово-попереджальна система технічного обслуговування та ремонту та діагностика та ремонт за наявності несправності [4]. Кожен з них має свої переваги та недоліки, які, на нашу думку, часто визначаються терміном експлуатації транспортного засобу.

В свою чергу, у традиційній системі підтримки технічного стану діагностика поділяється на два види: загальна діагностика, яка за мету ставить огляд транспортного засобу та зменшення переліку потенційно-несправних вузлів, та поглиблена діагностика, яка дозволяє дослідити конкретну проблему у несправному вузлі з метою її подальшого усунення [3].

Розвиток сучасних технологій обробки інформації дозволяє ефективно їх використовувати у більшості сфер людської діяльності, у тому числі у діагностиці транспортних засобів. Застосування інформаційно-комунікаційних технологій дозволило підняти діагностику автомобілів на якісний рівень за рахунок використання ефективних методів та алгоритмів обробки інформації, на основі якої фахівці можуть швидко виявити несправність та прийняти правильне рішення щодо її усунення [12].

Останнім часом добре себе зарекомендували інтелектуальні системи, які використовують елементи штучного інтелекту для обробки інформації та формування на їх основі якісних рішень, які можуть надаватися користувачам у вигляді зрозумілих інструкцій, корисної інформації, посилань тощо [6]. Зараз інтелектуальні системи зустрічаються у побутовій техніці, смартфонах, розумних домах, системах відеоспостереження тощо.

Одним із представників інтелектуальних систем, які використовують знання експертів у конкретній наочній області, є експертні системи (ЕС). Головною особливістю експертних систем є наявність масиву знань, отриманих від експерта [9; 12], завдяки чому можна виконати складну роботу з обробки масиву інформації без наявності досвідченого фахівця. Тому розробка експертної системи діагностики несправностей транспортних засобів, яка акумулює знання кваліфікованих спеціалістів в конкретній предметній області, є актуальною задачею.

Під експертною системою дослідники розуміють комп'ютерну програму, яка моделює здатність людського мозку до прийняття рішень на ос-

нові експертних знань у певній наочній області, у тому числі у діагностуванні несправностей автомобіля [7].

Послідовність стадій діагностики технічного стану транспортного засобу за допомогою експертної системи передбачає виконання таких операцій як отримання від користувача початкової інформації про технічний стан автомобіля, визначення правил та процедур обробки отриманих даних та формування на цій основі експертного рішення, оцінювання генерованого рішення за допомогою коефіцієнтів довіри [9].

Наочна область в експертній системі представлена у вигляді системи фактів та правил, яку називають базою знань. З точки зору виявлення несправностей (у даному випадку предметною областю експертної системи є технічний стан автомобіля) це можуть бути знання о раніше проведених експертизах [8], сукупність ознак несправностей різних вузлів та агрегатів із характеристикою можливих несправностей, вплив несправностей на працездатність автотранспортного засобу.

Базу даних експертної системи складає масив значень технічного стану конкретного транспортного засобу, з яким у даний момент працює експертна система, а також поточні алгоритми функціонування системи за фактом їх обробки [1]. При цьому експертна система виконує роль досвідченого фахівця, який за набором ознак сформує готове рішення щодо виявленої несправності. Крім того, у процесі роботи експертна система буде накопичувати знання, тим самим становлячись більш потужною та універсальною.

Нами була спроектована та розроблена експертна система, призначена для здійснення пошуку несправностей в інтерактивному режимі і вироблення діагностичної інформації та рекомендацій по технічному обслуговуванню та ремонту. Узагальнений процес діагностики транспортного засобу за допомогою експертної системи представлений на рис. 1. Етапи даного процесу наступні:

1. У якості початкових (апріорних) даних у нас є несправний транспортний засіб (ТЗ), який безпосередньо і є об'єктом, який досліджується.

2. Проводиться збір діагностичної інформації про несправності транспортного засобу.

3. Проводиться аналіз та обробка отриманої діагностичної інформації про транспортний засіб.

4. Проводиться визначення варіантів несправностей транспортного засобу.

