

DOI: 10.30977/VEIT.2018.14.0

ISSN: 2226-9266



АВТОМОБІЛЬ І ЕЛЕКТРОНІКА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ



**ЕЛЕКТРОННЕ НАУКОВЕ
СПЕЦІАЛІЗОВАННЕ
ВИДАННЯ**

ВИПУСК

14

ХАРКІВ

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Кафедра автомобільної електроніки

**Автомобіль і Електроніка.
Сучасні Технології**

**Електронне наукове фахове видання
(друкована версія)**

14/2018

**Vehicle and Electronics.
Innovative Technologies**

**Electronic scientific professional edition
(printed version)**

ISSN: 2226-9266

DOI: 10.30977/VEIT.2018.14.0

Харків 2018

Журнал засновано в 2011 р. кафедрою Автомобільної електроніки, Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

ISSN: 2226-9266

DOI: 10.30977/VEIT.2018.14.0

В журналі публікуються матеріали теоретичних та практичних досліджень присвячених перспективним напрямкам розвитку автомобільної електроніки, впровадженню та удосконаленню гібридних та електромобілів, моделюванню транспортних процесів і систем, інформаційним технологіям й інтелектуальним системам на транспорті, сучасним технологіям діагностики систем і агрегатів транспортних засобів. Журнал також включає матеріали доповідей учасників Всеукраїнської науково-методичної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку вищої освіти в Україні».

Затверджено: Вченою радою університету від 25.03.2011, протокол № 8

Журнал включено до **Переліку наукових фахових видань України** наказом Міністерства освіти і науки України №1528 від 29.12.2014

Редакційна колегія

Головний редактор: *Дзюбенко О. А.*, к.т.н., доцент кафедри автомобільної електроніки, ХНАДУ
Заступник головного редактора: *Аргун Ш. В.*, канд. техн. наук, доцент кафедри автомобільної електроніки, ХНАДУ
Відповідальний секретар: *Трунова І. С.*, канд. техн. наук, доцент кафедри автомобільної електроніки, ХНАДУ
Члени редколегії: *Абрамчук Ф. І.*, докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри двигунів внутрішнього згорання, ХНАДУ;
Алексієв О. П., докт. техн. наук, професор, професор кафедри комп'ютерних технологій і мехатроніки, ХНАДУ;
Бажинов О. В.ч., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобільної електроніки, ХНАДУ;
Батиґін Ю. В., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри фізики, ХНАДУ;
Богасєвський О. Б., докт. техн. наук, професор, професор кафедри автомобільної електроніки, ХНАДУ;
Богомолов Віктор Олександрович, докт. техн. наук, професор, заступник ректора з наукової роботи, ХНАДУ;
Волков В. П., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів, ХНАДУ;
Воронков О. І.ч., докт. техн. наук, професор, професор кафедри двигунів внутрішнього згорання, ХНАДУ;
Гнатюк А. В., докт. техн. наук, професор, професор кафедри автомобільної електроніки, ХНАДУ;
Гурко О. Г., докт. техн. наук доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ХНАДУ;
Горбачов П. Ф., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, ХНАДУ;
Двадніченко В. Я., докт. техн. наук, професор, професор кафедри автомобільної електроніки, ХНАДУ;
Далека В. Х., докт. техн. наук, професор, професор кафедри електричного транспорту, ХНУМГ ім. О.М. Бекетова;
Клименко В. І., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобілів, ХНАДУ;
Клець Д. М., докт. техн. наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи, ХНАДУ;
Колодяжний В. М., докт. фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри математики і прикладної математики, ХНАДУ;
Корогодський В. А., докт. техн. наук, професор, професор кафедри двигунів внутрішнього згорання, ХНАДУ;
Назлюк І. С., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри організації та безпеки дорожнього руху, ХНАДУ;
Нагорний Є. В., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри транспортних технологій, ХНАДУ;
Ніконов О. Я., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних технологій і мехатроніки, ХНАДУ;
Подризалю М. А.ч., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри технології машинобудування та ремонту машин, ХНАДУ;
Полянський О. С., докт. техн. наук, професор, професор кафедри технології машинобудування та ремонту машин, ХНАДУ;
Справєв О. В., докт. техн. наук, професор, професор кафедри автомобілів, ХНАДУ;
Смирнов О. П., докт. техн. наук, професор, професор кафедри автомобільної електроніки, ХНАДУ;
Солодов В. Г., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри теоретичної механіки і гідравліки, ХНАДУ;
Шуклінов С. М., докт. техн. наук, професор, професор кафедри автомобілів, ХНАДУ;
Янютин Є. Г., докт. техн. наук, професор, професор кафедри математики, ХГУПТ, м. Харків;
Богдан Д. І., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри деталей машин і теорії механізмів і машин, ХНАДУ;
Вдовиченко В. О., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій, ХНАДУ;
Воропай О. В., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри деталей машин і теорії механізмів і машин, ХНАДУ;
Михалевич М. Г., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів, ХНАДУ;
Чаплигін Є. О., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри фізики, ХНАДУ;
Tropina A. A., Dr., prof., Texas A and M University, Department of Aerospace Engineering, College Station, United States;
Vrublevsky A. N., prof., D. Sc., University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland.

Адреса редакції: Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
Автомобільний факультет,
Кафедра автомобільної електроніки,
вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, Україна, 61002,

Тел.: (057) 707-36-96

E-mail: ae.hnadu@gmail.com

ЗМІСТ

ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ І ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

Коваль А. О., Мінка С. В.

Аналіз нестационарності вихідного сигналу вимірювального каналу тиску
технічно складних об'єктів.....4

Войтків С. В.

Шляхи покращення економічних показників перспективних міських електробусів.....12

Ходак С. С., Сєрікова І. О.

Шляхи підвищення ефективності керування електроприводом сучасного
електромобіля.....22

Никонов О. Я., Костикова М. В., Скрипина И. В., Усмонов Э. Р.

Гелиомобили: современные технологии и перспективы развития.....28

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ. СИНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ ЕКОМОБІЛІВ

Пронин С. В.

Использование мультиагентных систем в транспортной логистике35

Matsiy M. E., Aleksiyev O. P.

Monitoring of transport communications.....44

Сєріков Г. С., Щербак М.П.

Сучасні системи теледиспетчеризації та gps моніторингу
автомобільного транспорту та спецтехніки48

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА І РЕМОНТУ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ. СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ І ТЕХНІЧНИЙ ОГЛЯД АВТОМОБІЛІВ

Павленко В. М.

Експертні системи контролю технічного стану транспортних засобів.....56

**Шляхи покращення економічних і екологічних показників
автотранспортних засобів. Енергозберігаючі технології**

УДК 681.2.088

DOI: 10.30977/VEIT.2018.14.0.4

**АНАЛІЗ НЕСТАЦІОНАРНОСТІ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ ВИМІРЮВАЛЬНОГО
КАНАЛУ ТИСКУ ТЕХНІЧНО СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Коваль А. О.¹, Мінка С. В.¹

¹Харківський національний автомобільно - дорожній університет

***Анотація.** Приведені результати досліджень нестационарності вихідного сигналу вимірювального каналу тиску на технічно складних об'єктах. Розглянуті джерела нестационарності вихідних сигналів вимірювальних каналів тиску та приведена методика її усунення.*

***Ключові слова:** вимірювальний канал тиску; нестационарний сигнал; технологічний процес; технічно складний об'єкт.*

Вступ

Найбільш поширеними у складі вимірювальних інформаційних систем технічно складних об'єктів (ТСО) є вимірювальні канали тиску (ВКТ) різного призначення, які потребують неперервного контролю їх метрологічних характеристик з високою достовірністю. В останній час велика увага приділяється бездемонтажному контролю, з допомогою якого оцінюються похибки вимірювань та їх тренд тільки датчиків тиску без зв'язку їх з вимірювальною лінією. Існуючі підходи не дають можливості прогнозувати та оцінювати метрологічні характеристики всього ВКТ з урахуванням взаємодії датчиків тиску та вимірювальної лінії і при цьому характеристики останніх вважаються незмінними в процесі експлуатації, тобто не враховується вплив нестационарності елементів ВКТ.

Отже, основним недоліком існуючих методів контролю метрологічних характеристик ВКТ на ТСО є їх локальність і відсутність прогнозування їхнього змінювання в процесі експлуатації [1]. На цей час не існує єдиного підходу до побудови вимірювальних каналів тиску, які б визначали свої ДХ в автоматичному або автоматизованому режимах в масштабі часу близькому до реального.

Класичний підхід вимагає дослідження характеристик технологічного процесу, що реалізується на об'єкті і створює вхідну дію для ВКТ. Вхідна дія буде розглядатись з точки зору особливостей вимірювання тиску та визначення метрологічних характеристик ВКТ. При цьому необхідно врахувати змінювання

модельних характеристик ВКТ в процесі його експлуатації, тобто в результаті його нестационарності. Характер роботи багатьох ТСО такий, що вхідна дія, яка поступає на вимірювальну лінію, є нестационарною. Інерційність існуючих ВКТ приводить до згладжування вихідного сигналу ВКТ, який використовується для обробки, але цей сигнал в багатьох випадках залишається нестационарним.

Мета та постановка задачі

Метою роботи є аналіз нестационарності вихідного сигналу каналу тиску що підвищить точність та достовірність вимірювань тиску, за рахунок попередньої статистичної обробки в процесі вимірювань.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: аналітичний огляд існуючих методів усунення нестационарності вихідних сигналів вимірювальних систем; розробка пропозицій щодо використання інтелектуальної системи аналізу вимірених вимірювань на основі нейронних мереж з використанням технології Data Mining.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Оцінка стаціонарності на сьогоднішній день здійснюється з допомогою статистичних пакетів, які основну увагу приділяють класичним методам математичної статистики - кореляційному, регресійному, факторному аналізу та іншим. Ці методи, однак, неможливо ефективно застосовувати для поточного (автоматичного, без участі експерта) аналізу даних. Крім

того, системи, що ґрунтуються на статистичній обробці інформації, вимагають від аналітиків апріорних припущень про моделі та спеціальної підготовки вихідних даних (наприклад, формування вибірок), певний вибір моделей із сукупності допущених (для перевірки адекватності опису даних) і, нарешті, професійної інтерпретації результатів [1]. Методи традиційної математичної статистики, що лежать в основі статистичних пакетів, корисні головним чином для перевірки заздалегідь сформульованих гіпотез і для попереднього аналізу, що становить основу оперативної аналітичної обробки даних (OLAP) [2] і зовсім не придатні для поточного автоматичного аналізу вимірювальних даних.

Аналіз нестационарності вимірюваного сигналу

В процесі досліджень для обробки вимірювальних даних використовувались інтелектуальна система аналізу даних на основі нейронних мереж [3, 4], в основу роботи якої покладено технології Data Mining [3, 4, 5]. Data Mining – це технологія пошуку в великих об'ємах даних неочевидних, об'єктивних закономірностей, періодичностей, трендів, інтервалів стаціонарності, а також їх перевірки на нових вимірювальних вибірках. Знайдені закономірності не виявляються стандартними статистичними методами обробки вимірювальної інформації або навіть досвідченими експертами і тому наперед не можуть вважатись очевидними. Вони будуть цілком відповідати дійсності на відміну, наприклад, від висновку експерта, яке ґрунтується на суб'єктивному і, як наслідок, обмеженому баченні ситуації.

В результаті попередніх статистичних оцінювань було встановлено, що у більшості отриманих вимірних часових рядів тиску можна виділити систематичну складову (яка включає декілька компонент) і випадкову помилку (залишок, шум), яка утрудняє виявлення регулярних компонентів. Як правило, тренд являє собою загальну систематичну лінійну або нелінійну компоненту, яка змінюється в часі. Інерційність технологічних процесів реалізується через цей еволюторний елемент часового ряду.

В окремих технологічних процесах можна виявити певні цикли. Сезонна складова – це періодично повторювана компонента. Її зміна описується, як правило, двома моделями: адитивною і мультиплікативною. Більшість систематичних складових вихідного сигналу ВКТ

складаються із тренда, більш-менш регулярних циклічних коливань щодо тренда й періодичної компоненти.

Для виявлення тренду було використано два основні підходи: оцінювання регресії в часі та обчислення послідовних різниць (Differencing). При оцінюванні залежності регресії від часу використовувались лінійний, квадратичний (парабола) та експонентний тренди. Також в процесі досліджень отриманих вимірних вирізок фрагментів вихідного сигналу вимірювального каналу оцінювались послідовні різниці. Застосування цих підходів дозволило вилучити з вимірювальних даних тренд, тобто одержати стаціонарні залишки за умови відсутності періодичної й циклічної складових. При використанні процедур видалення тренду було важливо розрізнити характер тренду, що видаляється. Він може бути детермінованим або стохастичним (випадковим). Дослідження показали, що близько 97% отриманих в результаті експериментів часових рядів є стаціонарними щодо деякого детермінованого тренду - TS ряди (TS – trend stationary). Часові ряди зі стохастичним трендом, який видаляється тільки диференціюванням, становили лише 3% - DS (difference stationary) ряди. Результати досліджень нестационарності вхідного сигналу каналу тиску приведені на рис. 1...3. Дослідження засвідчили той факт, що вхідний сигнал є нестационарним. Він містить декілька складових з законами розподілу близькими до нормального та змінними середніми значеннями та дисперсіями в часі. Кількість складових як і їх параметри змінюються в часі в процесі роботи ТСО.

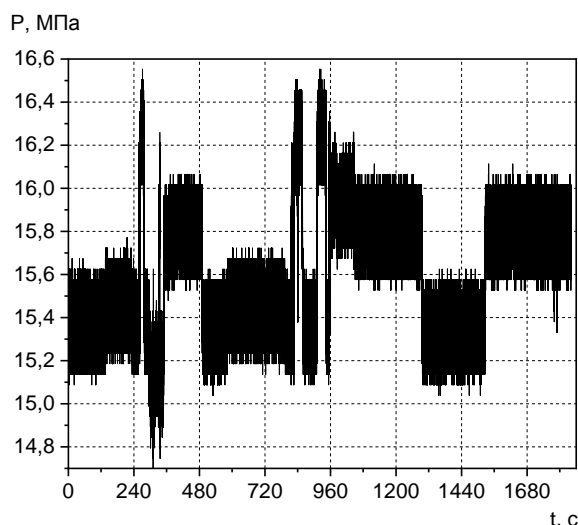


Рис. 1. Вихідний сигнал ВКТ

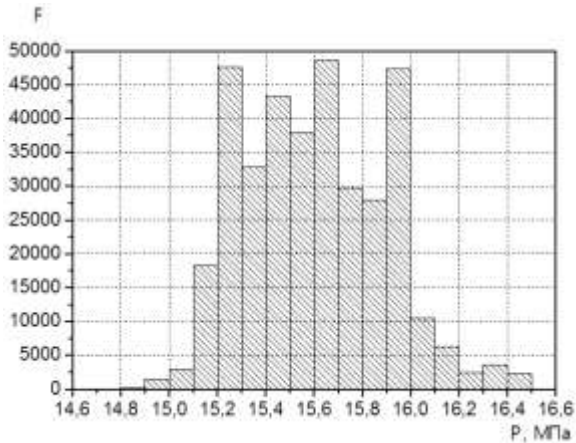


Рис. 2. Гістограма вихідного сигналу ВКТ

Для прикладу, на рис. 1 приведена часова вибірка вихідного сигналу ВКТ тривалістю 30 хвилин, яка характеризується декількома сталими режимами, число яких залежить від режиму роботи ТСО. Також видно, що у вихідному сигналі присутні декілька складових параметри яких (середнє значення та тренд) міняються в часі. Разом з тим на гістограмі складові не вирізнялись, що свідчить про те що складові вихідного сигналу мають змінні в часі середнє значення і дисперсію, тобто існує нестационарність сигналу. Це змушує здійснювати статистичну обробку на окремих часових фрагментах вихідного сигналу оскільки для визначення В якості прикладу на рис. 3 приведений фрагмент часової вибірки вихідного сигналу ВКТ тривалістю 12 хв (720 с). Гістограма сигналу даного фрагменту приведена на рис. 4.

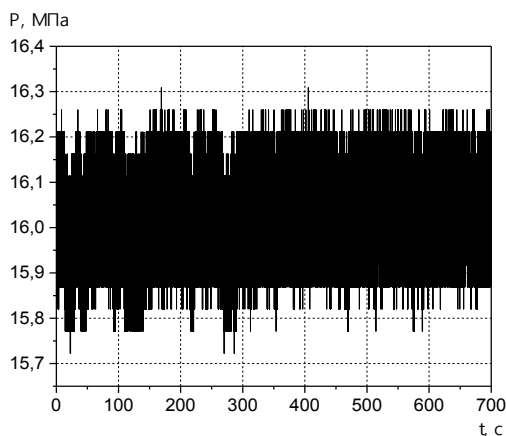


Рис. 3. Фрагмент вихідного сигналу ВКТ

Згідно з нею даний вихідний сигнал являє собою випадковий процес, який розподілений за законом близьким до нормального з середнім значенням 16 МПа. Однак гістограма

цього процесу, яка показана на рис. 4, показує наявність в сигналі двох складових з середніми значеннями близькими до 15.98 МПа та 16.045 МПа. Графік автокореляційної функції (рис. 5) містить періодичні сплески, що свідчить про наявність циклічної компоненти у вибраному часовому фрагменті.

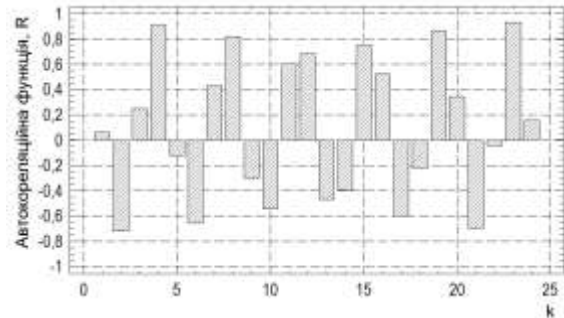


Рис. 4. Гістограма фрагменту вихідного сигналу ВКТ

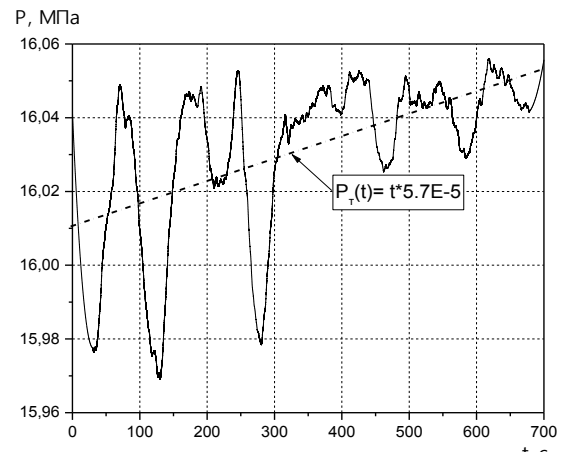


Рис. 5. Автокореляційна функція фрагменту вихідного сигналу ВКТ

Оскільки модель тренду нам не відома, то найпростіше оцінити тренд і циклічну компоненту можна за допомогою ковзаючого середнього. На рис. 6г приведено графік вихідного сигналу даного фрагменту, який згладжено ковзаючим середнім прямокутного вікна тривалістю 10 с (2000 вимірів).

Тут вже можна виділити циклічні складові і приблизно оцінити тренд. Оцінка періоду флуктуацій згладженого сигналу (рис. 6) показує на наявність двох періодичних складових, про що свідчать гістограма (рис. 7) та спектр (рис. 8) даного сигналу. Автокореляційна функція згладженого сигналу приведена на рис.9. Вона має вигляд, що характерний для часового ряду з трендом.

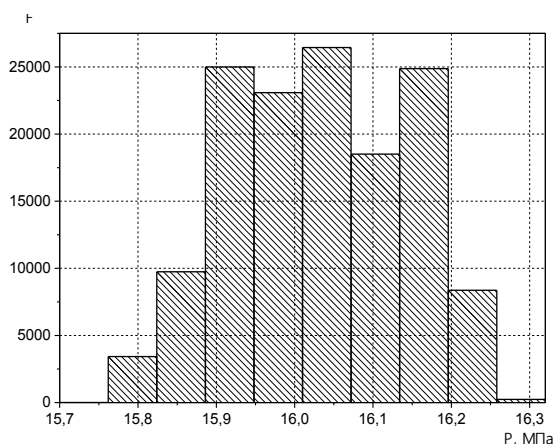


Рис. 6. Фрагмент зглаженого вихідного сигналу ВКТ

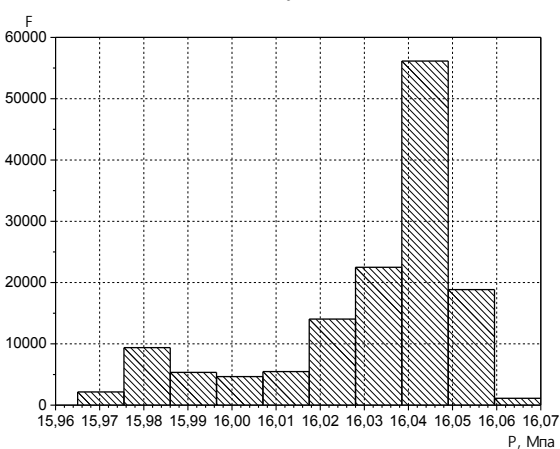


Рис. 7. Гістограма фрагменту зглаженого вихідного сигналу ВКТ

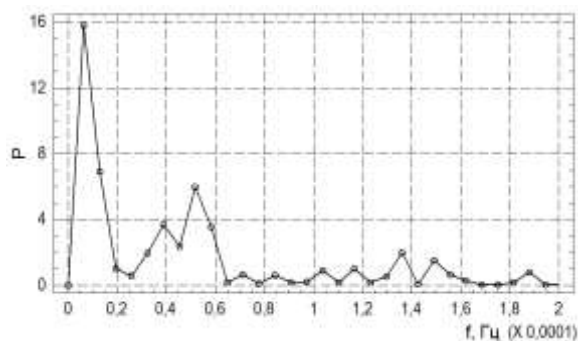


Рис. 8. Спектр фрагменту зглаженого вихідного сигналу ВКТ

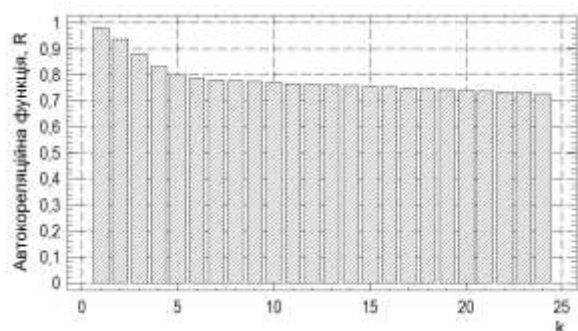


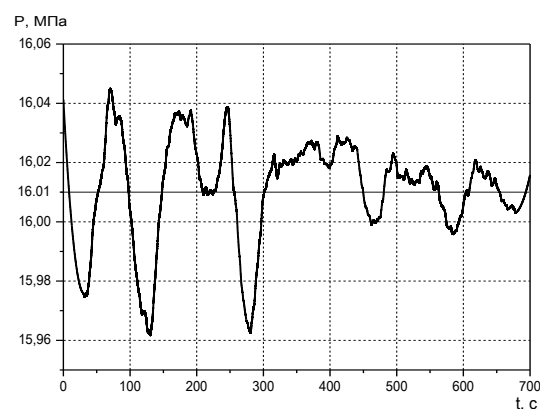
Рис. 9. Автокореляційна функція фрагменту

зглаженого вихідного сигналу ВКТ

Автокореляційна функція не наближається до нуля з ростом лагу k (лаг – кількість інтервалів аналізу на даній часовій вибірці). Для оцінки та видалення трендів з часових вибірок вихідного сигналу ВКТ використовувався метод найменших квадратів. Візуальне вивчення графіків дозволило припустити що тренд цього ряду носить лінійний характер. Визначений тренд (рис. 6) описується виразом:

$$P(t) = t \cdot 5,7 \cdot 10^5. \quad (1)$$

Таким чином, з вибраного часового фрагменту вихідного сигналу ВКТ необхідно видалити тренд (1). На рис. 3а приведено графік вихідного сигналу досліджуваного фрагменту з



вже видаленим трендом.

Рис. 10. Фрагмент вихідного сигналу з видаленим трендом

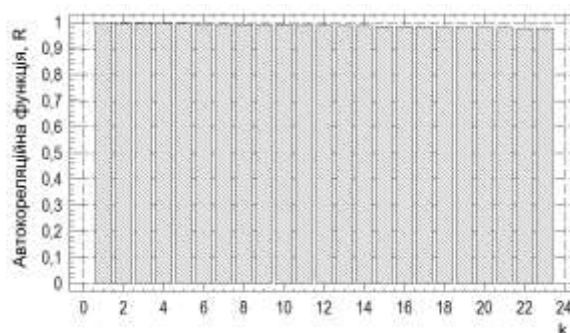


Рис. 11. Автокореляційна функція обробленого сигналу ВКТ

Автокореляційна функція цього сигналу (рис. 11) на тривалості фрагменту в 12 хв змінюється від 1 до 0.985, що свідчить про наявність залишків нестационарності. Подальший аналіз показав, що залишки нестационарності

складають: по флуктуаціям середнього значення та дисперсії 0.15% а по флуктуаціям амплітуди 0.3%.

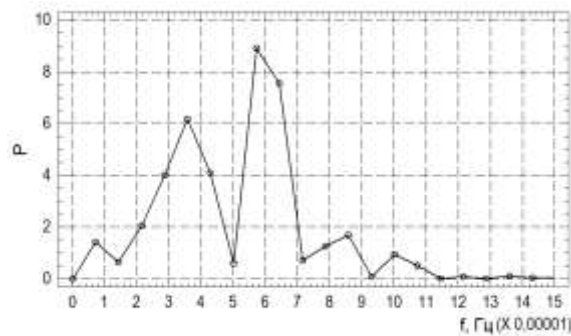


Рис. 12. Спектр обробленого сигналу ВКТ

Загалом вихідний сигнал вибраного фрагменту часової вимірної вибірки після проведеної обробки на усунення нестационарності можна вважати квазістационарним. Це також підтверджує спектр обробленого сигналу (рис.12), кількість його складових практично не змінилось і він тільки незначно змістився.

Висновки

Таким чином, в результаті проведених досліджень вихідного сигналу ВКТ на стаціонарність встановлено що:

- вихідний сигнал ВКТ є нестационарним флуктуючим процесом;
- причина нестационарності вихідного сигналу обумовлена специфікою роботи ТСО;
- вихідний сигнал ВКТ складається з багатьох часових фрагментів сталих амплітуд, тривалість цих фрагментів різна і складає від одиниць секунд до 30 хв;
- нестационарність вихідного сигналу ВКТ усувається з використанням методу згладжування ковзаючим середнім та методом найменших квадратів на тривалості всієї вимірної вибірки (але при цьому буде втрачена інформативність сигналу і появиться додаткова похибка вимірювань тиску), або на тривалості окремих часових фрагментів, що вирізані із вимірної вибірки;
- усунути нестационарність вихідного сигналу ВКТ повністю неможливо, рівень залишків носить як суб'єктивний так і об'єктивний характер: він визначається як рівнем підготовки дослідника, так і можливостями програмного забезпечення, яке використовується, і становить 0.3...0.7%;
- за результатами досліджень встановлено, що інтервал стаціонарності вихідного сигналу ВКТ визначається тривалістю часового фрагменту сталої амплітуди і лежить в

межах 5с...25 хв.;

– з метою автоматизації обробки часових фрагментів сталої амплітуди і усунення нестационарності вихідного сигналу ВКТ необхідно додатково розробляти нечіткі вимірювальні алгоритми.

Отримані результати аналізу нестационарності вихідного сигналу вимірювального каналу тиску технічно складних об'єктів можуть бути використані при моделюванні та проектуванні вимірювальних інформаційних систем технічно складних об'єктів.

Література

1. Nason, G. P. (2006). Stationary and Non-stationary Time Series. In *Statistics in Volcanology. Special Publications of IAVCEI* (pp. 129–143). <https://doi.org/10.1137/1.9780898717822>.
2. Perraudin, N., & Vandergheynst, P. (2017). Stationary Signal Processing on Graphs. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 65(13), 3462–3477. <https://doi.org/10.1109/TSP.2017.2690388>.
3. Hammond, J. K., & White, P. R. (1996). The analysis of non-stationary signals using time-frequency methods. *Journal of Sound and Vibration*, 190(3), 419–447. <https://doi.org/10.1006/jsvi.1996.0072>.
4. Gramfort, A., Strohmeier, D., Haueisen, J., Hämäläinen, M. S., & Kowalski, M. (2013). Time-frequency mixed-norm estimates: Sparse M/EEG imaging with non-stationary source activations. *NeuroImage*, 70, 410–422. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.12.051>.
5. Blei, D., Carin, L., & Dunson, D. (2010). Probabilistic topic models. *IEEE Signal Processing Magazine*, 27(6), 55–65. <https://doi.org/10.1109/MSP.2010.938079>.
6. Uma Maheswari, R., & Umamaheswari, R. (2017, February 15). Trends in non-stationary signal processing techniques applied to vibration analysis of wind turbine drive train – A contemporary survey. *Mechanical Systems and Signal Processing*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2016.07.046>.
7. Abdi, H. (2010). Signal detection theory. In *International Encyclopedia of Education* (pp. 407–410). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01364-6>.
8. Wu, Z., Huang, N. E., Long, S. R., & Peng, C.-K. (2007). On the trend, detrending, and variability of nonlinear and nonstationary time series. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(38), 14889–14894. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701020104>.
9. Коваль А. О., Коваль О. А. Просторово розподілені інтелектуальні вимірювальні інформаційні системи: монографія. Харків : Лідер, 2017. 146 с.
10. МИ 1317-2004 ГСИР. Видання. Результати и характеристики погрешности измерений.

- Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров. [Чинний від 2004-12-20]. Вид. офіц. Москва, 2004. 53 с. (Інформація та документація).
11. Mackenzie, E. a., Crossey, J., dePablo, a., Ferguson, W., De Pablo, a, & Ferguson, W. (2010). On-line monitoring and diagnostics for power transformers. *Conference Record of the 2010 IEEE International Symposium on Electrical Insulation (ISEI)*, San Diego, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ELINSL.2010.5549734>
 12. Hu, K., Ivanov, P. C., Chen, Z., Carpena, P., & Stanley, H. E. (2001). Effect of trends on detrended fluctuation analysis. *Physical Review E - Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics*, 64(1), 19. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.64.011114>
 13. Коваль О. А. Вдосконалення методів визначення динамічних характеристик вимірювальних каналів тиску : дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02. Харків. 2016. 224 с.
 14. Коваль А. О. , Полярус О. В. , Коваль О. А. Використання методу шумів та online діагностики для вдосконалення метрологічного забезпечення на техногенно небезпечних об'єктах. *Вісник НТУ "ХПИ"*. Харків, 2015. № 35. С. 152–156.
 15. Коваль А. О. Нормування і визначення динамічних характеристик вимірювального каналу тиску. *Метрологія, інформаційно-вимірительные технологии и системы (МИИТС-2017)* : тези доп. VI міжн. наук.-практ. конф. (м. Харків, 24-25 жовтня). 2017. С. 68-69.
 16. Коваль О. А. Актуальні проблеми побудови просторово-розподілених інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем. *Метрологія, інформаційно-вимірительные технологии и системы (МИИТС-2017)* : тези доп. VI міжн. наук.-практ. конф. (м. Харків, 24-25 жовтня). 2017. С.156.
 17. Iba, H., & Aranha, C. C. (2012). Trend analysis. In *Adaptation, Learning, and Optimization* (Vol. 11, pp. 123–140). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27648-4_5.
 18. Kovács, G., Bakos, G., & Noyes, R. W. (2005, January 11). A trend filtering algorithm for wide-field variability surveys. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2004.08479.x>.
 3. Hammond, J. K., & White, P. R. (1996). The analysis of non-stationary signals using time-frequency methods. *Journal of Sound and Vibration*, 190(3), 419–447. <https://doi.org/10.1006/jsvi.1996.0072>.
 4. Gramfort, A., Strohmeier, D., Haueisen, J., Hämäläinen, M. S., & Kowalski, M. (2013). Time-frequency mixed-norm estimates: Sparse M/EEG imaging with non-stationary source activations. *NeuroImage*, 70, 410–422. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.12.051>
 5. Blei, D., Carin, L., & Dunson, D. (2010). Probabilistic topic models. *IEEE Signal Processing Magazine*, 27(6), 55–65. <https://doi.org/10.1109/MSP.2010.938079>.
 6. Uma Maheswari, R., & Umamaheswari, R. (2017, February 15). Trends in non-stationary signal processing techniques applied to vibration analysis of wind turbine drive train – A contemporary survey. *Mechanical Systems and Signal Processing*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2016.07.046>.
 7. Abdi, H. (2010). Signal detection theory. In *International Encyclopedia of Education* (pp. 407–410). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01364-6>.
 8. Wu, Z., Huang, N. E., Long, S. R., & Peng, C.-K. (2007). On the trend, detrending, and variability of nonlinear and nonstationary time series. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(38), 14889–14894. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701020104>.
 9. Koval A. O., Koval O. A. (2017). Prostorovo rozpodileni intelektualni vimiruvalni informacijni sistemy [Spatially distributed intelligent measurement information systems] : monografija. Kharkiv : Lider, 146 [in Ukrainian].
 10. MI 1317-2004 GSIR. (2004). Resultaty i charakteristiki pogrechnosti izmerenij. Formi predstavlenija. Sposobi ispolzovanija. [Results and characteristics of measurement error. Forms of representation. Methods of use when testing product samples and monitoring their parameters]. Moskau : Federal State Unitary Enterprise All-Russian Research Institute of Metrological Service, 53. [in Russian].
 11. Mackenzie, E. a., Crossey, J., dePablo, a., Ferguson, W., De Pablo, a, & Ferguson, W. (2010). On-line monitoring and diagnostics for power transformers. *Conference Record of the 2010 IEEE International Symposium on Electrical Insulation (ISEI)*, San Diego, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ELINSL.2010.5549734>.
 12. Hu, K., Ivanov, P. C., Chen, Z., Carpena, P., & Stanley, H. E. (2001). Effect of trends on detrended fluctuation analysis. *Physical Review E - Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics*, 64(1), 19. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.64.011114>.
 13. Koval A. O. (2016). Wdoskonalenja metodiv

References

1. Nason, G. P. (2006). Stationary and Non-stationary Time Series. In *Statistics in Volcanology. Special Publications of IAVCEI* (pp. 129–143). <https://doi.org/10.1137/1.9780898717822>.
2. Perraudin, N., & Vandergheynst, P. (2017). Stationary Signal Processing on Graphs. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 65(13), 3462–3477. <https://doi.org/10.1109/TSP.2017.2690388>.

- wiznachenja dinamicnich characteristik wimiruvalnich canaliv tisku. [Improvement of methods for determining the dynamic characteristics of measuring channels of pressure] : dis. ... cand. techn. nauk : 05.01.02. Khakiv. 224 [in Ukrainian].
14. Koval A. O., Poljarus O. V., Koval O. A. (2015). Wikoristanja metodu schumiv ta online diagnostiki dlja wdoskonalenja metrologichnogo zabezpechnja na technogenno-nebezpechnich objektach. [Using the method of noise and online diagnostics to improve metrological support on technogenically hazardous objects]. *Visnik NTU KHPI, Kharkiv : KHPI, №35*, 152-156 [in Ukrainian].
15. Koval A. O. (2017). Normuvanja i wiznachenja dinamicnich charecteristik wimiruvalnogo canalu tisku. [The standardization and definition of dynamic characteristics of the pressure measuring channel]. *Metrologija, informacionno-izmeritelnie tehnologii i sistemi (MIITS). Kharkov national university of radioelectronics, National scientific centre "Institute of metrology" Kharkiv, (24-25 october 2017)*, 68-69 [in Ukrainian].
16. Koval A. O. (2017). Actualni problemi pobudovi prostorovo-rozpodilenich intelektualnich wimiruvalnich informacijnich sistem. [Actual problems of construction of spatially-distributed intellectual metering information systems]. *Metrologija, informacionno-izmeritelnie tehnologii i sistemi (MIITS). Kharkov national university of radioelectronics, National scientific centre "Institute of metrology" Kharkiv, (24-25 october 2017)*, 156 [in Ukrainian].
17. Iba, H., & Aranha, C. C. (2012). Trend analysis. In *Adaptation, Learning, and Optimization* (Vol. 11, pp. 123–140). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27648-4_5.
18. Kovács, G., Bakos, G., & Noyes, R. W. (2005, January 11). A trend filtering algorithm for wide-field variability surveys. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2004.08479.x>.

Коваль Андрій Олександрович¹, к.т.н., доцент каф. метрології та безпеки життєдіяльності, тел. +380686062067, koval_andrey79@ukr.net,
Мінка Сергій Володимирович¹, к.т.н., доц., доцент каф. метрології та безпеки життєдіяльності, тел. +380503014485, metrologija@ukr.net,
¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Анализ нестационарности выходного сигнала измерительного канала давления технически сложных объектов

Аннотация. Приведенные результаты исследований нестационарности выходного сигнала измерительного канала давления на

технически сложных объектах Рассмотрены источники нестационарности выходных сигналов измерительных каналов давления и приведена методика ее устранения.

Ключевые слова: измерительный канал давления; нестационарный сигнал; технологический процесс; технически сложный объект.

Коваль Андрей Александрович¹, к.т.н., доцент каф. метрологии и безопасности жизнедеятельности, тел. +380686062067, koval_andrey79@ukr.net,

Минка Сергей Владимирович¹, к.т.н., доц., доцент каф. метрологии и безопасности жизнедеятельности, тел. +380503014485, metrologija@ukr.net,

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

Analysis of the nonstationarity of the original signal of the measuring channel of the crowding of technically complex objects

Annotation. Problem. Technically complex facilities such as nuclear, thermal, hydroelectric and the like occupy an important place in industrial production. Their main feature is that they operate continuously and to control technological processes as well as diagnose their technical condition using multi-parameter spatially distributed measuring information systems. In general, the output signal of such measuring systems is stationary. But in the process of dynamically changing the load on the object, its technological regimes also change. This leads to the appearance of nonstationarity of the output signals of the measuring systems. In this case, the stationarity interval is reduced from tens of minutes to hundreds of milliseconds. At the input of control systems and diagnostics received measurement data that are non-stationary in nature. This is especially true for pressure measuring channels. Thus, there is the problem of eliminating the non-stationarity of the output signals of the pressure measuring channels. At present, the main method of eliminating nonstationarity in pressure measuring channels is the method of averaging output signals over the entire time interval of measurements. But this in turn leads to an increase in inertia and a decrease in the accuracy of control and diagnostic systems. In addition, there appear "dead" zones in the robot of diagnostic systems as a result of smoothing peaks and steps in the output signals of object measurement information systems. All this together requires the search for more effective methods of eliminating the non-stationarity of the output signals of multi-parameter spatially distributed measuring information systems of technically complex objects.

Purpose. Analysis of the nonstationarity of the output signal of the pressure channel to improve the accuracy and reliability of pressure measurements due to preliminary statistical processing in the measurement process. **Methodology.** The analytical method is the

method of statistical processing of large data arrays of current measurements. The analysis methods are the analysis of the signal in the time and frequency obdastiah. **Result.** The analysis of the nonstationarity of the output signal of the pressure channel using Data Mining technology has allowed us to develop a method for searching large amounts of current measurements of unobvious, objective patterns, periodicities, trends, stationarity intervals, as well as checking them on new measuring kits. **Original.** The developed method of eliminating the nonstationarity of the output signal of the pressure measuring channel can be implemented in object intellectual measuring information systems. Its use in the process of current pressure measurements allows to reduce the dynamic error and, thereby, increase the reliability of measurements. **Practical value.** The obtained results of the analysis of the

nonstationarity of the output signal of the pressure measuring channel can be used in the modeling and design of measuring information systems of technically complex objects.

Keywords: pressure measuring channel; non-stationary signal; technological process; technically complex object.

Koval Andrii¹, Ph.D., Assoc. Prof. Department Metrology and Life Safety, tel. +380686062067, koval_andrey79@ukr.net,

Minka Sergey¹, Ph.D., Assoc. Prof. Department Metrology and Life Safety, tel. +380503014485, metrologija@ukr.net,

¹Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslav Mudry street, Kharkiv, 61002, Ukraine.

ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПЕРСПЕКТИВНИХ МІСЬКИХ ЕЛЕКТРОБУСІВ

Войтків С. В.¹

¹Науково-технічний центр «Автополіпром»

Анотація. Проаналізовані напрямки створення сучасних міських електробусів великого класу. Запропоновані шляхи створення конкурентоспроможних міських електробусів на основі застосування нових компоувальних схем їх електричних тягових приводів та компоувальних схем кузовів за розміщенням керованого і привідного мостів та пасажирських дверей. Наведений аналіз конкурентоспроможності запропонованих проектів перспективних міських електробусів.

Ключові слова: електробус, електричний привід, привідний міст, тяговий електродвигун, компоувальна схема.

Вступ

Бурхливий розвиток електробусобудування на протязі останнього десятиліття відбувається різними шляхами. Але низькопідлогові міські електробуси, які відносяться до класу І за [1] та великого класу за габаритною довжиною підкласів ВКл-1 та ВКл-2 [2] з габаритними довжинами, відповідно, понад 10,0 м до 11,0 м та понад 11,0 м до 12,0 м, створюються, здебільшого, за однією компоувальною схемою на основі класичної колісної формули 4x2.2. Цей варіант створення міських електробусів передбачає просту заміну механічних привідних мостів порталного типу базових автобусів на електромеханічні або електричні мости такого ж типу з аналогічними розмірними параметрами та допустимими навантагами. У конструкцію кузовів базових автобусів вносяться, в основному, лише зміни, пов'язані з розміщенням джерел електричної енергії (ДЕЕ) – акумуляторних батарей (АКБ) або іоністорів (суперконденсаторів) та комплектуючих виробів системи електричного тягового приводу (ЕТПр) на їх дахах.

Міські електробуси відносяться до класу автомобільних пасажирських транспортних засобів громадського користування (АПТЗ ГК). На даний час АПТЗ ГК з ЕТПр об'єднані у два класи – тролейбуси та електробуси [1]. Основними класифікаційними ознаками такого поділу АПТЗ ГК являються:

- тип тягового приводу – електричний;
- тип джерела електричної енергії (ДЕЕ) – до недавнього часу зовнішнє (дводорова електрична мережа) для тролейбусів та внутрішнє автономне – накопичувачі електричної енергії (НЕЕ) – для електробусів.