5. Проводиться визначення причин несправностей транспортного засобу.

6. Проводиться аналіз та визначення кількості варіантів несправностей транспортного засобу. Якщо визначених варіантів несправностей багато, ми повертаємося до п. 4 – де намагаємося зменшити їх

кількість до потрібного нам значення. Якщо визначених варіантів несправностей мало (1–3шт.), переходимо по п. 7.



Рис. 1. Узагальнений процес діагностики транспортного засобу

7. Проводиться упорядкування та сортування несправностей транспортного засобу та їх причин, надання сформованої інформації користувачу.

Для опису створеної експертної системи на концептуальному рівні нами була використана діаграма варіантів використання (use case diagram) або, як її також називають, діаграма прецедентів. Зазначений тип діаграми відноситься до однієї з діаграм мови моделювання UML та застосовується для специфікації загальних особливостей поведінки системи без розгляду її внутрішньої структури. Основними елементами діаграми прецедентів є актор та прецедент (варіант використання). Актор є будь-якою зовнішньою по відношенню до модельованої системи сутністю, яка взаємодіє з системою і використовує її функціональні можливості для досягнення певної мети або вирішення приватних завдань [11].

Предметна область розробленої експертної системи діагностування транспортного засобу представлена діаграмою прецедентів (рис. 2). В нашому випадку актором є користувач (адміністратор) – спеціаліст, що використовує експертну систему для

отримання рекомендацій в даній предметній області. Варіантами використання є:

– “Вибір транспортного засобу”: для початку роботи користувачу необхідно вибрати необхідний транспортний засіб та вид несправності;

– “Отримання результатів”: користувач отримує відповіді та рекомендації від експертної системи. Прецедент “Отримання результатів” має в собі п’ять інших прецедентів (“Визначення причин несправності”, “Обрання способу ремонту”, “Визначення часу ремонту”, “Визначення витрат на ремонт”, “Визначення профілактичних дій”), які і являють собою рекомендації системи.

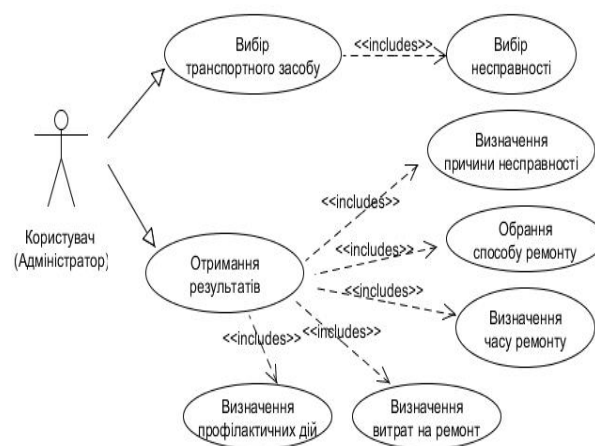


Рис. 2. UML-діаграма варіантів використання розробленої експертної системи

Для визначення основних функціональних можливостей системи зазвичай будується діаграма функціонального моделювання IDEF0 (рис. 3) [13]. У декомпованому вигляді діаграма IDEF0 експертної системи діагностування несправностей транспортних засобів наведена на рис. 4.



Рис. 3. Діаграма IDEF0 розробленої експертної системи

Слід зазначити, що проведення декомпозиції діаграми IDEF0 необхідно для встановлення основ-

них етапів проведення діагностування транспортно-го засобу, до яких відноситься: визначення основних зовнішніх виявлень несправностей; визначення внутрішніх виявлень несправностей; визначення режиму експлуатації; визначення результату діагностики на основі проведених експертиз та бази знань експертної системи.