Проте, за останнє десятиліття у конструкції тролейбусів та електробусів були внесені суттєві зміни, які призвели, практично, до появи ідентичних типів АПТЗ ГК – тролей-бусів з автономним ходом та електробусів з динамічною підзарядкою НЕЕ від тролейбус-ної дводорової електричної мережі. Крім того, з'явилися електробуси, обладнані різними системами підзарядження НЕЕ на зупинках або під час руху за маршрутом або системами заміни розряджених НЕЕ, зазвичай, блоків тягових акумуляторних батарей (АКБ) на заряджені [3, 4].

Застосування у конструкціях електробусів ЕТПр на основі НЕЕ різних типів та систем їх зарядження/ підзарядження суттєво впливають як на ринкову вартість електробусів і їх економічні показники, так і на інфраструктуру конкретного маршруту, оскільки вимагають застосування потужних електричних станцій для зарядження/ підзарядження блоків тягових АКБ або суперконденсаторів. Тому розроблення напрямків покращення технічних параметрів перспективних електробусів являється дуже актуальним завданням вітчизняного автобусобудування.

Аналіз публікацій

Широко застосований на нинішньому етапі розвитку електробусобудування шлях створення міських електробусів ВКл на базі кузовів міських низькопідлогових автобусів, обладнаних механічними ПрМ порталного типу хоча і являється найпростішим і, з точки зору виробників, економічнішим, має, принаймні, два суттєві недоліки:

- збільшується їх маса у спорядженому стані (на 1000-1500 кг);

- значно зменшується загальна пасажиромістимість (на 15-30 чол.).

Збільшення спорядженої маси електробусів за рахунок значної маси тягових АКБ або суперконденсаторів, яка за даними різних виробників сягає 2000-3000 кг, і зменшення, у зв'язку з цим, їх загальної пасажиромістимості негативно впливає на собівартість перевезень пасажирів. Тут йдеться про порівняння показників собівартості перевезень пасажирів електробусами. Застосування у конструкціях електробусів систем струмоприймачів різного типу, особливо штангових і прямих пантографів, розміщених на дахах їх кузовів ще більше погіршує економічні показники електробусів.

Для часткового зменшення наведених недоліків міських електробусів ВКл Директивою 96/53 ЄС [5] було збільшено допустиму навантагу на привідний міст електробусів, обладнаний здвоєними колесами, до 13000 кг та дозволена максимальна масу двомостових електробусів до 19500 кг (для автобусів ці параметри складають, відповідно, 11500 кг та 18000 кг). Проте, збільшення допустимої навантаги на привідний міст електробусів на 13 % та їх повної допустимої маси на 8,3 % сприяє швидшому руйнуванню покриття міських вулиць. Тому, шлях створення електробусів на базі міських автобусів простою заміною привідних мостів далекий від оптимального. Його відносна доцільність полягає лише у можливості виготовлення електробусів на тому ж технологічному обладнанні при мінімальних затратах на підготовку їх виробництва. Але при цьому зовсім не приймається до уваги їх суттєво більша руйнівна дія на покриття міських вулиць та навколишню інфраструктуру за рахунок не тільки збільшеної навантаги на привідний міст а ще й завдяки дії великих невіднесених мас. А це дуже вагомий фактор з точки зору щорічних капіталовкладень на його ремонт і підтримання працездатного стану. Недарма китайські виробники уже кілька років виготовляють міські електробуси на основі застосування багатомостових компоновальних схем з колісними формулами 6x4.1 (рис. 1) [6] та 8x4.1 (рис. 2) [7].



Рис. 1. Електробус тримостовий моделі ZEV CDL6100UWBEV

Аналіз основних технічних параметрів цих три- і чотиримостових електробусів, наведених у табл. 1, показує, що їх конструкції характеризуються малими спорядженими масами, а повні маси сягають лише 72,0 % і 83,1 % від допустимої повної маси електробусів з двома мостами.



Рис. 2. Електробус чотиримостовий моделі ZEV Z12HA з НEE на водневих паливних елементах

Таблиця 1 – Технічні параметри багатомостових електробусів китайської фірми "Zhongzhi newenergy vehicle, Ltd"

Найменування параметра	Модель електробуса	
	CDL6100UW BEV	CDL6120UW BEV
Колісна формула	6x4.1	
Габаритна довжина, м	10,25	12,01
Повна маса, кг	14100	16200
Допустима навантага на мости, кН (кГс)		
- передній перший	51,0 (5200)	53,0 (5400)
- передній другий	-	-
- задній перший	44,4 (4530)	53,0 (5400)
- задній другий	42,7 (4350)	53,0 (5400)
Вмістимість, чол.		
- повна	82	95
- місць для сидіння	9-17	9-32

Таким чином, допустимі навантаги на мости багатомостових електробусів, обладнаних одинарними колесами із шинами типорозміру 265/70R19.5, не перевищують усього 5000 кГс.

Варто також зауважити, що загальна пасажиромістимість наведених вище електробусів при меншій повній масі суттєво вища. Наприклад, вмістимість електробуса моделі ZEV CDL6120UWBEV з габаритною довжиною 12,01 м сягає 95 чол. при повній масі 16200 кг у той час, коли електробуси моделі "Volvo 7900 E" (Швеція) аналогічну вмістимість забезпечують при повній масі 19000 кг. Зрозуміло, що експлуатаційні характеристики розглянутих китайських електробусів значно кращі і з точки зору збереження покриття міських вулиць і з точки зору мінімізації собівартості перевезень пасажирів. Шкода лише що

відсутня будь-яка інформація щодо собівартості їх дрібносерійного виробництва та витрат на будівництво інфраструктури маршрутів.

Мета і постановка задачі

Метою роботи є визначення шляхів створення перспективних конкурентоспроможних міських повністю низькопідлогових електробусів із вищими економічними показниками.

Задачами вирішення поставленої мети являються розроблення і застосування нових компоновальних схем електробусів за колісною формулою, розміщенням не менше двох подвійних службових (пасажирських) дверей та інших компоновальних схем ЕТПр, зменшення собівартості виготовлення електробусів та зменшення експлуатаційних витрат на їх технічне обслуговування та перевезення пасажирів

Шляхи створення

перспективних міських електробусів

Конструктивна ефективність перспективних міських низькопідлогових автобусів в загальному випадку можна оцінювати за узагальненим коефіцієнтом:

$$E_k = k_1 \times \left(\frac{M_{cn}}{N_{zag}} \right)^{-1} + k_2 \times \left(\frac{C_{el} + C_{inf}}{N_{zag}} \right)^{-1}, \quad (1)$$

де M_{cn} – споряджена маса електробуса, кг;

N_{zag} – загальна (номінальна) пасажиромісткість електробуса, чол.;

C_{el} – собівартість виробництва електробуса, млн. грн.;

C_{inf} – собівартість інфраструктури для заряджання/ підзаряджання НЕЕ на маршруті, млн. грн.;

k_1 і k_2 – розмірні коефіцієнти, відповідно, чол./кг та чол./грн.

З наведеного виразу покращення економічних показників перспективних електробусів при заданій загальній пасажиромісткості, тобто при $N_{zag} = \text{const}$, можливе за рахунок:

- зменшення спорядженої маси електробуса;

- зменшення собівартості виробництва електробуса;

- зменшення витрат на будівництво інфраструктури для заряджання/ підзаряджання НЕЕ на маршруті.

Маса спорядженого електробуса може бути виражена наступним чином:

$$M_{cn} = m_k \times L_k + M_{ETPr} + M_i, \quad (2)$$

де m_k – питома маса одного погонного метра кузова електробуса без агрегатів ЕТПр і ходової частини, кг;

L_k – довжина кузова електробуса, м;

M_{ETPr} – маса ЕТПр електробуса, кг;

M_i – маса інших складових частин електробуса, кг.

При заданій величині m_k маса кузова електробуса без агрегатів ЕТПр і ходової частини може бути зменшена лише за рахунок оптимізації його довжини при забезпеченні $N_{zag} = \text{const}$. Для кузовів автобусів без агрегатів трансмісії і ходової частини відповідно до [8] $m_k = 250\text{-}350$ кг/м. Отже, зменшення довжини кузова електробуса на 1 м при тій же пасажиромісткості сприяє зменшенню спорядженої маси, щонайменше, на 250 кг.

Ще більшого зменшення спорядженої маси електробуса можна досягнути за рахунок оптимізації мас складових частин ЕТПр:

$$M_{ETPr} = M_{PrM} + M_{TED} + M_{HEE} + M_i, \quad (3)$$

де M_{PrM} – маса привідного моста, кг;

M_{TED} – маса тягового електричного двигуна/ двигунів (ТЕД), кг;

M_{HEE} – маса блоків накопичувачів електричної енергії, кг;

M_i – маса інших складових частин ЕТПр, кг.

У конструкціях сучасних електробусів ВКл з повністю низьким рівнем підлоги у пасажирських салонах застосовуються механічні, електромеханічні або електричні привідні мости портального типу (табл. 2). Вони характерні однакою приєднувальними розмірами і однакою допустимою навантагою, але мають різну масу завдяки різним конструкціям. ПрМ моделі "ZF AVE 130" обладнаний інтегрованими у ступиці коліс двома ТЕД з двома планетарними редукторами. А ПрМ моделі "ZAwheel v1.0" являється чисто електричним, оскільки обладнаний інтегрованими у ступиці коліс лише двома ТЕД з великим крутним моментом. Обидва мости являються, по суті, інтегрально-портальними.

Таблиця 2 – Параметри мас порталних мостів електробусів

Найменування параметра	Модель електробуса		
	ZF AV 133	ZF AVE 130	ZAwheel v1.0
Тип моста	механічний	електромеханічний	електричний
Допустима навантага на міст, кН (кГс)	127,5 (13000)		
Тип коліс	здвоєні		
Типорозмір коліс	22.5"х8,25"		
Типорозмір шин	275/70R22.5		
Маса моста без коліс з підвіскою, кг	973	1220	646

ЕТПр з ПрМ моделі "ZF AV 133" потребує застосування ТЕД. Його маса разом з ТЕД адекватної потужності канадської фірми ТМ4 "Sumo LSM280АНV-3400" (337 кг) складає 1310 кг. На даний час практично на усіх електробусах ВКл застосовуються мости моделі "ZF AVE 130" або аналогічні електромеханічні ПрМ китайського виробництва. Електричні ПрМ моделі "ZAwheel v1.0" хоча і значно легші (на 574 кг), але набагато дорожчі і наразі випробовуються на дослідних зразках електробусів.

Одним із шляхів зменшення спорядженої маси електробуса являється застосування ПрМ з незалежною підвіскою коліс або типу "Де-Діон". ПрМ з незалежною підвіскою одинарних коліс, обладнаних шинами типорозміру 385/55 R22.5", уже серійно виготовляє італійсько-турецька компанія "Brist Axle Systems Srl.". Міст моделі IDS TJ 105-225 НR має масу 650 кг без одинарних коліс, яка на 570 кг менша маси ПрМ "ZF AVE 130".

Ряд конструкцій ПрМ типу "Де-Діон" розроблений у НТЦ "Автополіпром". Одним із перспективних напрямків являється застосування ПрМ (рис. 3), обладнаного двома ТЕД і одним здвоєним циліндричним проміжним редуктором (ЗЦПР), який заміняє головну передачу з диференціалом [9].

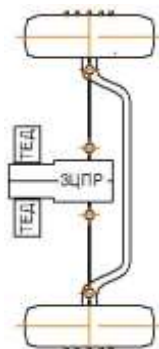


Рис. 3. ЕТПр з ПрМ типу "Де-Діон" з двома

ТЕД та ЗЦПР

Такий міст значно технологічніший і простіший для освоєння виробництва. А застосування двох ТЕД замість одного являється ще одним шляхом зменшення спорядженої маси перспективних електробусів. У табл. 3 наведені параметри ТЕД різних виробників у варіантах однакової сумарної потужності.

Таблиця 3 – Параметри мас ТЕД електробусів

Найменування параметра	Модель ТЕД		
	ТМ4 "Sumo LSM280АНV-3400"	Brusa HSM1-6.17.12	YASA 750
Потужність пікова/номінальна, кВт			
- одного ТЕД	250/ 170	120/ 70	200/ 75
- двох ТЕД	-	240/ 140	400/ 150
Маса ТЕД, кг			
- одного ТЕД	336,0	51,5	33,0
- двох ТЕД	-	103,0	66,0

Аналіз мас ТЕД, наведених у табл. 3, показує, що за рахунок застосування двох ТЕД при однаковій сумарній потужності з потужністю одного ТЕД можна досягнути зменшення спорядженої маси електробуса, щонайменше, на 230 кг. Ще більше зменшення маси забезпечує ТЕД моделі "YASA 750", особливо із врахуванням того, що він має майже у 3 рази більший крутний момент ніж ТЕД моделі "Brusa HSM1-6.17.12" (800/400 Нм проти 320/130 Нм, відповідно, піковий/ номінальний). Але ці ТЕД наразі теж дуже дорогі, що стримує їх широке застосування).

Іншим важливим шляхом покращення економічних показників перспективних електробусів являється зменшення маси НEE. На даний час виробники електробусів оперують таким показником, як величина пробігу на одній зарядці НEE. З виразу

$$L_{np} = \frac{W_{HEE}}{\Delta w}, \quad (4)$$

де W_{HEE} – потужність НEE при повній зарядці, кВт;

Δw – середня питома витрата потужності НEE на здоляння електробусом 1 км шляху, кВт/км.

Зрозуміло, що величина пробігу електробуса при $\Delta w = \text{const.}$ зростає лише при збільшенні потужності НEE. Якщо збільшення потужності НEE відбувається за рахунок збільшення кількості однотипних елементів (АКБ

чи суперконденсаторів), то це призводить до збільшення спорядженої маси електробуса і автоматичного погіршення економічних експлуатаційних показників, оскільки зменшується його загальна пасажиромісткість. Отже, покращення економічних показників перспективних електробусів можливе лише за умови зменшення маси НEE:

– за рахунок зменшення потужності НEE і застосування систем їх підзарядки або заміни на заряджені під час перебування на маршруті;

– за рахунок застосування НEE тієї ж потужності з меншою питомою масою.

У виразі (1) перший доданок характеризує конструктивну ефективність електробуса з точки зору його спорядженої маси. На рис. 4 наведена залежність $E_{кМ}$ від спорядженої маси електробуса ВКл при $N_{заг} = 90$ чол., побудована за виразом:

$$E_{кМ} = k_1 \times \left(\frac{M_{сн}}{N_{заг}} \right)^{-1}. \quad (5)$$

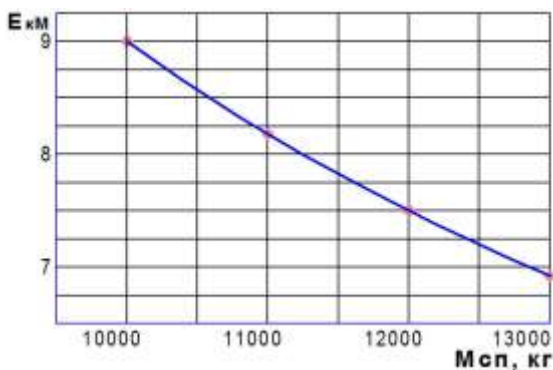


Рис. 4. Залежність коефіцієнта конструктивної ефективності електробусів від спорядженої маси

Отже, зменшення спорядженої маси електробуса на кожних 1000 кг підвищує $E_{кМ}$ на 10 %.

Другий доданок у виразі (1) складається із двох коефіцієнтів ефективності перспективних електробусів, які характеризують собівартість їх виробництва та величину витрат на розбудову систем заряджання/підзаряджання НEE:

$$E_{кС} = k_2 \times \frac{C_{ен}}{N_{заг}} + k_2 \times \frac{C_{інф}}{N_{заг}}. \quad (6)$$

Найбільший вплив на $E_{кС}$ має тип системи заряджання/підзаряджання НEE, яка, звісно, залежить і від типу самого НEE. На даний час застосовуються три типи систем заряджання/підзаряджання НEE:

- у автотранспортних парках, здебільшого, у нічний період доби;

- на кінцевих зупинках маршруту;

- на проміжних зупинках маршруту.

Перші дві системи застосовуються у сукупності з НEE на основі тягових АКБ, третя – для заряджання/підзаряджання НEE на основі суперконденсаторів. За результатами досліджень, наприклад [10], встановлено, що пробіг електробусів однакової пасажиромісткості для наведених систем заряджання/підзаряджання НEE складає, табл. 4.

Таблиця 4 – Середній пробіг електробусів у залежності від типу НEE і систем їх заряджання/підзаряджання

Тип системи заряджання/ підзаряджання НEE	Пробіг без підзарядки, км
В АТП у нічний період доби	200
На кінцевих зупинках маршруту	25
На проміжних зупинках маршруту	5

З наведених даних зрозуміло, що при довжині маршруту в одну сторону рівній, для прикладу, 15 км, електробус типу ОНС (система повільного заряджання тягових АКБ в АТП у нічний час [11]) зможе виконати шість рейсів по маршруту в обидві сторони без підзаряджання НEE від зарядної станції, яка необхідна лише одна з розміщенням в АТП. Електробуси типу ОС (системи ультрашвидкого заряджання НEE на зупинках) у залежності від типу НEE для виконання тих же шести рейсів по маршруту в обидві сторони (180 км) потребуватимуть 10-13 підзарядок з НEE на основі тягових АКБ і 36-40 зарядок з НEE на основі суперконденсаторів. Для забезпечення руху електробусів типу ОС, обладнаних тяговими АКБ, на маршруті довжиною 15 км необхідна наявність двох зарядних станцій, розміщених на кінцевих маршрутах. Для електробусів того ж типу, але з НEE на основі суперконденсаторів, необхідно, щонайменше, чотири зарядні станції. А у випадку маршруту з довжиною 25 км в один бік таких станцій необхідно буде уже, щонайменше, шість.

Створення конструкцій перспективних конкурентоспроможних міських низькопідлогових автобусів потребує застосування інших

компонувальних схем як ЕТПр так і електробусів в цілому. Аналіз класичної колісної формули сучасних автобусів та електробусів ВКл – 4х2.2, яка передбачає розподіл допустимих навантаж на передній керований і задній привідний мости у співвідношенні 1:(1,77...2,25), показує, що застосування електромеханічних чи електричних привідних мостів порталного типу не забезпечує можливості створення електробусів за принципово іншими компонентувальними схемами за розміщенням мостів та за розміщенням пасажирських дверей. Але компактність ЕТПр якраз навпаки сприяє проектуванню електробусів за іншими варіантами розміщення і обох мостів і пасажирських дверей.

Звісно, шляхи створення перспективних конкурентоспроможних низькопідлогових електробусів повинні бути направлені, перш за все, на зменшення їх маси у спорядженому стані та збільшення загальної пасажировмістимості. Досягнення цих завдань можливе різними шляхами.

Зменшення маси електробусів у спорядженому стані пропонується за рахунок:

- зменшення довжини їх кузовів при збереженні заданої або тієї ж загальної пасажировмістимості;

- застосування замінних блоків тягових АКБ суттєво меншої ємності і, відповідно, значно меншої маси.

Збільшення загальної пасажировмістимості електробусів, у свою чергу, можливе за рахунок тих же напрямків:

- зменшення маси електробусів у спорядженому стані шляхом зменшення довжини їх кузовів і оптимізації планувань пасажирських салонів;

- застосування замінних блоків тягових АКБ зменшеної ємності і, відповідно, зменшеної маси.

Для вирішення поставлених задач і проектування перспективних міських низькопідлогових електробусів за основу прийнята концепція, яка передбачає:

- застосування колісної формули 4х2.1, тобто ПрМ, обладнаного одинарними колесами;

- мінімізацію довжини заднього звису кузова електробуса та, відповідно, збільшення колісної бази;

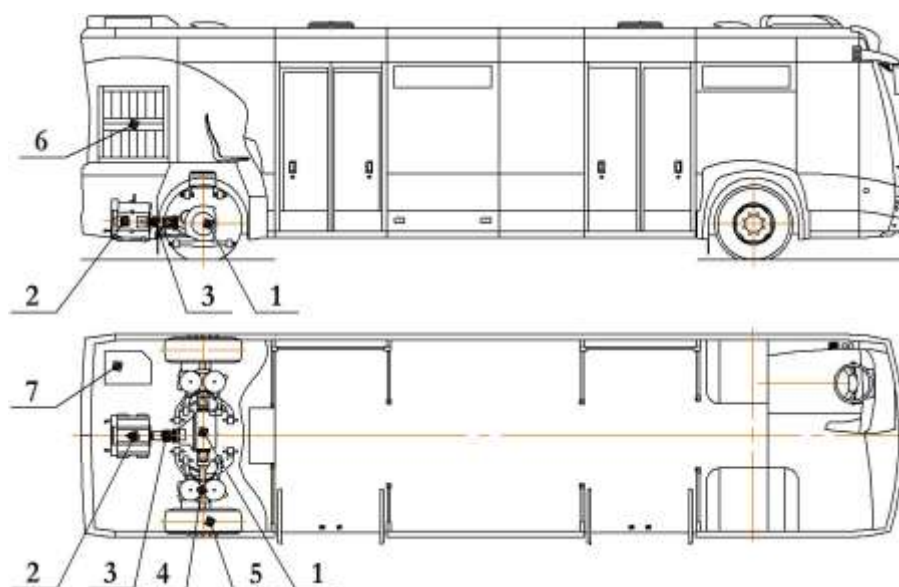
- застосування привідного моста з незалежною підвіскою одинарних коліс типорозміру R22,5";

- значне зменшення маси НEE – тягових акумуляторних батарей;

- мінімізацію довжини кузова електробуса при заданій пасажировмістимості, аналогічній пасажировмістимості існуючих електробусів з габаритною довжиною 12,0 м;

- забезпечення перебування електробусів на маршруті протягом зміни шляхом дво- або триразової заміни блоків АКБ на кінцевій зупинці або відповідній станції.

Проект міського низькопідлогового електробуса ВКл [4], у якому реалізовані наведені вище напрямки зменшення його маси у спорядженому стані та збільшення пасажировмістимості, наведений на рис. 5.



1 – Редуктор головної передачі; 2 – ТЕД; 3 – карданний шарнір; 4 – привідний міст з незалежною підвіскою коліс; 5 – одинарне привідне колесо; 6 – замінний блок тягових АБ; 7 – система керування приводом

Рис. 5. Компонувальна схема перспективного міського електробуса

Конструкція електробуса передбачає застосування повністю відокремленого від пасажирського салону відділення водія, двох подвійних пасажирських дверей, розміщених у межах колісної бази, одного або й двох накопичувальних майданчиків та можливість виготовлення з різними варіантами планувань пасажирських салонів. Аналіз конкурентоспроможності перспективного міського електробуса за коефіцієнтами конструктивної

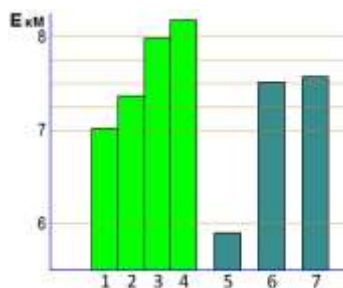
ефективності за спорядженою масою і за площею проекції їх кузовів (7) наведений у табл. 5 і на рис. 6 та рис. 7:

$$E_{кS} = k_s \times \left(\frac{S_k}{N_{заг}} \right)^{-1}, \quad (7)$$

де S_k – площа проекції кузова електробуса, m^2 .

Таблиця 5 – Аналіз конкурентоспроможності перспективного міського електробуса

Найменування параметра	Модель міського електробуса			
	АПП-Ех01	Е19	Екова	7900 Е
Фірма-виробник	Проект НТЦ "АПП" (Україна)	Електрон-транс (Україна)	Екова Electric (Чехія)	Volvo (Швеція)
Габаритні розміри, мм:				
- довжина	10300	12000	11980	12000
- ширина		2550		
Колісна база, м	6840	5900	5940	6000
Споряджена маса, $M_{сн}$, кг	11400	13560	11880	12540
Повна маса, кг	16840-18000	19000	18000	19000
Площа проекції кузова, S_k , m^2	26,265	30,600	30,549	30,600
Пасажировмістимість, чол.:				
- повна	80/ 84/ 91/ 97	80	90	95
- місць для сидіння	21/ 18/ 14/ 11	36	30/ 28	32
- стоячих пасажирів	59/ 68/ 77/ 86	44	60/ 62	63
Формула пасажирських дверей	0 -2+2- 0	1-2-2	2-2-2	2-2-0
Коефіцієнт колісної бази	0,664	0,492	0,496	0,500
Аналіз конструктивної ефективності:				
- по відношенню до спорядженої маси, $E_{кМ}$	7,018/ 7,368 7,982/ 8,509	5,90	7,512	7,570
- по відношенню до площі кузова, $E_{кS}$	3,046/ 3,198 3,465/ 3,693	2,614	2,945	3,104



1-4 – електробуси проекту АПП-Ех01 вмістимістю 80/ 84/ 91/ 97 чол.; 5 – електробус моделі Е19; 6 – електробус моделі "Екова"; 7 – електробус моделі "Volvo 7900 Е"

Рис. 6. Коефіцієнт ефективності електробусів за спорядженою масою

Як видно із аналізу коефіцієнтів конструктивної ефективності за спорядженою масою найкращі показники належать електробусам проекту АПП-Ех01 при загальній вмістимості 91 і 97 чол. і сумарній потужності НEE рівній

електробусу моделі "Екова", відносно якого визначена споряджена маса електробусів модельного ряду АПП-Ех01. Дуже низький коефіцієнт $E_{кМ}$ електробуса моделі Е19 СП "Електронтранс" отриманий за рахунок великої маси НEE (біля 3000 кг).



1-4 – електробуси проекту АПП-Ех01 вмістимістю 80/ 84/ 91/ 97 чол.; 5 – електробус моделі Е19; 6 – електробус моделі "Екова"; 7 – електробус моделі "Volvo 7900 Е"

Рис. 7. Коефіцієнт ефективності електробусів за площею проекції кузова

За коефіцієнтом конструктивної ефективності електробусів за площею горизонтальної проекції їх кузовів беззаперечно перевагу мають електробуси проекту АПП-Ех01. Лише при вмістимості 80 чол. цей показник дещо гірший за $E_{кС}$ електробуса моделі "Volvo 7900 E".

Висновки

1. Запропоновані шляхи створення перспективних міських конкурентоспроможних електробусів забезпечують значне покращення їх експлуатаційних характеристик. Пасажиромістимість електробуса проекту АПП-Ех01 співставима з пасажиромістимістю електробусів з габаритною довжиною 12,0 м при коротшому кузові на 1,7 м. Маса цієї частини кузова у межах, щонайменше, 425-595 кг відповідно до [5] може бути використана для збільшення потужності замінного блоку АКБ. Потужність блоку тягових АКБ у електробуса запропонованого проекту може бути збільшена також і на різницю мас електромеханічного привідного моста фірми "ZF Friedrichshafen AG" моделі AVE 130 (1220 кг без здвоєних коліс 275/70 R22.5") та моделі IDS TJ 105-225 HR фірми "Brist Axle Systems Srl." (650 кг без одинарних коліс 385/55 R22.5"), яка складає 570 кг.

2. При однаковій повній масі електробусів у 18000 кг маса тягових АКБ у електробуса запропонованого проекту може бути на 995-1165 кг (на 5,5-6,5 %) більшою, або ж навпаки, при однаковій пасажиромістимості у 95 чол. повна маса електробуса проекту АПП-Ех01 може бути меншою на ті ж величини і складати 17005-16835 кг при однаковій потужності тягових АКБ. Зрозуміло, що економічність експлуатації запропонованого перспективного електробуса у кожному із розглянутих варіантів буде суттєво кращою.

3. Перспективними шляхами створення конструкцій електробусів з кращими економічними показниками являються:

- зменшення спорядженої маси електробусів (і, відповідно, повної маси) за рахунок оптимізації довжини їх кузовів при заданій загальній пасажиромістимості;

- зменшення спорядженої маси електробусів за рахунок застосування ПрМ з незалежною підвіскою коліс або ПрМ типу "Де-Діон" з одинарними колесами і двох ТЕД.

4. Що стосується типу НЕЕ і систем їх заряджання/ підзаряджання то з умов досяг-

нення високих показників коефіцієнтів конструктивної ефективності за собівартістю виробництва електробусів та за витратами на створення інфраструктури зарядних станцій майбутнє належить електробусам із замінними блоками тягових АКБ, які можуть бути розміщені:

- у задній частині кузовів електробусів;
- у одномостовому або двомостовому причепах.

5. Альтернативним шляхом створення перспективних електробусів являється хіба що застосування системи заряджання/ підзаряджання тягових АКБ на кінцевих зупинках. Проте, він вимагає будівництва зарядних станцій великої потужності на кожній кінцевій зупинці кожного маршруту, дотримання чіткого узгодженого графіку руху електробусів тощо. Заміна блоків тягових АКБ у залежності від протяжності маршрутів має відбуватися два-три рази на одній спеціально облаштованій кінцевій зупинці кількох різних маршрутів. Заряджання розряджених блоків тягових АКБ може здійснюватися лише у нічний час за льготним тарифом.

6. Використання дводрової контактної тролейбусної мережі для підзаряджання НЕЕ електробусів видається малоперспективним напрямком, оскільки потребує узгодження їх маршрутів з маршрутами тролейбусів і постійного під'єднання - від'єднання від цієї мережі. Цей шлях може застосовуватися лише для створення тролейбусних маршрутів на основі існуючої дводрової контактної електричної мережі з відносно невеликими ділянками маршрутів без такої мережі.

7. Розвиток електробусів, обладнаних замінними блоками тягових АКБ, являється перспективним і для приміських і, особливо, для міжміських перевезень пасажирів. Єдиною відмінністю системи таких перевезень пасажирів буде застосування мережі зарядних станцій для заміни і наступного заряджання блоків тягових АКБ, аналогічних станціям заправки автобусів рідинним або газовим паливом.

Література

1. ДСТУ UN/ECE R 107-01:2008. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження транспортних засобів категорій М2 та М3 стосовно їхньої загальної конструкції (Правила ЄЕК ООН 107-01:2004, ІДТ). Київ, 2009. 202 с.
2. Войтків С.В., Войтків О.С. Нова система позначення автобусів і тролейбусів. *Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів*: Зб. наук.

- праць. Львів, 2006. Вип. 9. С. 23-27.
3. Электромобили за рубежом. *Автомобильная промышленность*. М.: Машиностроение, 1979, № 5. С. 31-33.
 4. Заявка у 2018 09606 Україна, МПК (2018.01) B62D 47/02. Електробус із замінним блоком акумуляторних батарей / С.В. Войтків (Україна); заявник та патентовласник Войтків С.В. № у 2018 09606; заяв. 24.09.2018 р.
 5. Council directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1996L0053:20020309:EN:PDF> (дата звернення 10.12.2018).
 6. ZEV CDL6100UWBEV Electric city bus. URL: <http://auto-che.com/v/cdl/cdl6100uwbev-288-zev.html> (дата звернення 07.12.2018).
 7. Заправляйте автобусы водородом! URL: <https://st-kt.ru/news/zapravlyajte-elektrobusy-vodorodom> (дата звернення 07.12.2018).
 8. Войтків С.В. Розрахунок параметрів мас автобусів на стадії ескізного проектування. *Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні: тези доп. III-ї всеукраїнської наук.-практ. конф. (Львів, 22-23 лютого 2018)*. Львів, 2018. С. 49-51.
 9. Пат. КМ 115426 України. Тяговий привід електробуса. Опубл. 10.04.2017.
 10. Хрипач Н.А. и др. Анализ эффективности энергопотребления безрельсового транспорта на базе тягового электропривода. *Современные проблемы науки и образования*. 2014, № 6.
 11. Корольков С. Электробус – технические особенности вариантов исполнения. URL: http://www.mosgortrans.ru/fileadmin/projects/electrobus/HTC_08.09.2017/Electrotransservice.pdf. (дата звернення 05.12.2018).
 4. Заявка у 2018 09606 Украйна. Elektrobus iz zaminny`m blokom akumulyatorny`x batarej [Electric battery with replaceable battery pack]. 24.09.2018 [in Ukrainian].
 5. Council directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. Retrived from:: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1996L0053:20020309:EN:PDF> (accessed 10.12.2018).
 6. ZEV CDL6100UWBEV Electric city bus. Retrived from: <http://auto-che.com/v/cdl/cdl6100uwbev-288-zev.html> (accessed 07.12.2018).
 7. Заправляйте автобусы водородом! [Zapravlyajte avtobusy vodorodom!] Retrived from: <https://st-kt.ru/news/zapravlyajte-elektrobusy-vodorodom> (accessed 07.12.2018).
 8. Vojtkiv S.V. Rozraxunok parametriv mas avtobusiv na stadiyi eskiznogo proektuvannya. Avtobusobuduvannya ta pasazhy`rs`ki perevezennya v Ukraini [Calculation of mass bus parameters at the stage of sketch design]: *tezy` dop. III-yi vseukrayins`koyi nauk.-prakt. konf. (Lviv, 22-23 February* [in Ukrainian].
 9. Pat. 115426 Ukrainy`. Tyagovy`j pry`vid elektrobusa. [Trailer drive of an electric bus]. Opubl. 10.04.2017. [in Ukrainian].
 10. Хры`пач Н.А. у` др. Analy`z efekty`vnosty` energopotrebleny`ya bezrel`sovogo transporta na baze tyagovogo elektropy`voda [Analysis of the energy efficiency of road transport on the basis of a traction electric drive]. *Sovremennyye problemy nauky` y` obrazovany`ya*. 2014, № 6 [in Russian].
 11. Korol'kov S. Ëlektrobus – tehničeskie osobennosti variantov ispolneniâ. [Electrobus - technical features of performance variants] Retrived from: http://www.mosgortrans.ru/fileadmin/projects/electrobus/HTC_08.09.2017/Electrotransservice.pdf. (accessed 05.12.2018).

References

1. DSTU UN/ECE R 107-01:2008. Yedy`ni technichni pry`py`sy` shhodo oficijnogo zatverdzhennya transportny`x zasobiv kategorij M2 ta M3 stosovno yixn`oyi zagal`noyi konstrukciyi [Uniform technical prescriptions concerning the approval of vehicles of categories M2 and M3 with regard to their general design.] (Pravy`la YeEK OON 107-01:2004, IDT). Ky`yiv [in Ukrainian].
2. Vojtkiv S.V., Vojtkiv O.S. Nova sy`stema poznachennya avtobusiv i trolejbusiv [A new system for designating buses and trolleybuses]. *Proektuvannya, vy`robny`ctvo ta ekspluataciya avto-transportny`x zasobiv i poyizdiv: Zb. nauk. pracz`.* (L`viv, 2006. Vy`p. 9) [in Ukrainian].
3. Электромобиль за рубежом [Electric cars abroad]. *Avtomoby`lnaya promyshlennost`*. Moskva, 1979, № 5. С. 31-33. [in Russian].

Войтків Станіслав Володимирович¹, к.т.н., генеральний конструктор, Заслужений машинобудівник України, тел. +38 067-447-04-90, +38 099-345-04-51, vojtkivsv@ukr.net,
¹Науково-технічний центр "Автополіпром", 79022, Україна, м. Львів, вул. Городоцька, 174.

Ways of improving economic indicators of high-potential city electric buses

Abstract. Problem. *The rapid development of electro bus building during the last decade has been in progress in a number of ways. However, low-floor city electric buses that fall under Class I of UNECE Regulation No. 107 and a large class on the overall length of the subclasses BK1-1 and BK1-2, more than 10.0 m to 11.0 m and more than 11, 0 m to 12.0 m, are created, for the most part, according to one layout based*

on the classical wheel formula 4x2.2. This option for building the city electric buses involves the simple replacement of motorized drive axle of the portal type of base buses to electromechanical or electrical axle of the same type with similar dimensional parameters and allowable loads. In the design of the bus bodies of basic busses only the changes connected with the placement of electric power sources - accumulator batteries or ionizers (super-capacitors) and component parts of the electric traction drive system on their roofs are introduced. **Goal.** The improving economic indicators of high-potential city electric buses. **Methodology.** It is shown that high-potential ways of constructing electric buses with the best economic indicators are: - Reduction of the unladen weight of electric buses (and, accordingly, of the total weight) through the optimization of the length of their bus bodies with a given total passenger space;- Reduction of the unladen weight of electric buses through the use of drive axle with independent wheel suspension or "De-Dion" type with single wheels and two traction electric engines. The described ways of creating high-potential urban competitive electric buses provide a significant improvement in their performance characteristics. **Results.** The competitiveness analysis of proposed projects of high-potential city electric buses is provided. **Practical value.** It is concluded that upon conditions of achieving the high indicators of constructive efficiency at the cost of production of electric buses and on providing the finding for the creation of the infrastructure of charging stations, the future belongs to the electric buses with replacement of traction battery packs, which can be located in the rear part of the bus bodies of electric buses or in one- axle or two-axle trailer.

Key words: electric bus, electric motor drive, drive axle, traction electric engine, layout diagram

Voytkiv Stanislav¹, Cand. of Science, General Designer, The Deserved Machine Engineer Engineer of Ukraine, tel. +38 067-447-04-90, +38 099-345-04-51, e-mail: voytkivsv@ukr.net

¹Scientific and Technical Center "Avtopoliprom", 79022, Ukraine, Lviv, Gorodotskaya str., 174.

Пути улучшения экономических показателей перспективных городских электробусов

Аннотация. Проанализированы пути создания современных городских электробусов, отмечены их недостатки. Предложены пути создания конкурентоспособных городских электробусов на основании использования новых компоновочных схем их электрических тяговых приводов и компоновочных схем кузовов по размещению управляемого и ведущего мостов и пассажирских дверей. Приведен анализ конкурентоспособности проектов перспективных городских электробусов. Сделаны выводы о перспективных путях их создания.

Ключевые слова: электробус, электрический привод, приводной мост, тяговый электродвигатель, компоновочная схема.

Войтків Станіслав Володимирович¹, к.т.н., генеральний конструктор, Заслужений машинобудівник України, тел. +38 067-447-04-90, +38 099-345-04-51, voytkivsv@ukr.net,

¹Научно-технічний центр "Автополіпром", 79022, Україна, г. Львів, ул. Городоцька, 174.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ СУЧАСНОГО ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Ходак С. С.¹, Серікова І. О.¹

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** Проведений аналіз існуючих методів, що дозволяють істотно підвищити ефективність використання тягового двигуна електромобіля. Проаналізовані можливі методи визначення положення ротору в момент пуску двигуна. Обґрунтоване застосування векторного керування енергетичними параметрами тягового двигуна електромобіля. Проаналізована робота системи визначення параметрів двигуна.*

***Ключові слова:** векторне керування; частотний перетворювач; електродвигун; динамічні удари навантаження; скалярний метод; зворотній зв'язок; магнітне поле.*

Вступ

Однією з основних вимог до транспорту на електричній тязі є найбільш ефективне використання енергії, що запасена в тяговій акумуляторній батареї. Від кількості використання енергії з батарей, залежить відстань, яку пройде транспортний засіб на одній зарядці. Нарощувати ємність батарей недоцільно, тому що, це призводить до суттєвого подорожчання електротранспорту [1, 2].

Основною задачею є перетворення електричної енергії з постійного струму акумуляторної батареї (АКБ) в трифазну систему живлення електродвигуна, яка покладена на частотний перетворювач.

Аналіз публікацій

Існують різні методи частотного керування, що дозволяють розв'язати різні завдання при регулюванні швидкості та зміні моменту електродвигуна електромобіля, серед яких два основних методи – векторний і скалярний. Кожний з них має свої характерні риси, на яких слід зупинитися більш докладно.

Мета та постановка задачі

Використання частотного перетворювача спрямоване на розв'язок важливих завдань. Вони полягають у здійсненні керування моментом і швидкістю електродвигуна. Дані вимоги вказують на необхідність обмеження струму двигуна, а також момент припустимими значеннями. Це виконується в процесах пуску, гальмування, а також при змінах навантаження електромобіля.

Робити це потрібно для того, щоб мінімізу-

вати динамічні удари навантаження в механізмі перетворювача частоти. При цьому відзначаються переваги у роботі та необхідність в регулюванні моменту двигуна, що виконується безупинно. Також виконання таких дій потрібно, коли необхідно точно підтримати зусилля на робочому механізмі.

Перший метод керування – скалярний

Особливість скалярного керування полягає в його поширеності. Крім цього, частотні перетворювачі зі скалярним методом керування використовуються там, де важливо підтримувати певний технологічний параметр. Зміна амплітуди, а також частоти напруги живлення, виступає в якості основного принципу, на якому ґрунтується даний метод. При цьому використовується закон U/f . Найбільший діапазон для регулювання швидкості становить 1:10 [3].

Додаткові особливості скалярного методу полягають у властивій йому легкості при реалізації. Існує також і недолік, що полягає в тому, що немає можливості точно регулювати швидкість обертання валу електродвигуна. Ще одна особливість – на валу двигуна частотний перетворювач зі скалярним керуванням не дає можливості контролювати момент [4].

Другий метод - векторний

Другий метод, що використовується за допомогою частотних перетворювачів в керуванні електротяговим пристроєм електромобіля – це векторний метод керування синхронними й асинхронними двигунами, при якому формуються не тільки гармонійні струми (напруги) фаз, але й забезпечується керування магнітним потоком ротора, а саме, моментом

на валу електродвигуна. Векторне керування застосовується у випадку, коли в процесі експлуатації навантаження може мінятися на одній і тій же частоті, тобто немає чіткої залежності між моментом навантаження й швидкістю обертання, а також у випадках, коли необхідно одержати розширений діапазон регулювання частоти при номінальних моментах [5-12].

Системи векторного керування розділяються на два класи – це бездатчикові та зі зворотним зв'язком. Область застосування дозволяє визначити використання певного методу. Застосування бездатчикових систем можливе, коли швидкість обертів тягового двигуна електромобіля змінюється не більше чим 1:100, а точність підтримки швидкості становить не більше чим $\pm 0,5\%$. При аналогічних показниках, що становлять 1:1000 і $\pm 0,01\%$ відповідно прийнято використовувати системи зі зворотним зв'язком [13].

Перевагами векторного методу керування є швидкість реакції щодо зміни навантаження, а в області малих частот обертання двигуна характеризується плавністю, відсутністю ривків. Увага залучає забезпечення на валу за умови нульової швидкості номінального моменту, якщо є датчик швидкості. Регулювання швидкості виконується при досягненні високої точності. Усі ці переваги стають

важливими на практиці використання електромобілів [14].