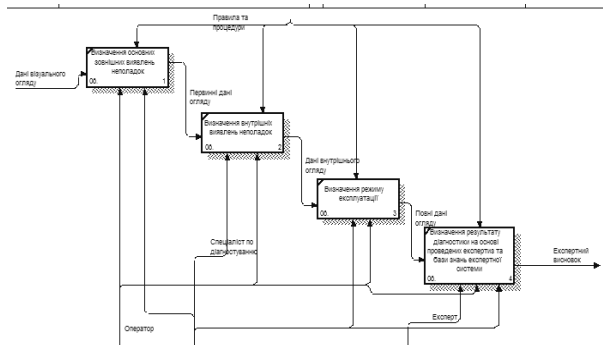


Рис. 4. Декомпозиція діаграми IDEF0 розробленої експертної системи

Наведена на рис. 3. діаграма складається з таких базових структурних складових:

1. Вхід у інформаційну модель – це дані візуального огляду транспортного засобу.
2. Структурний блок №1: Визначення основних зовнішніх неполадок (несправностей) ТЗ.
3. Структурний блок №2: Визначення основних внутрішніх неполадок (несправностей) ТЗ.
4. Структурний блок №3: Визначення режиму експлуатації ТЗ.
5. Структурний блок №4: Визначення результату діагностики на основі проведених експертиз та бази знань експертної системи.
6. У якості управляючих процесом факторів (стрілки зверху на рис. 4) є: правила та процедури.
7. У якості виконуючих процес факторів (стрілки знизу на рис. 4) є: оператор, експерт та спеціаліст по діагностуванню.
8. Вихід з інформаційної моделі – це експертний висновок результату.

У відповідності з моделлю вихідними даними для проведення діагностування є дані зовнішнього візуального огляду. Далі проводиться формалізація результатів та введення їх в інформаційну систему. Отримані дані обробляються на основі існуючої бази знань (експертної системи), і на підставі проведеного аналізу встановлюється причина, або декілька найбільш ймовірних причин виходу з ладу транспортного засобу.

У відповідності до побудованих моделей, розглянутих вище, було розроблено відповідне програмне забезпечення за допомогою інтегрованого інструментального середовища C++Builder.

В ході розробки інформаційної системи був розроблений користувальницький інтерфейс, який забезпечує взаємодію між розробленою системою і користувачем. Інтерфейс користувача представлений у вигляді однієї (головної) форми, яка складається з декількох базових блоків, а саме: блоків вибору даних; керуючих кнопок; блоку текстових даних; системних кнопок вікна проекту. Також на формі розташовані п'ять фреймів – тобто елементів, які обмежують ділянку форми, і в яку можна додати інші елементи керування.

Розроблена нами експертна система працює в певному режимі, а саме має такий алгоритм роботи з нею:

1. Користувач обирає тип транспортного засобу, який потребує проведення ТО: певний комбайн, певний автомобіль або трактор.

2. Далі користувач включає перемикач (або декілька) – тобто він встановлює та обирає ту чи іншу несправність, яка була знайдена на транспортному засобі.

3. Далі натискається кнопка “Провести технічне обслуговування”. Ця кнопка дозволяє визначити певні міри, які потрібно проводити для технічного обслуговування транспортних засобів.

4. Для очистки текстових полів на формі проекту користувач може натиснути кнопку “Очистка даних”.

5. При потребі, користувач може виведенні рекомендації, про проведення ТО, вивести у окремий текстовий файл. Для цього користувачу треба натиснути кнопку “Записати в файл”.

Для зручності користувача інформація з кожного окремого текстового вікна з проведення технічного обслуговування записується у окремий текстовий файл таким чином: дані зберігаються саме у зазначену папку та саме під тим іменем, яке зазначено у коді програми.

Правила оцінки ситуацій, що виникають при експлуатації транспортного засобу, та логіка прийняття рішень, реалізовані в експертній системі, дозволяють реєструвати, накопичувати, аналізувати інформацію про зовнішні ознаки несправностей та методи їх усунення, підвищити якість рішень, що приймаються.

Цим вирішується проблема передачі досвіду кваліфікованих спеціалістів та підвищення компетентності широкого кола спеціалістів сільського господарства.

Створена система має логічну структуру та оптимальне розташування елементів керування. Мінімальна роздільна здатність, за якої програма виглядатиме цілісно – 1024×768 px.