Відмінності за об'єктом контролю

Якщо в скалярних перетворювачах частоти об'єктом контролю й керування є тільки магнітне поле статора, то у векторних моделях об'єктом контролю й керування є й магнітне поле статора і ротора, а точніше - їхня взаємодія з метою оптимізації моменту обертання на різних швидкостях. Що стосується методів контролю й керування, то коли застосовується скалярний метод керування - використовується вихідна частота й струм частотного перетворювача, а у випадку з векторним керуванням - вихідна частота, струм і його фаза.

Векторні моделі точніше в роботі, але при цьому потрібна наявність більш точних вимірів [15-18].

Вибір перетворювача

Якщо необхідно вибрати частотний перетворювач, у першу чергу, необхідно дивитися на область застосування привода електромобіля, і, виходячи з умов його експлуатації, визначитися з вибором методу керування в частотному перетворювачі тягового електроприводу (рис. 1).

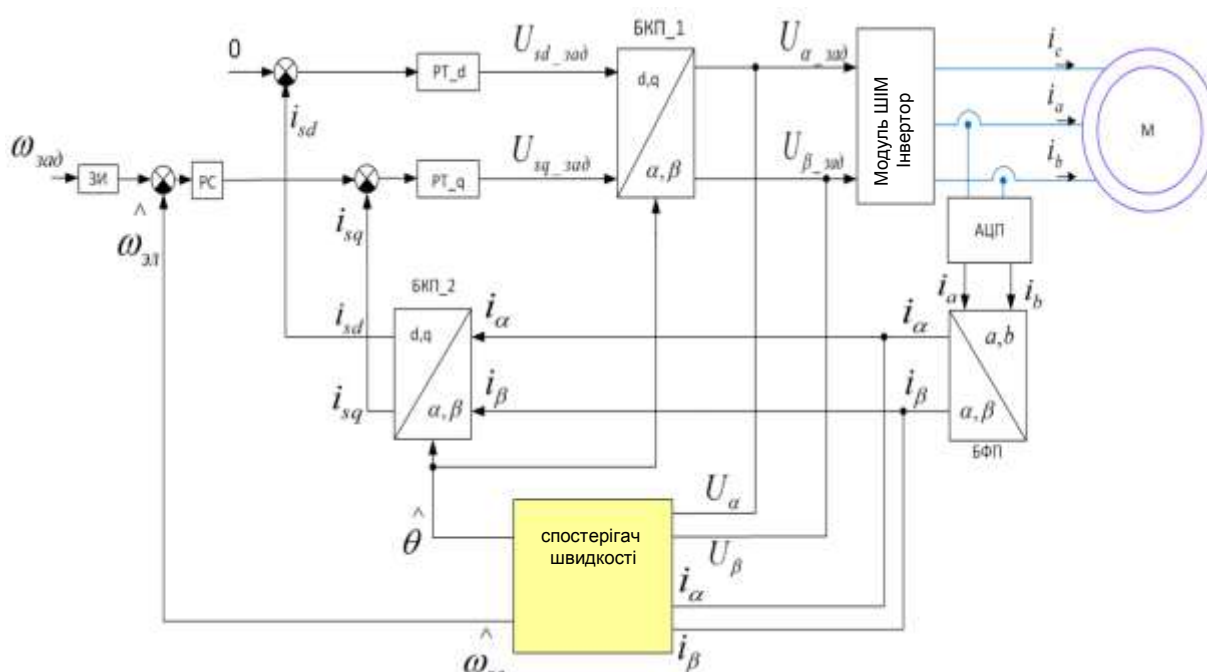


Рис. 1. Регулювач по швидкості

Непрямі вимірники положення

Ці спостерігачі застосовуються в бездатчи-

кових приводах. Для виміру положення ротора вони використовують магнітну неоднорідність властивостей двигуна. Наприклад,

несиметричність обмоток або неоднорідність магнітної проникності.

Останнім часом поширюється використання спостерігачів, які використовують метод високочастотної інжекції. Метод зводиться до генерації силовим інвертором високочастотного тестуючого сигналу й пошуку по реакції на цей сигнал реального положення ротора. Швидкість ротора при цьому оцінюється як диференціал положення.

Класифікація спостерігачів

На рисунку 2 показана спрощена класифікація спостерігачів стану.

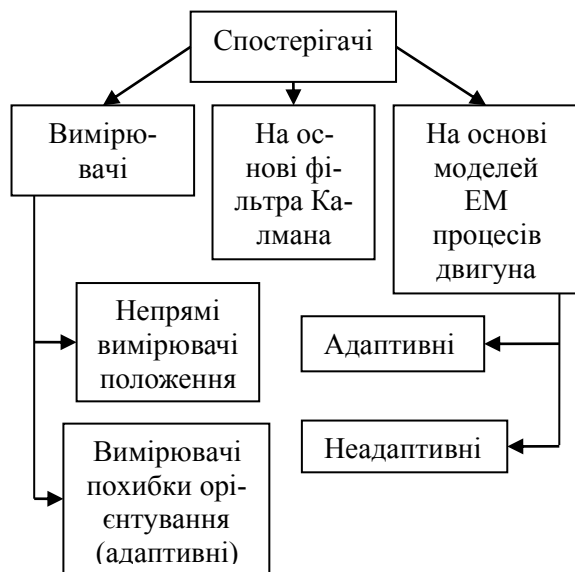


Рис. 2. Класифікація спостерігачів

З одного боку, векторний метод керування синхронними й асинхронними двигунами досить складний і характеризується додатковими втратами й підвищеним рівнем шуму. З іншого боку, його точність сильно залежить від властивостей конкретного двигуна. Застосування цього методу необхідно розглядати індивідуально.

Вимірники помилки орієнтування

Ці спостерігачі застосовуються в бездатчикових приводах. Вони визначають положення обертової системи координат, використовуючи внутрішні сигнали системи керування, які залежать від помилки її орієнтування. Їх можна назвати адаптивними, тому що вони зводять помилку орієнтування до нуля. За положенням обертової системи координат оцінюється швидкість ротора.

Неадаптивні спостерігачі на основі моделей двигуна

Ці спостерігачі застосовуються в асинхронних приводах з датчиками швидкості або положення. Користуючись формулами моделі електромагнітних процесів двигуна, вони по відомих величинах обчислюють оцінки необхідних для регулювання невідомих величин.

Адаптивні спостерігачі на основі моделі двигуна

Дані спостерігачі можуть застосовуватися як у датчикових, так і в бездатчикових приводах. В їх основу закладені моделі електромагнітних процесів, що відбуваються в двигуні. Ці спостерігачі будуються як слідкуючі системи й, крім моделі, містять регулятор, що адаптує модель до реальних процесів, які відбуваються у двигуні або приводі. У закордонній літературі вони називаються MRAS – спостерігачами (Motor Referanse Adaptive System), або по-російському - «наблюдатели с эталонной моделью». У даній публікації розглянуто кілька таких систем.

Спостерігачі на основі фільтра Калмана

Спостерігачі на основі фільтра Калмана застосовуються в бездатчикових приводах. Цей спостерігач являє собою цифровий фільтр, алгоритміка якого будується з урахуванням законів математичної статистики. Він дозволяє відновлювати невідомий параметр, мінімізуючи при цьому вплив перешкод виміру відомих величин.

Спостерігачі на основі фільтра Калмана характеризуються складністю обчислювального алгоритму й теоретично повинні дозволяти одержувати високу точність спостереження. Реальна ж точність цього спостерігача залежить від точності відомих параметрів двигуна й привода. На практиці ці параметри точно невідомі й можуть змінюватися в процесі роботи. Це обмежує точність і область використання, здавалося б, ідеального спостерігача.

Неадаптивний спостерігач

Неадаптивний спостерігач потоку дозволяє при знанні кута, струмів і параметрів схеми заміщення двигуна визначити амплітуду й кут вектора потоку ротора. Опір ротора, необхідний для розрахунків у цих моделях, у процесі роботи двигуна може досить сильно змінюватися залежно від температури, що суттєво впливає на точність обчислення потоку ротора [19].

Точність оцінки потоку можливо підвищити за допомогою адаптивного спостерігача опору ротора. Для оцінки опору ротора пропонується використання структури спостерігача, яка використовувалася для оцінки швидкості. Якщо швидкість відома, то адаптацію моделі в даному спостерігачі можна виконувати за іншим невідомим параметром, наприклад, за опором ротору [20].

Висновки

Використання векторного керування в частотних перетворювачах тягового електроприводу дозволяє суттєво підвищити ефективність використання енергії батареї електромобілю, що дає можливість подовжити пробіг на одному заряді.

Розглянуті принципи побудови модулів перетворювачів для живлення обмоток електродвигуна електромобілю.

Розглянуті варіанти векторного керування та види спостерігачів.

Проаналізовані способи, що дозволяють визначити положення ротору.

З'ясовано, що датчики положення ротору мають залежність від зовнішніх факторів та температури.

Література

- Щетина В. А., Морговский Ю. Я. Центр Б. И., Богомазов В. А., Электромобиль: техника и экономика. Ленинград, 1987. 253 с.
- Кенио Т., Нагамори С. Двигатели постоянного тока с постоянными магнитами. Москва, 1989. 184 с.
- Новиков Г. В. Частотное управление асинхронными электродвигателями. Москва, 2016. 498 с.
- Кочетков В.П., Бражников А.В., Дубровский Л.Л. Теория электропривода. Красноярск, 1991. 140 с.
- Бражников А.В. Підвищення рівномірності обертання ротора парно-фазного частотно-керуваного електродвигуна. *Збірник наукових праць "Підвищення ефективності роботи гірського встаткування при освоєнні родовищ корисних копалин"*. Красноярськ, 1995. Видавництво ГАЦМиЗ. 39-56 с.
- Функціональні можливості перетворювача частоти. Харків, 2018. URL: <https://owen.ua/ua/pryvodka-tehnika/funkcionalni-mozhlyvosti-pchv> (дата звернення: 13.12.2018).
- Обґрунтування і вибір перетворювача частоти і додаткового устаткування, 2016. URL: <http://um.co.ua/1/1-3/1-31432.html> (дата звернення: 13.12.2018).
- Вибір перетворювача частоти для частотного електроприводу, 2018. URL: <http://ni.biz.ua/13-3/10506.html> (дата звернення: 13.12.2018).
- Частотний перетворювач, вибір, векторні та скалярні перетворювачі частоти. 2010. URL: <http://megasite.in.ua/48703-chastotnij-peretvoryuvach-vibir-vektorni-ta-skalyarni-peretvoryuvachi-chastoti.html> (дата звернення: 13.12.2018).
- Типи управління двигунами (скалярний). 2016. URL: <http://jak.magey.com.ua/articles/tipi-upravlinnja-dvigunami-skaljarnij.html> (дата звернення: 13.12.2018).
- Вибір частотних перетворювачів для Ефективного управління електроприводом. 2010. URL: <http://ukrarticles.pp.ua/prom/5539-vybor-chastotnogo-preobrazovatelya-dlya-yeffektivnogo-upravleniya-yelektroprivodom.html> (дата звернення: 13.12.2018).
- Як вибрати перетворювач частоти (частотний привід) відео. 2016. URL: <http://jak.bono.odessa.ua/articles/jak-vibrati-peretvorjuvach-chastoti-chastotnij.php> (дата звернення: 13.12.2018).
- Murray A. Sensorless Motor Control Simplifies Washer Drives. *Power Electronics Technology*. 2006. 14-21 p.
- Векторний і скалярний управління асинхронним двигуном (відео), 2016. URL: <http://dovidkam.com/remont/elektrika/vektornij-i-skalyarnij-upravlinnya-asinxronnim-dvigunom-video.html> (дата звернення: 13.12.2018).
- Конденсаторні електродвигуни. Асинхронні конденсаторні двигуни. 2018. URL: <https://electricj.ru/uk/condenser-electric-motors-asynchronous-condenser-motors/> (дата звернення: 13.12.2018).
- Однофазний конденсаторний двигун. конденсаторний двигун. 2018. URL: <https://zgbox.ru/uk/singlephase-capacitor-motor-condenser-motor/> (дата звернення: 13.12.2018).
- Конденсаторний двигун. Конденсаторні двигуни - пристрій, принцип дії, застосування. 2018. URL: <https://electrician-i.ru/uk/motors/condenser-motor-condenser-motors-device-principle-of-operation-application/> (дата звернення: 13.12.2018).
- Конденсаторний двигун принцип роботи. Асинхронні конденсаторні двигуни. 2018. URL: <https://electricaire.ru/condenser-motor-principle-of-operation-asynchronous-condenser-motors.html> (дата звернення: 13.12.2018).
- Напряга і потужності асинхронного двигуна. Пусковий струм електродвигуна. Режими, в яких працюють електродвигуни. 2018. URL: <https://electrician.ru/voltage-and-power-of-the-induction-motor-starting-current-of-the-motor/> (дата звернення: 13.12.2018).
- Швидкість передачі інформації і смуга пропускання лінії зв'язку. 2016. URL: <http://um.co.ua/8/8-2/8-23094.html> (дата звернення: 13.12.2018).

References

1. Shchetyna V. A., Morhovskyy YU. YA. Tsenter B. Y., Bohomazov V. A., Élektromobil': tekhnika y ékonomyka. Lenynhrad, [Shchetyna VA, Morgovskyy Yu. Ya. Center B.I., Bogomazov VA, Electromobile: technology and economics. Leningrad] 1987. 253 [in Russian].
2. Kenyo T., Nahamory S. Dvyhately posto-yannoho toka s postoyannymy mahnytamy. [DC motors with permanent magnets] Moskva, 1989. 184 [in Russian].
3. Novykov H. V. Chastotnoe upravlenye asynkhronnykh élektrodvyhatelnykh mashyn. [Frequency control of asynchronous electric motors] Moskva, 2016. 498 [in Russian].
4. Kochetkov V.P., Brazhnykov A.V., Dubrovskyy I.L. Teoriya élektropryvoda. [Теория электропривода] Krasnoyarsk, 1991. 140 [in Russian].
5. Brazhnykov A.V. Pidvyshchennya rivnomirnosti obertannya rotora parno -faznogo chastotno-kerovanoho elektrodvyhuna. Zbirnyk naukovykh prats' "Pidvyshchennya efektyvnosti roboty hirs'koho vstatkuvannya pry osvoyenni rodovyshch korysnykh kopalyn" [Increase in the rotation evenness of the rotor of a pair-phase frequency controlled electric motor. Collection of scientific works "Increasing the efficiency of the mountain equipment during mining of mineral deposits"]. Krasnoyars'k, 1995. Vydavnytstvo HATSMYz. 39-56 [in Ukrainian].
6. Funktsional'ni mozhlyvosti peretvoryuvacha chastoty. [Functional capabilities of the frequency converter] Kharkiv, 2018. Retrived from: URL: <https://owen.ua/ua/pryvidna-tehnika/funkcionalni-mozhlyvosti-pchv> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].
7. Obgruntuvannya i vybir peretvoryuvacha chastoty i dodatkovoho ustatkuvannya, [Justification and choice of frequency converter and additional equipment] 2016. Retrived from: URL: <http://um.co.ua/1/1-3/1-31432.html> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].
8. Vybir peretvoryuvacha chastoty dlya chastotnoho elektropyvodu, [Choosing a frequency converter for a frequency electric drive] 2018. Retrived from: URL: <http://ni.biz.ua/13-3/10506.html> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].
9. Chastotnyy peretvoryuvach, vybir, vek-torni ta skalyarni peretvoryuvachi chastoty. [Frequency converter, selection, vector and scalar frequency converters] 2010. Retrived from: URL: <http://megasite.in.ua/48703-chastotnijj-peretvoryuvach-vibir-vektorni-ta-skalyarni-peretvoryuvachi-chastoti.html> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].
10. Typy upravlinnya dvyhunamy [Types of engine management] (skalyar-nyy. 2016. Retrived from: URL: <http://jak.magey.com.ua/articles/tipi-upravlinnja-dvigunami-skaljarnij.html> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].
11. Vybir chastotnykh peretvoryuvachiv dlya Efektivnoho upravlinnya elektropyvodom. [Selection of frequency converters for Effective control of the electric drive] 2010. Retrived from: URL: <http://ukrarticles.pp.ua/prom/5539-vybor-chastotnogo-preobrazovatelya-dlya-yeffektivnogo-upravleniya-yelektropryvodom.html> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].
12. Yak vybraty peretvoryuvach chastoty (chastotnyy pryvid) video [How to choose a frequency converter (frequency drive) video]. 2016. Retrived from: URL: <http://jak.bono.odessa.ua/articles/jak-vibrati-peretvorjuvach-chastoti-chastotnij.php> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].
13. Murray A. Sensorless Motor Control Simplifies Washer Drives. Power Electronics Technology. 2006. 14-21 p.
14. Vektorny i skalyarnyy upravlinnya asynkhronnym dvyhunom (video), [Vector and scalar control asynchronous engine] 2016. Retrived from: <http://dovidkam.com/remont/el-ekrika/vektornij-i-skalyarnij-upravlinnya-asinxronnim-dvigunom-video.html> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].
15. Kondensatorni elektrodvyhuny. Asynkhronni kondensatorni dvyhuny. [Condenser motors. Asynchronous condenser motors] 2018. Retrived from: URL: <https://electricj.ru/uk/condenser-electric-motors-asynchronous-condenser-motors/> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].
16. Odnofaznyy kondensatornyy dvyhun. kondensatornyy dvyhun. [Single-phase condenser motor. condenser engine] 2018. Retrived from: URL: <https://zgbox.ru/uk/singlephase-capacitor-motor-condenser-motor/> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].
17. Kondensatornyy dvyhun. Kondensatorni dvyhuny - prystryi, pryntsyyp diy, zastosuvannya. [Condenser motor. Condenser motors - device, principle of operation, application] 2018. Retrived from: URL: <https://electrician-i.ru/uk/motors/condenser-motor-condenser-motors-device-principle-of-operation-application/> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].
18. Kondensatornyy dvyhun pryntsyyp roboty. Asynkhronni kondensatorni dvyhuny. [Condenser Engine is the principle of operation. Asynchronous condenser motors] 2018. Retrived from: URL: <https://electricaire.ru/condenser-motor-principle-of-operation-asynchronous-condenser-motors.html> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].
19. Napruha i potuzhnosti asynkhronnoho dvyhuna. Puskovy strum elektrodvyhuna. Rezhymy, v yakykh pratsuyut' elektrodvyhuny. [Voltage and power of the asynchronous motor. Starting current of the electric motor. The modes in which the electric motors operate] 2018. URL: <https://electrician.ru/voltage-and-power-of-the-induction-motor-starting-current-of-the-motor/> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].

20. Shvydkist' peredachi informatsiyi i smuha propuskannya liniyi zv'yazku. [The speed of the transfer of information and the bandwidth of the transmission line] 2016. URL: <http://um.co.ua/8/8-2/8-23094.html> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].

Ходак Сергій Сергійович¹, студент, +380934516875, sergey.hodak3@gmail.com,

Серікова Ірина Олексіївна¹, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, +380671085237, irinaserikova_ae_khadi@ukr.net

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Ways to improve the efficiency of electric control of modern electromobile

Abstract. Problem. The most important factors here are environmental and economic ones. For large cities these two factors are closely connected and form the requirements for modern vehicles. **Goal.** They consist in realizing the control of the torque and speed of the electric motor. These requirements indicate the need to limit the current of the engine, as well as the moment of admissible values. At the same time there is an overload in the work and the need for constant regulation of the torque of the engine. It is also necessary to carry out such measures when it is necessary to accurately support the efforts on the working mechanism. **Methodology.** When performing the work, an analytical method was used. **Results.** The use of vector control in the frequency converters of the traction electric drive allows to significantly improve the efficiency of using the battery of the electric vehicle, which makes it possible to extend the mileage on one charge. The principles of building modules of converters for power supply of windings of an electric motor to an electric vehicle are considered. The options of vector control and types of observers are considered. The methods of determining the position of the rotor are analyzed. It was found that the position sensors of the rotor depend on external factors and temperature. **Originality.** Highlights the most important components of the drive and their requirements. The efficiency of using the vector

control method of the traction motor is shown. **Practical value.** The importance of precision control of the traction motor on the efficiency of the electric drive system in general is shown. One of the most critical elements of the motor control system are rotor position sensors and current sensors in the phases of the windings.

Key words: vector control; frequency converter; electric motor; dynamical shock load; scalar method; sound links; magnetic field; magnetic non-uniform.

Khodak Sergey Sergeevich¹, student, +380934516875, sergey.hodak3@gmail.com,

Sierikova Irina Alekseevna¹, Ph.D., associate professor. Automobile electronics, +3806 71085237, irinaserikova_ae_khadi@ukr.net.

¹Harkov National Automobile and Road University, 61002, Ukraine, Kharkov, str. Yaroslav Mudruy, 25.

Пути повышения эффективности управления электроприводом современного электромобиля

Аннотация. Проведен анализ существующих методов, позволяющих существенно повысить эффективность использования тягового двигателя электромобиля. Проанализированы возможные методы определения положения ротора в момент пуска двигателя. Обосновано применение векторного управления энергетическими параметрами тягового двигателя электромобиля. Проанализирована работа системы определения параметров двигателя.

Ключевые слова: векторное управление; частотный преобразователь; электродвигатель; динамические ударные нагрузки; скалярное метод; обратная связь; магнитное поле.

Ходак Сергей Сергеевич¹, студент, +380934516875, sergey.hodak3@gmail.com,

Серикова Ирина Алексеевна¹, к.т.н., доц. каф. автомобильной электроники, +380671085237, irinaserikova_ae_khadi@ukr.net

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

ГЕЛИОМОБИЛИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Никонов О. Я.¹, Костикова М. В.¹, Скрипина И. В.¹, Усмонов Э. Р.¹
¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Автомобиль, воплотивший мечту человека о свободе передвижения, должен быть экологически чистым. В этом ракурсе в данной статье представлен исторический обзор создания гелиомобилей, описано его устройство, рассмотрены перспективы развития солнцемобилей. Приведены преимущества и указаны недостатки этих транспортных средств. **Ключевые слова:** гелиомобиль; электромобиль; фотоэлементы; фотоэлектрический эффект; солнечная батарея.

Введение

Без автомобилей немислима жизнь в современном мире [1]. Мы настолько привыкли к комфорту от их использования в плане доступности перемещений в любую, нужную для нас, точку на суше, что это стало для нас полной обыденностью. Но далеко не каждый задумывается о том, как таким образом мы рушим окружающий мир, неблагодарно используя то, что дала нам природа. К сожалению, раньше тенденции развития автомобилестроения крайне отличались от современных. Никого так не волновала экология, как сейчас. В наше время, когда идёт ускоренное развитие науки и техники, человечество стоит перед дилеммой: развитое производство или живая природа. Тем или иным способом, но деятельность человека наносит вред экосистеме. В связи с быстрым развитием автомобильного транспорта в последние десятилетия существенно обострились проблемы влияния его на окружающую среду. Мощным источником загрязнения природной среды является транспортно-дорожный комплекс. Автомобили сжигают колоссальное количество нефтепродуктов, нанося вместе с тем ощутимый вред окружающей среде, в основном атмосфере. Количество автотранспорта с каждым годом растёт, а, значит, и растёт содержание в атмосферном воздухе вредных веществ. Непрерывный рост количества автомобилей оказывает определённое отрицательное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. И научный потенциал всего мира направлен на разработку инновационных экологически чистых технологий. К новейшим изобретениям такого рода относится автомобиль на солнечных батареях, ко-

торый уже сегодня становится все более популярным в потребительской среде. Современные специалисты, работающие в энергетической отрасли, относят «солнцемобиль» к мерам ресурсосбережения.

Соперничество электрического и нефтяного транспорта вызвано, прежде всего, невозобновляемостью нефти, а также низкими экологическими показателями двигателей внутреннего сгорания. На сегодняшний день электричество можно получить из энергии воды, ветра, солнца и даже из тепла подземных источников. Собственно поэтому, несмотря на все свои несовершенства, электромобиль постепенно выходит на улицы современных населённых пунктов.

Анализ публикаций

Работающий на основе ископаемых видов топлива транспорт представляет две главные проблемы – локальное и глобальное загрязнение, сокращающиеся поставки и постоянно растущие расходы. Хорошим востребованным является постепенная замена существующего автомобильного парка на транспортные средства с низким уровнем выбросов. В статье [2] проведены исследования экономики и практической жизнеспособности использования солнечной электроэнергии для зарядки электрических транспортных средств путём установки экономичных доступных PV модулей, а также изучены предпочтения заказчиков и их мнения об альтернативных транспортных средствах с низким уровнем выбросов. Представлена современная оценка стоимости 1 кВт/ч выработанной солнечной электроэнергии для стран, имеющих в основном солнечный климат. Также было определено, что при покупке

транспортного средства со сниженным уровнем вредных выбросов наиболее важным фактором является его полная стоимость.

Что касается физики фотогальванических (PV) ячеек и дизайна PV-систем для реальных приложений, то здесь нельзя не отметить книгу [3], которая является бесценной ссылкой для исследователей, промышленных инженеров и дизайнеров, работающих в области производства солнечной энергии.

В источнике [4] анализируются перспективы развития гелиомобилей, актуальность вопросов их развития в ближайшем будущем, их возможности, а так же описываются современный «семейный» гелиомобиль – Stella.

Источник [5] в первую очередь рассказывает о прорыве гелиомобилей в скорости.

В материалах [6] рассматриваются типы созданных современных гелиомобилей в общем, а так же показаны гелиомобили созданные не только инженерами, но и молодыми учёными – студентами университета, работающие фактически, на сухом энтузиазме.

В статье [7] проводится анализ всех «за» и «против» такого типа транспорта.

В настоящее время электромобиль – не идеальное транспортное средство, т. к. имеет низкую энергоёмкость, высокую себестоимость и неэкологичность аккумуляторных батарей. Всё это является значительным сдерживающим фактором в развитии электротранспорта. Для массового электромобиля по ряду причин и топливные элементы пока не могут считаться эффективным источником тока. Для внедрения хотя бы пятнадцатипроцентной доли электрического транспорта в мировой автопром потребуются колоссальные затраты и трансформации в энергетических системах государств.

Но у современного электромобиля есть и сильная сторона – электродвигатель. Он обладает высоким КПД (85 – 95%) и превосходным крутящим моментом, доступным водителю уже на старте. Исследования показали, что достижение скорости 60 миль в час исключительно от солнца напрямую влияет на вес и аэродинамику солнечных гоночных автомобилей. Их конструкция в сочетании с эффективностью двигателя позволяет двигаться с мощностью фена. В то время как автомобили с бензиновыми двигателями направляют около 15 процентов энергии от сжигания топлива на фактическое перемещение автомобиля, солнечная энергия эффективно использует более 90%. [8]

Электродвигатель экологичен, если энергия получается из альтернативных источников; работает он бесшумно; он прост в конструкции, а, следовательно, является более надёжным, чем двигатель внутреннего сгорания.

Ещё одно достоинство электрической схемы двигателя состоит в природном и более простом создании полноприводной платформы. Тут не нужен дифференциал, ни блокировочная муфта, ни раздаточная коробка – попросту на каждое колесо устанавливаются компактные электромоторы, которыми руководит специальный блок управления.

Один из самых футуристических типов электромобилей – гелиомобиль. «Солнечная машина» поражает своими формами, дизайном. Внешний вид такого авто с первого взгляда, зачастую, обескураживает. Эта особенность гелиомобилей – вынужденная мера разработчиков.

Мнения относительно этих транспортных средств различны, но их сравнительно быстрый прогресс невозможно обойти вниманием. На сегодняшний день в устройстве солнцемобилей присутствуют изъяны, которые делают данный продукт невостребованным. Однако учёные всего мира стараются сделать его более практичным и комфортабельным. Для этого с целью выяснения, на что способны эти средства передвижения, в Австралии проводятся каждые два года ралли солнцемобилей. За гелиотранспортом стоит чистое будущее нашей планеты.

Постановка задачи

Сформировать чёткое понятие «гелиомобиль»; разобраться в его устройстве и соотнести все преимущества и недостатки данного изобретения; спрогнозировать перспективы развития и прогресса гелиомобилей в ближайшее время.

Результаты исследований

История гелиомобиля. Идея устанавливать на крыше автомобиля фотопанели пришла в голову людям уже очень давно. Исследователи не просто начали использовать солнечные батареи для получения электрической энергии и использования её для собственных нужд, но и разработали, а так же выпустили множество прототипов и моделей гелиомобилей, чей двигатель работает только благодаря энергии солнца.

Первым, кому в голову пришла идея использовать как источник питания типичного электромобиля солнечные батареи был Ханс Толstrup. В 1982 году он создал агрегат под названием «Тихий рекордсмен», который прославился тем, что его создатель на нём пересёк Австралию, развивая при этом скорость до 20 км/ч.

После Толструпа было ещё множество инженеров и конструкторов, которые разрабатывали, проектировали и собирали гелиомобили и соответственно появилось множество моделей гелиомобилей.

Итак, гелиомобиль – это самый молодой тип автомобилей, приводимый в движение электродвигателем, то есть по большому счёту электромобиль, который получает энергию от фотоэлементов (солнечных батарей) или же накопленную ими заранее в источнике питания.

В Австралии существует чемпионат World Solar Challenge [9]. В этих ралли могут участвовать только владельцы машин с солнечными батареями. Данный чемпионат осуществляется практически без поддержки государственного бюджета, в основном, за счёт добровольных усилий и средств отдельных граждан, предпринимателей и муниципалитетов. Гонки World Solar Challenge часто называют интеллектуальным соревнованием. Ведь создание каждого гоночного солнцемобиля – это целое научное исследование. Крупные автомобильные и аэрокосмические концерны вкладывают в экзотический спорт миллионы долларов. Такие инвестиции обещают окупиться сполна. Ведь «солнечные гонки» – кузница новых технологий: многие решения, впервые опробованные на гоночных гелиомобилях, со временем обещают найти широкое применение на серийных автомобилях.

Победителем четвёртых ралли солнцемобилей World Solar Challenge 1996 года является солнцемобиль Dream. Этот автомобиль прошёл со средней скоростью 90 км/ч трассу в 3000 км между городами Дарвин и Аделаида. На отдельных участках была достигнута скорость 135 км/ч. На создание такого образца машины компания Honda потратила \$2 млн. Победителем в гонках World Solar Challenge 2005 года стал солнцемобиль Nuna из Нидерландов, средняя скорость пробега которого составила 102,75 км/ч. Все достижения солнцемобиля Nuna связаны с приме-

нием аэрокосмических технологий. На машине были установлены передовые солнечные батареи, которые использовались на космическом аппарате Smart 1, запущенном Европейским космическим агентством с целью составления карты Луны, а корпус Nuna был выполнен из пластика, также предназначавшегося для космического корабля. Сегодня Nuna – самый быстрый в мире автомобиль на солнечной энергии. Он способен развивать скорость 170 км/ч.

Самое быстрое время было достигнуто участниками Токайского университета (Япония) в 2009 году, которым удалось завершить гонку всего за 29 часов и 49 минут.

В гонках World Solar Challenge стартовавших 8 октября 2017 года приняли участие 42 команды. На своих улучшенных автомобилях (исследователи постарались уменьшить размер солнечной батареи, но при этом не ограничивали размеры самого автомобиля) они проехали более 3000 км в борьбе за возможность получения звания самого быстрого солнечного автомобиля на ближайшие 2 года.

В большинстве своём солнцемобили являются уникальными машинами. Например, гелиомобиль от компании Venturi (рис. 1). В их конструкции используются оригинальные технические решения и новейшие материалы. Отсюда и очень высокая цена.



Рис. 1. Гелиомобиль Ecletic

Гелиомобили – самый молодой вид автомобилей. Автомобиль на солнечных батареях – не предмет роскоши, а необходимость. Это изобретение является ключом к сохранению чистой экосистемы.

Устройство гелиомобиля. Об устройстве гелиомобиля можно сказать, что это электромобиль, но вот только получающий энергию

не «напрямую» от уже «готовой» электрической энергии, а «добывает» её сам, накапливая солнечную энергию, преобразует её в электрическую благодаря такому физическому явлению, как фотоэлектрический эффект.

Гелиомобиль как правило включает в свой состав:

- Солнечную батарею.
- Накопитель энергии, позволяющий передвигаться ночью или в условиях сильной облачности, когда уменьшается и без того малая удельная мощность солнечного излучения.
- Электродвигатель, который укрепляется

чаще непосредственно на ведущие колеса (ведущее колесо), чтобы исключить потерю мощности при трансмиссии. В большинстве случаев применяют низкооборотные моторы постоянного тока, у которых уровень КПД достигает 98%.

- Управляющий блок, который занимается распределением полученной энергии (излишек накапливается в аккумуляторе) и регулированием параметров работы солнечной батареи (охлаждение, ориентирование на солнце).

- Шасси.

Устройство автомобиля на солнечных батареях представлено на рис. 2.

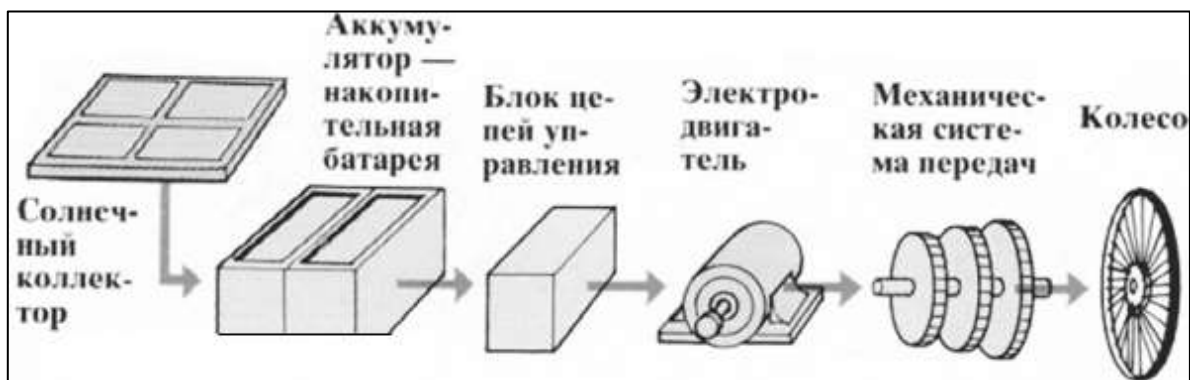


Рис. 2. Устройство гелиомобиля

В основном принцип работы тот же, что и у электромобиля: источник питания (в гелиомобиле он накапливает энергию из фотоэлементов и концентрирует в источник питания, тем самым подзаряжая его), электродвигатель (один общий или же отдельный на каждое колесо) и блок управления, который благодаря прописанному в нём программному коду, правильно и по требованию, распределяет и ток по элементам авто.

Существует так же немало моделей гелиомобилей, а если быть точнее, то подавляющее большинство, имеющих возможность комбинированного варианта для подзарядки (плюс электричество), чтобы, в случае неисправности фотоэлементов или малой величины заряда, можно было подзарядиться от обычной электросети.

При выходе солнечных батарей из строя или в отсутствие достаточной освещённости к месту постоянной парковки можно доехать на резервном аккумуляторе, который используется только в случае крайней необходимости.

Главной визуальной особенностью, ну и само собой, отличительной чертой является причудливый кузов автомобиля.

В подавляющем большинстве гелиомобили могут напомнить крыло самолёта или же

вовсе космический корабль, что связано, непосредственно с применением технологий из отрасли космических технологий результатом чего является хорошая обтекаемость и отличная аэродинамика.

Форма традиционного гелиомобиля – это плоский и продолговатый корпус, на котором закреплены подвижно относительно друг друга панели солнечных батарей и всё ради того, чтобы увеличить площадь, на которой могут располагаться фотоэлементы, добываясь при этом минимальной массы.

Фактически все научные статьи базируются на сухой критике гелиомобилей и никаким образом не рассматривают их возможные перспективы, как основных средств передвижения и потому стоит соотнести преимущества и недостатки данного средства передвижения.

Преимущества гелиомобилей следующие:

1. Экологичность. Исходя из идеи его создания является экологически чистым поскольку не выделяет CO₂ и других вредных выбросов, в отличие от традиционных автомобилей с ДВС.

2. Снижение расхода топлива. Этого добиваются полным автоматическим управлением

работы системы двигателей с использованием бортового компьютера, начиная от своевременного отключения ДВС во время остановки в транспортном потоке, с возможностью продолжения движения без его запуска, исключительно на энергии аккумуляторной батареи.

3. Бесплатная доступная электроэнергия. Затраты на его дозаправку приравниваются к 0.

4. Полное отсутствие потребности в сети АЗС. Единственным условием для заправки данного транспорта является наличие солнечной энергии.

5. Срок службы. Служит около 25 – 30 лет, и выходит из строя, при правильной эксплуатации и отсутствия физических воздействий (ударов и т. д.), сугубо из-за износа фотоэлементов или же источников питания.

6. Использование электродвигателя в качестве генератора электрического тока, для пополнения заряда аккумуляторов, при этом электродвигатель вызывает активное сопротивление, и торможение автомобиля.

7. Хорошие ходовые характеристики, увеличение дальности пробега за счёт сокращения числа заездов на заправочные станции, меньший износ тормозных колодок.

К **недостаткам** гелиомобилей можно отнести:

1. Низкий КПД. Сравнительно даже с другими типами электромобилей слишком низок (15 – 20%).

2. Проблемы с передвижением в ночное время и пасмурную погоду.

3. Цена фотоэлементов. Базовая стоимость агрегатов и комплектующих такова, что в итоге «солнечная» машина стоит достаточно дорого.

4. Низкая производительность фотоэлементов.

5. Большие габариты. Автомобиль нуждается в больших габаритах, чтобы располагать на себе, как можно больше фотоэлементов.

6. Пониженный комфорт. Увы, но пока что по уровню комфортабельности «солнечные машины» несравнимы с традиционными автомобилями, ну и не стоит недооценивать тот факт, что психология обывателей такова, что единицы согласятся променять комфорт, доступный в традиционных автомобилях, даже зная о том, что гелиомобиль – полностью экологически чист.

7. Высокая стоимость покупки гелиомобиля по сравнению с традиционными автомобилями с ДВС. Сегодня «солнцемобили»

стоят как автомобиль бизнес-класса.

8. Накопительные батареи обладают небольшим диапазоном рабочих температур, подвержены саморазряду и дороги в ремонте.

Выводы

Бесспорно, существует множество проблем для развития такого вида транспорта, но, тем не менее, все эти вопросы вполне решаемы.

Да, пока что солнцемобилям присущи конструкционные недостатки, делающие данный продукт невостребованным. Но учёные и инженеры упорно трудятся для развития этого вида транспорта, поскольку они работают на принципе, который наравне с воздухом необходим нашей планете – на солнечной энергии, которая является возобновляемой и бесконечной, по сравнению с другими источниками энергии, ведь пока есть солнечный свет – есть и жизнь на Земле.

И конечно, основной недостаток указанных автомобилей – цена. Поэтому, чтобы увеличить заинтересованность потребителей в приобретении данных автомобилей, необходима поддержка покупателей со стороны государства.

Но, несмотря на все описанные выше проблемы, можно уже сейчас утверждать, что за гелиомобилями – экологически чистое будущее нашей планеты.

Литература

1. Никонов О. Я., Полосухина Т. О. Роботизированные автомобили: современные технологии и перспективы развития. *Автомобиль и Электроника. Современные технологии*. Харьков, 2013. № 5. С. 38 – 42.
2. Knez M., Sternad M. Solar energised transport solution and customer preferences and opinions about alternative fuel vehicles – the case of Slovenia. *Transport Problems*. 2015. Vol. 10, No. 3. pp. 17 – 28.
3. Arno Smets, Klaus Jäger, Olindo Isabella, et al. *Solar Energy: The Physics and Engineering of Photovoltaic Conversion, Technologies and Systems*. Cambridge, 2016. 462 p.
4. Гелиомобили – выдуманный миф или реальность? *Друг электротранспорта* – *EVbud.com/*. URL: <http://ru.evbud.com/news/464/> (дата обращения 08.12.2018).
5. Гелиомобиль eVe бьёт рекорд. *Экстрим, новости экстремального спорта, и экстремальные события в мире: фото, видео, статьи*. URL:

- <http://extrim-all.ru/extrimal/geliomobil-eve-byot-rekord.html> (дата обращения 08.12.2018).
6. Ловцы Солнца: Сила света. *Популярная Механика – новости науки и техники: новые технологии, наука, оружие, авиация, космос, автомобили*. URL: <https://www.popmech.ru/technologies/5854-lovtsy-solntsa-sila-sveta/> (дата обращения 08.12.2018).
 7. Автомобиль на солнечных батареях: принцип действия, преимущества и недостатки. *Ekоenergiа.ru – Всё об альтернативной энергетике*. URL: <http://ekoenergia.ru/ecotransport/avtomobil-na-solnechnyih-batareyah.html> (дата обращения 15.05.2018).
 8. Rhodes K., Kok D., Sohoni P., et al. Estimation of the Effects of Auxiliary Electrical Loads on Hybrid Electric Vehicle Fuel Economy. *SAE Technical Paper 2017-01-1155*, 2017.
 9. The History of Solar Car Racing. *Solar Car Racing*. Retrieved from: <http://www.solarcarchallenge.org/challenge/history.shtml> (accessed: 08.12.2018).