Тестування розробленого програмного забезпечення показало, що створена система працює швидко та якісно. Її завантаження проходить у сере-

дньому за 4,5 сек. в залежності від потужності комп'ютера. Виведення рекомендацій про проведення технічного обслуговування транспорту відбувається без помилок, у відповідності до стандартів.

Загальний вигляд розробленої експертної системи діагностування несправностей транспортних засобів наведено на рис. 5.

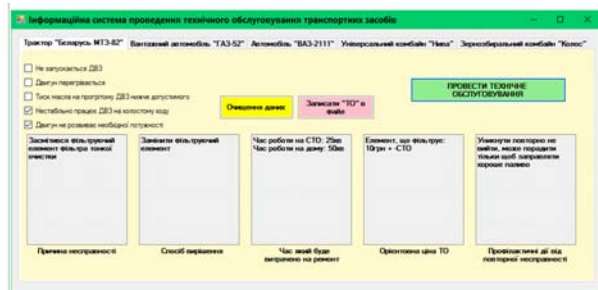


Рис. 5. Головна заповнена форма розробленої експертної системи діагностування несправностей транспортних засобів

Висновки

Розроблена експертна система призначена для проведення діагностики транспортних засобів на основі якісних показників, введених у систему. Її використання надає можливість підвищити надійність і ефективність використання автомобіля шляхом оперативного контролю його технічного стану, а також підвищити кваліфікацію персоналу, зменшити час та вартість процесу пошуку неполадок, особливо малокваліфікованим персоналом.

Можливість доповнення та розширення бази знань експертної системи забезпечать даним системам їх життєстійкість та широке розповсюдження.

У подальших дослідженнях планується збільшити функціональність експертної системи за рахунок введення нових правил обробки експертних даних.

Список літератури

1. Бороденко Ю.М. Синтез експертної діагностичної системи електроприводу автомобіля / Ю.М. Бороденко // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – 2018. – №13. – С. 108-114.
2. Особливості моніторингу і визначення статусу несправностей транспортного засобу у складі бортового інформаційно-діагностичного комплексу / В.П. Волков, І.В. Грицук, А.П. Комов, Ю.В. Волков // Вісник Національного транспортного університету. – 2014. – Вип. 30. – С. 51-62.
3. Аналіз чинників, що визначають інтенсивність і характер зносу протектора шин та його зв'язок з технічним станом елементів автомобіля / О.П. Кравченко, О.П. Сакно, О.В. Лукічов, М.І. Гнатюк // Наукові нотатки. – 2011. – № 31. – С. 170-176.
4. Кукурудзяк Ю.Ю. Моніторинг технічного стану автомобіля при різних умовах експлуатації / Ю.Ю. Кукурудзяк // Наукові нотатки. – 2016. – № 55. – С. 228-231.
5. Павленко В.М. Місце діагностування в процесі життєвого циклу автомобіля / В.М. Павленко // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2014. – № 3. – С. 74-77.
6. Шаров С.В. Розробка інтелектуальної інформаційної системи для птахівництва / С.В. Шаров, Д.В. Лубко // Системи обробки інформації. – 2017. – № 4(150). – С. 170-174. <https://doi.org/10.30748/soi.2017.150.36>.
7. Abdelsalam H.M. Expert system for green transportation system: an overview / H.M. Abdelsalam, M.N. Borhan, R.A.O. Rahmat // Journal of Theoretical & Applied Information Technology. – 2018. – Vol. 96.– No. 7. – P. 1907-1923.
8. Budiharto W. The development of an expert car failure diagnosis system with bayesian approach / W. Budiharto // Journal of Computer Science. – 2013. – Vol. 9. – No. 10. – P. 1383-1088. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2013.1383.1388>.
9. Geng C. Embedded Fault Diagnosis Expert System on Weapon Equipment / C. Geng, F. Gao // 6th International Conference on Mechatronics, Computer and Education Informationization (MCEI 2016). – 2016. – Vol. 130. – P. 1112-1119.
10. Implementing an expert diagnostic assistance system for car failure and malfunction / S.A. Mostafa, S.A. Mohd, A.M. Mazin, O.I. Obaid // International Journal of Computer Science Issues (IJCSI). – 2012. – Vol. 9. – No. 2. – P. 1-7.
11. Using UML for modeling procedural legal rules: Approach and a study of Luxembourg's Tax Law / G. Soltana, E. Fournieret, M. Adedjouma, M. Sabetzadeh, L. Briand // International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems. – Springer, Cham, 2014. – P. 450-466.
12. Suryadi K. A decision support system for car fault diagnosis using expert system / K. Suryadi, E. Nurzal // International journal of information sciences for decision making. – 1998. – No. 2. – P. 75-78.
13. Automation of strategy using IDEF0 – A proof of concept / G.R. Waissi, M. Demir, J.E. Humble, B. Lev // Operations Research Perspectives. – 2015. – Vol. 2. – P. 106-113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.orp.2015.05.001>.