References

1. Nikonov O. YA. Robotizirovannyye avtomobili: sovremennyye tekhnologii i perspektivy razvitiya [Robotic cars: modern technologies and development prospects]. *Avtomobil' i Elektronika. Sovremennyye tekhnologii*. (Har'kov, 2013. № 5. С. 38 – 42) [in Russian].
2. Knez M., Sternad M. Solar energised transport solution and customer preferences and opinions about alternative fuel vehicles – the case of Slovenia. *Transport Problems*. 2015. Vol. 10, No. 3. – pp. 17 – 28.
3. Arno Smets, Klaus Jäger, Olindo Isabella, et al. *Solar Energy: The Physics and Engineering of Photovoltaic Conversion, Technologies and Systems*. Cambridge, 2016. 462 p.
4. Geliomobili – vyдуманный миф или реальность? [Geliomobil – fictional myth or reality?] *Drug ehlektrotransporta – EVBud.com/* – Retrieved from: <http://ru.evbud.com/news/464/> (accessed: 08.12.2018) [in Russian].
5. Geliomobil' eVe b'yot rekord [Geliomobil eVe hits record] Ekstrim, novosti ehkstremaal'nogo sporta, i ehkstremaal'nye sobytiya v mire: foto, video, stat'i. Retrieved from: <http://extrim-all.ru/extrimal/geliomobil-eve-byot-rekord.html> (accessed: 08.12.2018) [in Russian].
6. Lovcy Solnca: Sila sveta [Sun Hunters: Light Power]. *Populyarnaya Mekhanika – новости науки и техники: novyye tekhnologii, nauka, oruzhie, aviatsiya, kosmos, avtomobili*. Retrieved from: <https://www.popmech.ru/technologies/5854-lovtsy-solntsa-sila-sveta> (accessed: 08.12.2018) [in Russian].
7. Avtomobil' na solnechnykh batareyah: princip dejstviya, preimushchestva i nedostatki [Solar-powered

- car: principle of operation, advantages and disadvantages]. *Ekоenergiа.ru*. Retrieved from: <http://ekoenergia.ru/ecotransport/avtomobil-na-solnechnyih-batareyah.html> (accessed: 08.12.2018) [in Russian].
8. Rhodes K., Kok D., Sohoni P., et al. Estimation of the Effects of Auxiliary Electrical Loads on Hybrid Electric Vehicle Fuel Economy. *SAE Technical Paper 2017-01-1155*, 2017.
 9. The History of Solar Car Racing. *Solar Car Racing*. Retrieved from: <http://www.solarcarchallenge.org/challenge/history.shtml> (accessed: 08.12.2018).

Никонов Олег Яковлевич¹, д.т.н., проф., тел. +380577073743, nikonov.oj@gmail.com,
Костикова Марина Владимировна¹, к.т.н., доц., тел. +380577073774, kmv_topaz@ukr.net,
Скрипина Ирина Валентиновна¹, ст. преподаватель, тел. +380577073774, scriv@ukr.net,
Усмонов Эмир Али Ришадович¹, студент, тел. +380577073774, emiraliusmonov@gmail.com,
¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

Solar car: modern technologies and development prospects

Abstract. Problem. At the present time, the need for energy sources is growing. The use of petroleum products as energy sources leads to environmental degradation. It is necessary to look for alternatives to heat engines, which are the main sources of air pollution and exhaustion of natural resources. One of the ways to solve this problem is to use solar energy. Solar cars harness energy from the sun, converting it into electricity. **Goal.** Analyzing the existing types of cars with alternative power sources. Explore solar cars. Examine their device. To determine all the advantages and disadvantages of this invention. We give a forecast on the prospects for the development and use of the cars on solar energy. **Results.** The device of the heliomobil is investigated; the principle of its work is studied and generalized. The advantages and the indicated disadvantages of these vehicles are given. We analyze all the positive and negative aspects of this invention. There is the problem of how to get around at night or on rainy days when the sun is nowhere to be seen. Most viable solar car projects rely on additional power sources to ensure that the car gets going any time you need it to. **Originality.** The main indicators that influence the development of production and use of solar cars in the future are shown in this article. It is reasonable to use solar vehicles in the present and especially in the future. **Practical value.** It can already be argued that for heliomobiles there is an ecologically clean future of our planet. The use of solar energy is a step towards improving the ecology of our planet. Solar cars will be crucial to reducing transport's impact on climate change and should be introduced widely as soon as possible.

Keywords: *heliomobile; electric car; photocells; photoelectric effect; solar battery.*

Nikonov Oleg Yakovych¹, Prof., D. Sc. (Eng.), tel. +380577073743, nikonov.oj@gmail.com,

Kostikova Maryna Volodymyrivna¹, associate professor, cand. eng. sc., tel. +380577073774, kmv_topaz@ukr.net,

Skrypina Iryna Valentynivna¹, Asst. Prof., tel. +380577073774, scriv@ukr.net,

Usmonov Emir Ali Rishadovich¹, student, tel. +380577073774, emiraliusmonov@gmail.com,

¹Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudroho str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

Геліомобілі: сучасні технології й перспективи розвитку

Анотація: *Проблема.* На даний час потреба в джерелах енергії зростає. Використання нафтопродуктів в якості джерел енергії призводить до погіршення стану навколишнього середовища. Необхідно шукати альтернативи тепловим двигунам, які є основними джерелами забруднення повітря і виснаження природних ресурсів. Одним із способів вирішення цієї проблеми є використання сонячної енергії. Сонячні машини використовують енергію сонця, перетворюючи її в електрику. **Мета.** Аналіз існуючих типів автомобілів з альтернативними джерелами живлення. Дослідження сонячних автомобілів. Вивчення їх будови. Визначення всіх переваг і недоліків даного винаходу. Прогнозування на перспективи розвитку і використання автомобілів на сонячній енергії. **Результати.** Досліджено пристрій геліомобіля; вивчено та узагальнено принцип його роботи.

Наведено переваги і зазначено недоліки цих транспортних засобів. Проаналізовано всі позитивні і негативні сторони цього винаходу. Є проблема в тому, як пересуватися вночі або в дощові дні, коли сонця ніде не видно. Більшість життєздатних проектів сонячних автомобілів покладаються на додаткові джерела енергії, щоб забезпечити запуск автомобіля в будь-який час, коли вам це потрібно. **Оригінальність.** В даній статті наведені основні показники, які впливають на розвиток виробництва і використання сонячних машин в майбутньому. Розумно використовувати сонячні транспортні засоби в сьогоденні і особливо в майбутньому. **Практична цінність.** Вже можна стверджувати, що геліомобілі – це екологічно чисте майбутнє нашої планети. Використання сонячної енергії – це крок до поліпшення екології нашої планети. Сонячні автомобілі будуть мати вирішальне значення для зниження впливу транспорту на зміну клімату і повинні бути широко представлені якнайшвидше.

Ключові слова: *геліомобіль; електромобіль; фотоелементи; фотоелектричний ефект; сонячна батарея.*

Ніконов Олег Якович, д.т.н., професор, тел. +380577073743, nikonov.oj@gmail.com,

Костікова Марина Володимирівна, к.т.н., доц., тел. +380577073774, kmv_topaz@ukr.net,

Скрипін Ірина Валентинівна, ст. викладач, тел. +380577073774, scriv@ukr.net,

Усмонов Емір Алі Рішадівч, студент, тел. +380577073774, emiraliusmonov@gmail.com,

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, 61002, Україна.

Інтелектуальні системи управління транспортними системами.
Синергетичні системи екомобілів

УДК 656.051

DOI: 10.30977/VEIT.2018.14.0.35

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ В
ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ**

Пронин С. В.¹

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

***Аннотация:** Рассматривается подход к созданию систем поддержки принятия решений на основе мультиагентного подхода для решения логистических задач на автомобильном транспорте. В статье проанализированы инструменты для разработки агентных систем. Сформирована общий принцип работы многоагентной системы для организации перевозки грузов на автомобильном транспорте.*

***Ключевые слова:** искусственный агент; перевозки; транспортная логистика системы поддержки принятия решений.*

Введение

Быстрое развитие и распространение новых технологий предполагает необходимость в новом качественном программном обеспечении. в том числе автоматизация бизнес-процессов в логистике.

На рынке автоматизации логистики в 2017-2018 годах наблюдается все больше и больше запросов на ERP, TMS, FMS и WMS системы, вырос спрос на роботизацию, технологии Data Science, дополненную реальность и IoT

Для повышения эффективности бизнеса в сфере транспортной логистики необходимо детальное изучение материальных (товары и грузы) и информационных потоков (данные по заказам и поставкам, финансовые данные и т.п.).

По подсчетам аналитиков логистика может составлять до 40% себестоимости продукции. Методы минимизации затрат на логистику различны.

Использование информационных технологий в логистике позволят решить ряд таких как:

- экономия времени;
- максимальное упрощение работы;
- визуализация результатов работы и выявление слабых мест в схеме;

- сокращение издержек.

Основная задача автоматизации в сфере транспортной логистики – расчет оптимальных маршрутов с учетом множества неравнозначных критериев. Экономия достигается не только благодаря сокращению издержек на транспорт, но и за счет оптимизации графика работы перевозчиков, позволяющего избегать простоев и недогруза.

В данной статье рассматривается подход к созданию систем с помощью многоагентного подхода.

Цель исследования

Для решения задачи в данной статье предложено использовать технологию многоагентных систем. Данный подход основан на использовании специальных автономных индивидуумов (агентов), объединенных в систему. Агент здесь представляет из себя программу, которая в автономном режиме способна осуществлять самостоятельные действия в соответствии с заданной целью.

Целью исследования является определение архитектуры системы, анализ современных программных сред для разработки многоагентных систем, описание поведения искусственных агентов.

Общий принцип работы агентной системы для решения задач организации перевозки грузов

Сценарий работы системы поддержки принятия решения, рассматривающийся в данной статье будет включать в себя несколько типов искусственных агентов таких как агенты-перевозчики и агенты-пользователи транспортных услуг.

Каждый агент-пользователь транспортных услуг получает заносит в общее информационное пространство данные о географии перевозки, составе груза и финансовых условиях, и периодически запрашивает предложение (услуги на перевозку) у всех известных ему агентов-перевозчиков. Когда предложение получено, агент-пользователь транспортных услуг принимает его и выдает заказ на перевозку. Если несколько агентов-перевозчиков предоставляют предложения агенту-пользователю транспортных услуг, он принимает лучшее из них.

Каждый агентов-перевозчиков непрерывно прослушивает запросы от агентов-пользователей транспортных услуг. При получении запроса на перевозку агенты-перевозчики проверяют свои заказы и, на основе общего списка заказов могут формировать оптимальный маршрут для перевозки. Если условия по выполнению конкретного заказа не отвечают требованиям, то заказ отклоняется. После выполнения заказа на перевозку он удаляется из общего списка.

Анализ литературы

Для решения поставленной задачи подходит четыре типа программных агентов [1-2]:

- агенты-покупатели или торговые боты;
- пользовательские или персональные агенты;
- агенты по мониторингу и наблюдению;
- агенты по добыче и анализу данных.

Агенты-покупатели в основном просматривают сетевые ресурсы с целью получения информации о товарах и услугах базирываясь на семантической информации, представляемой в сети [3] и программных интерфейсах (API) откуда они получают уведомления.

Для информационных задач так называемых чатботов (Telegram, Twitter, Facebook Messenger, etc. [4])

Пользовательские или персональные агенты представляют из себя интеллектуальные агенты, которые действуют от имени пользователя. Типичные примеры – отправка данных, получение и автоматическая обработка данных.

Агенты по мониторингу и наблюдению используются для наблюдения за объектами и передачи информации на оборудование. Здесь термин агент употребляется, например, в SNMP мониторинге [5]. Применительно к рассматриваемым в статье задачам агенты отслеживать спрос и предложение на перевозку грузов.

Агенты по добыче и анализу данных представляют из себя, программы (сервисы), которые обрабатывают данные из нескольких источников (а именно это и характерно для агентов) чаще всего называют мэшапами. Все современные телекоммуникационные сервисы (Telecom 2.0), а также сервисы Интернета Вещей представляют из себя именно мэшапы [6].

Инструменты для разработки искусственных агентов

Формы распределения и взаимодействия агентов исследуется различными группами ученых, работающими над стандартизацией взаимодействия мультиагентных систем. Одну из основных групп представляют собой FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents)[7], OMG (Object Management Group), KAoS (Knowledge-able Agent- oriented System) и другие. (рис. 1).

The Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA) - это сообщество разработчиков, целью которых является стандартизация агентных технологий. Эта организация создала ряд спецификаций для непосредственного использования в мультиагентных системах. Самыми главными среди этих спецификаций являются Управление Агентами (Agent Management) и Язык Коммуникации Агентов (Agent Communication Language).

Управление агентами предусматривает использование нормативного фреймворка, внутри которого FIPA-агенты существуют и взаимодействуют. Он определяет логические

модели для создания, регистрации, определения местонахождения, коммуникации, миграции и удаления агентов.

Сущности, определяемые в этой модели – это не что иное, как набор каких-то возможностей (служб), которые вовсе не связаны с физической конфигурацией. Вдобавок, особенности реализации каждой конкретной агентной платформы и агентов являются строго выбором разработчиков, занимающихся построением конечной мультиагентной системы) [1].

Модель управления агентами состоит из следующих логических компонент, каждая из которых представляет набор определенных возможностей (рис. 2):

Агент – это некий вычислительный процесс, который наделен автономностью и коммуникативной функциональностью в рамках приложения.

Агенты обмениваются информацией с помощью Языка Коммуникации Агентов (Agent Communication Language). Агенты – это главные действующие сущности агентной платформы, которые представляют собой комбинацию одной или множества различных сервисных возможностей и операций, описанных в их характеристиках, внутри объединенной и интегрированной исполняемой модели. Агент должен быть привязан к конкретному пользователю, и выражать хотя бы одно понятие для своей идентификации которое называется Идентификатор Агента (Agent Identifier (AID)), который однозначно определяет агента в Множестве Агентов (Agent Universe). Агент может быть зарегистрирован как набор транспортных адресов, с которыми он может контактировать.

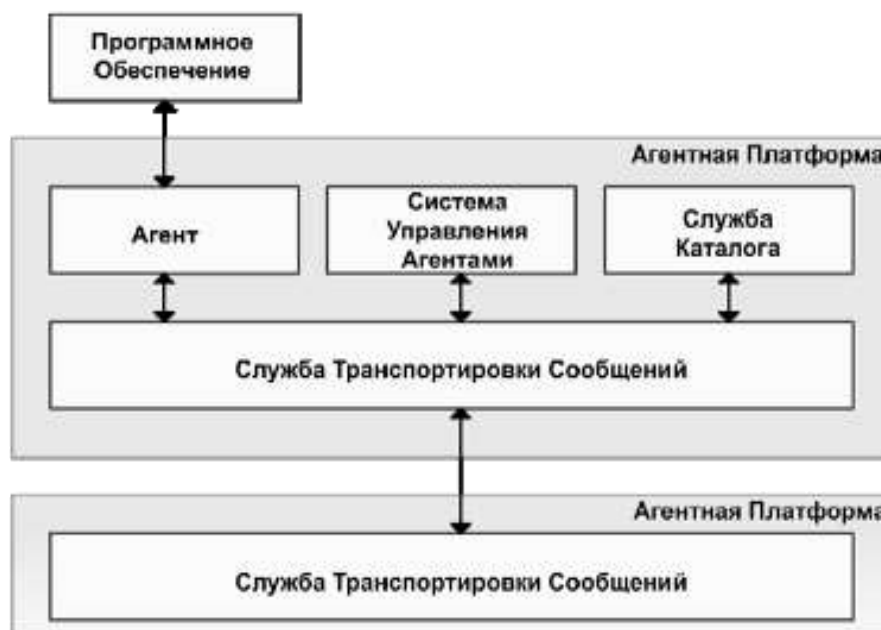


Рис. 1. Модель управления агентами FIPA

Служба Каталога (Directory Facilitator (DF)) – это опциональный компонент Агентной Платформы, но если он присутствует, то он реализуется как специальная служба-куратор. Служба Каталога представляет собой «желтые страницы» возможностей других агентов. Агенты могут регистрировать свои возможности с помощью службы каталога или запрашивать список доступных для выполнения чего-либо агентов. Внутри Агент-

ной платформы могут существовать множественные службы каталога, и они могут объединяться в федерации.

Система Управления Агентами (Agent Management System (AMS)) – это компонент агентного приложения. Система управления агентами проводит непосредственный контроль за существованием и использованием Агентной платформы. Система Управления Агентами обслуживает каталог идентифика-

торов агентов, которые содержат транспортные адреса для зарегистрированных в Агентной Платформе агентов. Она представляет собой «белые страницы» возможностей для других агентов. Каждый агент регистрируется в Системе Управления Агентами для получения действительного идентификатора.

Служба Транспортировки Сообщений (Message Transport Service (MTS)) - это стандартный коммуникационный метод коммуникации между агентами различных Агентных Платформ.

Агентная Платформа (Agent Platform (AP)) представляет физическую инфраструктуру, в которой могут быть развернуты агенты. Агентная Платформа состоит из вычислительной техники, операционной системы, программного обеспечения поддержки агентов, компонентов управления FIPA-агентами (Служба Каталога, Система Управления Агентами и Служба Передачи Сообщений) и самих агентов.

Внутренняя структура Агентной Платформы зависит от системных разработчиков и не является предметом стандартизации FIPA. Агентные Платформы и агенты этой платформы (как созданные, так и появившиеся путем миграции) могут использовать любые собственные методы взаимодействия.

FIPA рассматривается только с точки зрения коммуникаций между агентами как внутри, так и извне для агентной платформы. Агенты свободно могут обмениваться сообщениями любыми поддерживаемыми способами.

Агенты могут получать доступ к программному обеспечению, к примеру, для добавления новых возможностей, запроса новых коммуникационных протоколов, запроса новых протоколов и алгоритмов шифрования, запроса новых протоколов согласования, и т.д.

Основная идея платформы – выделение общих уровней, отделение коммуникаций (транспорта) от бизнес-логики.

Как конкретный пример реализации этой спецификации можно назвать JADE (Java Agent Development) – Open Source пакет для создания программных агентов [8], который реализован на языке Java. Технически представляет из себя программный сервер, на котором исполняются агенты. Помимо среды для запуска агентов, в JADE входят библиотеки (в Java – пакеты) для разработки агентов и графические инструменты для администрирования и мониторинга.

Общая структура представлена на рис. 2.

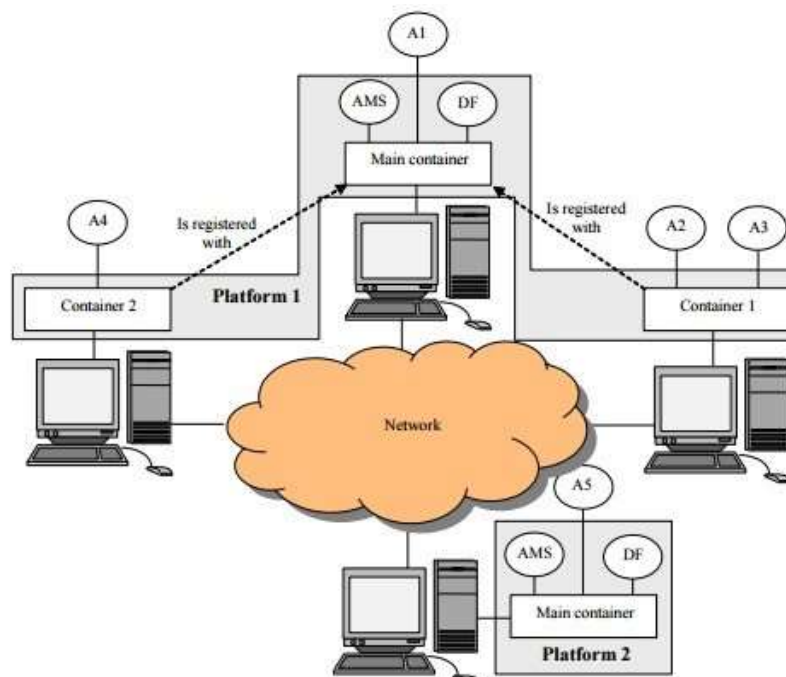


Рис. 2. Контейнеры JADE

Основными элементами JADE являются:

- контейнер. Это запущенная копия JADE, которая может содержать несколько агентов;
- платформа. Это совокупность активных контейнеров. Среди активных контейнеров выбирается один главный, и он и содержит информацию обо всех остальных контейнерах.

Каждый агент в системе характеризуется своим уникальным именем. Главный контейнер (main container) в JADE запускает два специальных агента. Можно назвать их служебными агентами: - AMS (Agent Management System). Этот агент обеспечивает сервис управления другими агентами. Например, с его помощью можно создать (запустить) или остановить (удалить) агента;

DF (Directory Facilitator). Этот агент подде-

рживает каталог агентов (“Желтые страницы”). Здесь агенты смогут искать других агентов, которые им понадобятся для достижения целей.

Наличие каталога агентов и единственного главного контейнера платформы позволяет агентам общаться (обмениваться информацией) между собой. При этом такое взаимодействие возможно внутри контейнера, между контейнерами одной платформы (между агентами разных контейнеров на одной платформе) и между платформами (между агентами в контейнерах разных платформ). Обмен сообщениями осуществляется асинхронно, с использованием очередей (рис. 3).

Поведение конкретного агента в системе – это отдельная задача. В JADE эти процессы отличаются от базовой модели процессов (Thread) в Java.

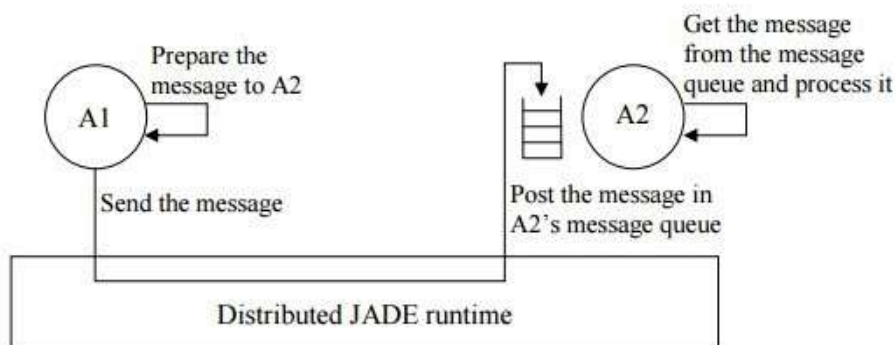


Рис. 3. Обмен сообщениями в JADE

Программист должен определять, когда заканчивается одно исполнение и начинается следующее. Это позволяет сохранять жесткое соответствие: один агент – один Java процесс. Естественно, что это работает быстрее, чем переключение между процессами, а также позволяет избежать проблем с синхронизацией

(например, если бы мы имели несколько процессов для одного агента, которые бы работали, естественно, с одним и тем же ресурсом) [9].