References

1. Borodenko, Yu.M. (2018), "Syntez ekspertnoi diahnostychnoi systemy elektropyvodu avtomobilia" [Synthesis of the expert diagnostic system of the electric drive of the car], *Car and Electronics. Modern technology*, No. 13, pp. 108-114.
2. Volkov, V.P., Hrytsuk, I.V., Komov, A.P. and Volkov, Yu.V. (2014), "Osoblyvosti monitorynhu i vyznachennia statusu nespravnosei transportnoho zasobu u skladi bortovoho informatsiino-diahnostychnoho kompleksu" [Features of monitoring and defining the status of vehicle failure in the on-board information and diagnostic complex], *Bulletin of the National Transport University*, No. 30, pp. 51-62.
3. Kravchenko, O.P., Sakno, O.P., Lukichov, O.V. and Hnatiuk, M.I. (2011), "Analiz chynnykiv, shcho vyznachaiut intensyvniest i kharakter znosu protektora shyn ta yoho zv'язok z tekhnichnym stanom elementiv avtomobilia" [Analysis of the

factors determining the intensity and nature of the wear of the tire tread and its relationship with the technical condition of the car elements], *Scientific notes*, No. 31, pp. 170-176.

4. Kukurudziak, Yu.Yu. (2016), "Monitoryng tekhnichnoho stanu avtomobilia pry riznykh umovakh ekspluatatsii" [Monitoring of the technical condition of the car under different operating conditions], *Scientific notes*, No. 55, pp. 228-231.
5. Pavlenko, V.M. (2014), "Mistse diahnostuvannia v protsesi zhyttievoho tsyklu avtomobilia" [Diagnosis place in the life cycle of the car], *Bulletin of the Donetsk Academy of Motor Transport*, No. 3, pp. 74-77.
6. Sharov, S.V. and Lubko, D.V. (2017), "Rozrobka intelektualnoi informatsiinoi systemy dlia ptakhivnytstva" [Development of intellectual information system for poultry], *Information Processing Systems*, No. 4(150), pp. 170-174. <https://doi.org/10.30748/soi.2017.150.36>.
7. Abdelsalam, H.M., Borhan, M.N. and Rahmat, R.A.O. (2018), Expert system for green transportation system: an overview, *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, Vol. 96, No. 7, pp. 1907-1923.
8. Budiharto, W. (2013), The development of an expert car failure diagnosis system with bayesian approach, *Journal of Computer Science*, Vol. 9, No. 10, pp. 1383-1088. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2013.1383.1388>.
9. Geng, C. and Gao, F. (2016), Embedded Fault Diagnosis Expert System on Weapon Equipment, *6th International Conference on Mechatronics, Computer and Education Informationization (MCEI 2016)*, Vol. 130, pp. 1112-1119.
10. Mostafa, S.A., Mohd, S.A., Mazin, A.M. and Obaid, O.I. (2012), Implementing an expert diagnostic assistance system for car failure and malfunction, *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, Vol. 9, No. 2, pp. 1-7.
11. Soltana, G., Fournere, E., Adedjouma, M., Sabetzadeh, M. and Briand, L. (2014), Using UML for modeling procedural legal rules: Approach and a study of Luxembourg's Tax Law, *International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems*, Springer, Cham, pp. 450-466.
12. Suryadi, K. and Nurzal, E. (1998), A decision support system for car fault diagnosis using expert system, *International Journal of Information Sciences for Decision Making*, No. 2, pp. 75-78.
13. Waissi, G.R., Demir, M., Humble, J.E. and Lev, B. (2015), Automation of strategy using IDEF0 – A proof of concept, *Operations Research Perspectives*, No. 2, pp. 106-113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.orp.2015.05.001>.

Надійшла до редколегії 30.01.2019

Схвалена до друку 19.02.2019

Відомості про авторів:

Лубко Дмитро Вікторович

кандидат технічних наук доцент
доцент кафедри
Таврійського державного
агротехнологічного університету,
Мелітополь, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2506-4145>

Зінов'єва Ольга Геннадіївна

старший викладач кафедри
Таврійського державного
агротехнологічного університету,
Мелітополь, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3760-8952>

Шаров Сергій Володимирович

кандидат педагогічних наук доцент
доцент кафедри
Мелітопольського державного
педагогічного університету
ім. Б. Хмельницького,
Мелітополь, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5732-9980>

Information about the authors:

Dmitro Lubko

Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.)
Associate Professor
Senior Lecturer of Department
of Tavria State Agrotechnological University,
Melitopol, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2506-4145>

Olga Zinovieva

Senior Instructor of Department
of Tavria State
Agrotechnological University,
Melitopol, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3760-8952>

Sergii Sharov

Candidate of Pedagogic Sciences (Ph.D.)
Associate Professor
Senior Lecturer of Department
of Bohdan Khmelnytsky Melitopol State
Pedagogical University,
Melitopol, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5732-9980>

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Д.В. Лубко, О.Г. Зиновьева, С.В. Шаров

В статье сообщается о проектировании и разработке экспертной системы диагностики неисправностей транспортных средств. Отмечается, что диагностика неисправностей является важным этапом жизненного цикла автомобиля на уровне трудоспособного функционирования. В статье рассмотрена диаграмма вариантов использования и диаграмма IDEF0 разработанной экспертной системы, которые определяют ее функциональность на концептуальном уровне. Экспертная система позволяет повысить надежность и эффективность использования автомобилей путем оперативного контроля его технического состояния, а также повысить квалификацию персонала.

Ключевые слова: неисправность автомобиля, экспертная система, диаграмма вариантов использования, диаграмма IDEF0, программирование.

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN EXPERT
VEHICLE FAULT DIAGNOSIS SYSTEM**

D. Lubko, O. Zinovieva, S. Sharov

The article reports on the design and development of an expert vehicle fault diagnosis system. It is noted that in order to ensure the efficient operation and the normal technical condition of the vehicle, it is necessary to carry out its diagnostics on quality grounds in a timely manner and promptly troubleshoot. It is revealed that intelligent systems, in particular, expert systems will significantly improve the quality of diagnostics of the technical condition of a vehicle through the use of a knowledge base of effective methods and algorithms for information processing. At the same time, the expert system performs the role of an experienced specialist who, by a set of signs, will form a ready-made solution for the detected fault. The possibility of supplementing and expanding the knowledge system of the expert system will ensure the viability of these systems and their wide distribution. The article describes the use case diagram and IDEF0 diagram of the developed expert system, which define its functionality at the conceptual level. It is noted that the diagram of use cases of the developed expert system has one element "actor" and two elements "precedent", which contain internal precedents. In the IDEF0 functional modeling diagram, the decomposition is carried out into its component parts, which determine the sequence of processing the information entered into the expert system. There are considered the interface of the expert system and the main modes of operation. The use of an expert system allows you to increase the reliability of the vehicle through the operational control of its technical condition, as well as reduce the time and cost of the troubleshooting process. In further studies, it is planned to increase the functionality of the expert system by introducing new rules for processing expert data.

Keywords: car malfunction, expert system, use case diagram, IDEF0 diagram, programming.