На рис. 4 показана организация каталога агентов.

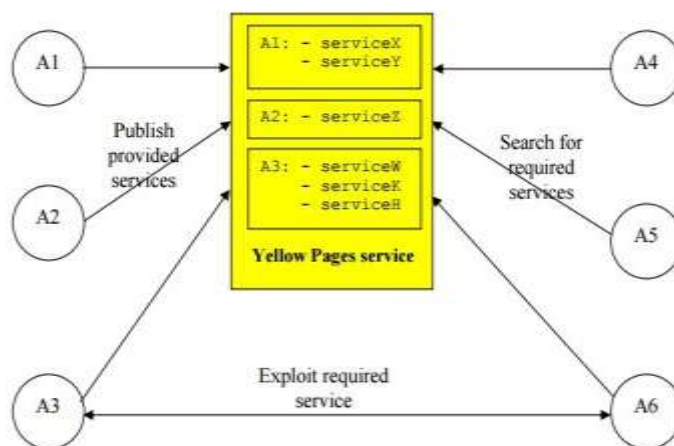


Рис. 4. Каталог в JADE

Планирование и исполнение поведений искусственным агентом

Работа агента должна строиться, как правило, в рамках заложенной в него поведенческой модели. Такая модель представляет собой задание, которое агент может выполнить, и фреймверке JADE реализуется как объект класса, наследуемый от *jade.core.behaviours.Behaviour*. Для того, чтобы агент выполнял задание, описанное в объекте поведения необходимо добавить поведение агента методом *addBehaviour()* класса агента. Поведение может быть добавлено в любой момент: когда запускается агент (метод *Setup()*) или в рамках другой модели поведения.

В каждый поведенческий класс, наследуемый от класса *Behaviour*, включаются методы *action()* и *done()*. Первый – позволяет описать действия, выполняемые агентом. Второй – возвращает признак завершенности действий, составляющих поведение агента.

При выполнении агентом задачи объект класса *Behavior()* удаляется из списка всех подобных объектов. В общем случае у агента может существовать несколько линий поведения, которым будут соответствовать разные поведенческие объекты, при этом агент может демонстрировать разные линии поведения параллельно. В такой ситуации различным линиям поведения не устанавливаются различные приоритеты, как для *java*-потоков а выполнение происходит кооперативно. Метод *action()* всегда выполняется от начала до конца и никогда не завершает свою работу самостоятельно. Если в текущий момент список поведенческих объектов пуст, то агент выгружается из памяти («засыпает») и не занимает ресурсы. Агент «пробуждается», если в списке появляется новый объект.

Хотя это требует дополнительных усилий при написании программного кода, такой подход имеет несколько преимуществ.

- позволяет работать с одним потоком *Java* для агента (что является весьма важным, особенно в условиях с ограниченными ресурсами, такими какими обладают сотовые телефоны).

- обеспечивает лучшее исполнение, так как переключения между поведением происходят гораздо быстрее, чем

переключения между потоками *Java*.

- устраняет все вопросы синхронизации между параллельными поведением для доступа к одним и тем же ресурсам (это ускоряет производительность тоже), поскольку все поведенья выполнялись одним и тем же потоком *Java*.

- когда поведение переключается, статус агента не содержит какого-либо стека информации, и поэтому можно получить "снимок" от него. Это позволяет осуществлять важные дополнительные свойства, например сохранение статуса агента в постоянном хранилище для последующего возобновления (постоянный агент), или передачи его другому контейнеру для удаленного исполнения (мобильный агент).

- когда нет доступных поведений для исполнения агентом, поток "засыпает", чтобы не занимать процессорное время. Он "просыпается", как только снова появляется поведение доступное для исполнения

Выводы

В статье проанализирован подход к созданию системы обмена информацией между участниками транспортного процесса, в сфере грузовых перевозок с использованием мультиагентного подхода.

Проанализированы инструменты для построения агентных систем.

Рассмотрены вопросы связанные с особенностью организации взаимодействия между интеллектуальными агентами.

Литература

1. Намиот Д. Е., Сухомлин В. А., Шаргалин С. П. Программные агенты в ERP системах. *Journal of Open Information Technologies* ISSN: 2307-8162 vol. 4, no. 6, 2016.
2. Cummings M., Haag S., McCubbrey D. *Management information systems for the information age.* – 2003.
3. Ristoski P., Paulheim H., Semantic Web in data mining and knowledge discovery: A comprehensive survey. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web.* – 2016.
4. Namiot D. Twitter as a transport layer platform. *Artificial Intelligence and Natural Language and Information Extraction, Social*

- Media and Web Search FRUCT Conference (AINL-ISMW FRUCT)*, 2015. – IEEE, 2015. – С. 46-51.
5. Stallings W. SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2. *Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.*, 1998.
 6. Namiot D., Sneps-Snepp M. On software standards for smart cities: API or DPI. *ITU Kaleidoscope Academic Conference: Living in a converged world-Impossible without standards*, Proceedings of the 2014. – IEEE, 2014. – С. 169-174.
 7. FIPA URL: <http://www.fipa.org> (дата звернення 23.12.2018).
 8. JADE URL: <http://jade.tilab.com/> (дата звернення 23.12.2018).
 9. Fabio Bellifemine, Giovanni Caire, Tiziana Trucco (TILAB, formerly CSELT), Giovanni Rimassa (University of Parma) JADE programmer's guide. Retrieved from: http://jade.tilab.com/doc/programmers_guide.pdf (accessed: 23.12.2018).

References

1. Namiot D.E., Sukhomlin V.A., Sharghalin S.P. (2016). Software Programnie agenti v ERP systemach [Software Agents in ERP Systems]. *International Journal of Open Information Technologies* ISSN: 2307-8162 vol. 4, no. 6th. [in Russian].
2. Cummings M., Haag S., McCubbrey D. (2003). Management information systems for the information age.
3. Ristoski P., Paulheim H. (2016). Semantic Web in data mining and knowledge discovery: A comprehensive survey. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*.
4. Namiot D. (2015). Twitter as a transport layer platform. *Artificial Intelligence and Natural Language and Information Extraction, Social Media and Web Search FRUCT Conference (AINL-ISMW FRUCT)*, 2015. – IEEE.
5. Stallings W. (1998). SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2. – Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
6. Namiot D., Sneps-Snepp M. (2014). On software standards for smart cities: API or DPI. *ITU Kaleidoscope Academic Conference: Living in a converged world-Impossible without standards?*, Proceedings of the 2014. – IEEE, 2014. 169-174.
7. FIPA Retrieved from: <http://www.fipa.org> (accessed: 23.12.2018).

8. JADE Retrieved from: <http://jade.tilab.com/> (accessed: 23.12.2018).
9. Fabio Bellifemine, Giovanni Caire, Tiziana Trucco (TILAB, formerly CSELT), Giovanni Rimassa (University of Parma) JADE programmer's guide. Retrieved from: http://jade.tilab.com/doc/programmers_guide.pdf (accessed: 23.12.2018).

Пронин Сергей Викторович¹, к.т.н., доц., кафедра компьютерных технологий и мехатроники, тел: (057) 707-37-43, email: sergiy9977@ukr.net,

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина, Харьков, 61002, ул. Ярослава Мудрого, 25.

Using multiagent systems in transport logistics

Abstract: *The rapid development and diffusion of new technologies implies the need for new high-quality software. including automation of business processes in logistics. In the market of automation of logistics in 2017-2018, there are more and more requests for ERP, TMS, FMS and WMS systems, the demand for robotization, Data Science technology, augmented reality and IoT has increased. To improve the efficiency of business in the field of transport logistics, a detailed study of material (goods and goods) and information flows (data on orders and deliveries, financial data, etc.) is necessary. According to analysts, logistics can be up to 40% of the cost of production. Methods to minimize the cost of logistics are different. The use of information technology in logistics will solve a number of such as: saving time; maximum simplification of work; visualization of work results and identification of weak points in the scheme; reduction of costs. The main task of automation in the field of transport logistics is the calculation of optimal routes, taking into account the set of unequal criteria. The savings are achieved not only due to the reduction of transportation costs, but also due to the optimization of the carrier's work schedule, which allows avoiding downtime and underloading. The scenario of the decision support system considered in this article will include several types of artificial agents such as transport agents and transport service user agents. Each agent-user of transport services receives data on the geography of transportation, composition of the cargo and financial conditions into the general information space, and*

periodically requests a proposal (services for transportation) from all agents-carriers known to it. When the offer is received, the transport service user agent accepts it and issues a freight order. If several transport agents provide transport service offers to the user agent, it accepts the best of them. Each carrier agent continuously listens to requests from transport service user agents. Upon receipt of a request for transportation, carrier agents check their orders and, based on a general list of orders, can form the best route for transportation. If the conditions for the implementation of a specific order do not meet the requirements, then the order is rejected. After completing the order for transportation, it is removed from the general list. **Goal:** Determination of the system architecture, analysis of modern software environments for the development of multi-agent systems, description of the behavior of artificial agents. **Methodology:** To solve the problem in this article it is proposed to use the technology of multi-agent systems. This approach is based on the use of special autonomous individuals (agents), united in the system. The agent here is a program that is offline capable of performing independent actions in accordance with a given goal. **Result:** The article analyzes the approach to creating a system for the exchange of information between participants in the transport process in the field of freight traffic using a multi-agent approach. Analyzed tools for building agent systems. Issues related to the peculiarity of the organization of interaction between intelligent agents are considered. **Originality:** the use of agent-based approach to solve the problem of information interaction of participants in the transport process. **Practical value:** the possibility of developing a software product to solve problems of the organization of transportation of goods.

Keywords: artificial agent; transportation; transport logistics decision support systems.

Pronin Sergey¹, Ph.D., Assoc. Prof., Department of Computer Technologies and Mechanics, tel: (057) 707-37-43, email: sergiy9977@ukr.net,
¹Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslav Mudry street, Kharkiv, 61002, Ukraine.

Використання мультиагентних систем в

транспортній логістиці

Анотація: Швидкий розвиток і поширення нових технологій передбачає необхідність в новому якісному програмному забезпеченні. в тому числі автоматизація бізнес-процесів в логістиці. На ринку автоматизації логістики в 2017-2018 роках спостерігається все більше і більше запитів на ERP, TMS, FMS і WMS системи, виріс попит на роботизацію, технології Data Science, доповнену реальність і IoT. Для підвищення ефективності бізнесу в сфері транспортної логістики необхідно детальне вивчення матеріальних (товари та вантажі) і інформаційних потоків (дані по замовленнях і постачання, фінансові дані і т.п.). За підрахунками аналітиків логістика може становити до 40% собівартості продукції. Методи мінімізації витрат на логістику різні. Використання інформаційних технологій в логістиці дозволять вирішити ряд таких як: економія час; максимальне спрощення роботи; візуалізація результатів роботи і виявлення слабких місць в схемі; скорочення витрат. Основне завдання автоматизації в сфері транспортної логістики – розрахунок оптимальних маршрутів з урахуванням безлічі нерівнозначних критеріїв. Економія досягається не тільки завдяки скороченню витрат на транспорт, але і за рахунок оптимізації графіка роботи перевізників, що дозволяє уникати простой і недовантаження. Для вирішення завдання в даній статті запропоновано використовувати технологію багатоагентних систем. Даний підхід заснований на використанні спеціальних автономних індивідуумів (агентів), об'єднаних в систему. Агент тут представляє з себе програму, яка в автономному режимі здатна здійснювати самостійні дії відповідно до заданої метою. Метою дослідження є визначення архітектури системи, аналіз сучасних програмних середовищ для розробки багатоагентних систем, опис поведінки штучних агентів. Сценарій роботи системи підтримки прийняття рішення, розглядається в даній статті буде включати в себе кілька типів штучних агентів таких як агенти-перевізники і агенти-користувачі транспортних послуг. Кожен агент-користувач транспортних послуг отримує

заносить в загальний інформаційний простір дані про географію перевезення, складі вантажу і фінансових умовах, і періодично запитує пропозицію (послуги на перевезення) у всіх відомих йому агентів-перевізників. Коли пропозиція отримано, агент-користувач транспортних послуг приймає його і видає замовлення на перевезення. Якщо кілька агентів-перевізників надають пропозиції агенту-користувачеві транспортних послуг, він приймає найкраще з них. Кожен агентів-перевізників безперервно прослуховує запити від агентів-користувачів транспортних послуг. При отриманні запиту на перевезення агенти-перевізники перевіряють свої замовлення і, на основі загального списку замовлень можуть формувати оптимальний

маршрут для перевезення. Якщо умови щодо виконання конкретного замовлення не відповідають вимогам, то замовлення відхиляється. Після виконання замовлення на перевозкуон видається із загального списку. **Ключові слова:** штучний агент; перевезення; транспортна логістика системи підтримки прийняття рішень.

Пронін Сергій Вікторович¹, к.т.н., доц., кафедра комп'ютерних технологій і мехатроніки, тел: (057) 707-37-43, email: sergiy9977@ukr.net,

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна, Харків, 61002, вул. Ярослава Мудрого, 25.

MONITORING OF TRANSPORT COMMUNICATIONS

Matsiy M. E.¹, Alekseyev O. P.¹

¹Kharkov National Automobile and Highway University

Abstract: Problem. Monitoring of transport communications is a new definition of a complex of works on the analysis of the status and reliability of individual units and the corresponding motor transport communication in general. The content of interactive monitoring is to monitor records continuously, accumulate and summarize data on the operational situation in the traffic environment. In connection with the constant information of society development and its industrial component, new transport systems and machines have reached a high level of information excellence. Accordingly, there is a new contradiction between the rapid development of means and methods of informatization of complex objects and systems and the heterogeneous nature of existing subsystems and units of the transport complex of Ukraine, which is also characteristic of the market of transport services. **Methodology.** The assessment and diagnosis of highways is based on their observation. A generalized means of such observation is their monitoring. It is he who provides not only monitoring of the condition of highways, but also the preparation of data for solving tasks of assigning tasks to road-operation services, road and transport enterprises and organizations. **Results.** The problem of solving this contradiction will allow to improve the service of the inhabitants of cities and regions at all levels of the transport infrastructure, to improve the transportation processes, to avoid the existing negative influences: crashes in the organization of traffic, poor state of communication, inappropriate use of funds allocated for repair, operation and arrangement of transport highways. The **goal** of monitoring (diagnostics and transport systems assessment) lies in obtaining full and adequate information about functional quality of transport communications, their work conditions and degree of actual consumer appeal conformity to vehicular traffic requirements. **Practical value.** The diagnostic results are basic for transport communications condition management and they are the original basis for efficient usage of means aimed at road network improvement and development.

Key words: computer systems; interactive monitoring; navigation; transport communication.

Introduction

Interactive monitoring is an instrumental tool for monitoring the state of roads. The difference in monitoring from the usual supervision is to determine the background history of the operational state of roads. The content of interactive monitoring is monitor records constantly, accumulate and summarize data on the operational situation in the traffic environment.

Publication analysis

Plenty of authors in Ukraine and abroad pay attention to the monitoring of transport communications in their papers [2-4].

The objective and problem statement

Interactive monitoring of the state of the highway is based on the combination of three components of its physical implementation. First, they register speed and acceleration of the car using an external system determining its location in space in accordance with time, and secondly, continuous video recording using a video camera (WEB camera) and a digital camera is carried out. The

third component of the system is direct assessment and presentation of road conditions by road users (for example, recording comments of the operator of a road machine, an experienced expert of the truck, who takes part in the maintenance of the relevant road section).

Such observation is not just an organizational and technical system, but an interactive system where the main activity of automotive monitoring roads involves a person. It involves the use of expert experience, marking the appropriate environment of the road and in the road.

Thus, we have a synergistic system that combines technical and ergonomic components

At present, there are mathematical methods that allow to be combined subjectivity with exact technical calculation. This is so-called fuzzy approach or pacifications, which is a process of comparing the understanding of human and quantitative technical assessments.

The first step is to use the fuzzy-approach for simulation of complex transport objects and systems is the task of phase-out, a formal description of the observed dynamic motion processes.

Fuzzy logics today is widely represented in fundamental and applied scientific publications.

Bringing the description of the studied system to a fuzzy look begins with the definition of linguistic variables, their meanings – terms, conducting an analogy between quantitative estimates of subsystems and parts of the system and their fuzzy description.

This task is close to the definition of distinction observable dynamic processes in accordance with the basic provisions of the informational theory of management, presenting the observation as the result of the analysis of the system under study: the normalization of data, their structural and pragmatic processing. Then the observation as monitoring of the road can be defined

According to the assumptions made, fuzzy description or pacification examines the processes and systems we consider from the standpoint of the main provisions: the information theory of distinction [1], the basics of making decisions in complex monitoring systems for road vehicles, transport systems and communications

Needs of cities and regions inhabitants, manufacturing organizations in passenger and cargo transportation depend on the constant transport infrastructure: means of communication, transport machines and technologies and lots of other subsystems and sections of the transport complex, which render services to people and organizations.

It should be mentioned, that nowadays the situation with highway transportation can be described by advance development of automobile park, accordingly higher mobility of cities and regions inhabitants and limited transport network capabilities.

Transport communication are becoming a narrow branch of the transport network of cities and regions. They demand continuous attention to all existing stages- starting from scientific substantiation, engineering and research work, to construction and maintaining.

It goes without saying, that their working conditions need constant inspection. Its results is a basis for decision-making on issues like material, financial and human resources, transport communication maintenance, exploitation, repairs and reengineering.

There is a specific system in transport that provides control and preliminary treatment of transport communication conditions. Their quality is generally evaluated with the help of instruments, appliances, devices and systems. In the world practice of assessing and diagnosing transport communications conditions, powerful

information-measuring system with a high automation level of transport communications inspection have been developed. In Ukraine the function of transport communication condition assessment is performed by the technical research center.

To determine requirements for transport communication interactive monitoring, we will make use of experience of computer systems creation designed for transport communications monitoring [2].

On this basis we will work up a new modification of an engineering prototype of transport and communication computation process, to be used for driving conditions monitoring directly during the vehicle movement. This device enables to determine road characteristics according to patents [2].

In the researches some information is given in order to clarify how the transport communications monitoring is conducted with the help of this system.

The previously obtained certificate [3, 4] confirms the legitimacy of using these characteristics of transport and methods of road topping condition observation, as meteorological characteristics.

The results of diagnostics and assessment of road condition must become a solid information base for solving managing tasks of two levels:

1. Determination and assessment of engineering level, condition with respect to use for traffic, degree of conformity of an actual consumer appeal to parameters and characteristics of traffic safety measures;

2. Making managerial decisions regarding determination of high priority measures in order to improve certain transport communication sectors on the ground of rational usage of financial resources and facilities.

Transport communication monitoring is a new definition of range of activities that consists of analyzing the condition and robustness of special parts and corresponding motor transport communication largely.

Transport communication condition is usually determined as a total of its transport-operational characteristics.

Transport communication reliability is an ability to provide safe defined motion at average speed, near to the best possible one. According to [4] optimization is understood to be minimization of total expenditures for construction, transport communication operation activity, passenger and cargo transportation.

The essence of monitoring lies in transport

communication characteristics observation, which can be selective or continuous. Speaking of transport communications operation activity system, there is no doubt that monitoring has to be unceasing in space and time. But this has to be done with high expenses for conducting of complete transport communication examination [2, 3, 4].

Appropriate transport communication assessment is based on model approximation model, which enables to choose primary parameters, characteristics of objects examined, to determine their list, to estimate their significance and high priority of calculation and accounting.

Obviously it is a task of their connection analysis, analytical recalculation possibilities, specific values origination of indirect, calculated and generalized assessments, which make it possible to take management decisions. Doubtlessly such analysis must be performed not on the generalized level, but immediately on the assessment of a transport communications certain sector condition in accordance with ILM of transport communications, as stated above.

For this reason, there is a number of analytical, graphical and some heuristic methods. However, the diagnostic practice of different road situations proves that the most significant is the statement that speed, geometry, smoothness and adhesion (adhesion coefficient) assessments are the most necessary.

Today the problem is to raise road travelers awareness of transport communication condition. There is a contradiction between the level of modern accounting systems, necessity to obtain them, dynamic accumulation and constant character of current electronic data base maintenance ways in the road sector.

The resolution of this conflict lies in creating alongside with the existing quality assessment system of road production a multilayer complex of transport communications condition monitoring that is based on designing road tester sequence – a source of information about transport communications elements condition, data transmission medium to a single information space of road organizations.

In the work the analytical review of the transport communications condition assessment problem under conditions of information-communicative technology of above-ground transport has been conducted. The programmer-simulator of a road accidents monitor was designed through the example of road geometry assessment.

The composed algorithm corresponds to

logics of a human understanding of vehicle movement monitoring. The essence of monitoring (diagnostics and transport systems assessment) lies in obtaining full and adequate information about functional quality of transport communications, their work conditions and degree of actual consumer appeal conformity to vehicular traffic requirements.

Conclusion

The diagnostic results are basic for transport communications condition management and they are the original basis for efficient usage of means aimed at road network improvement and development.

Література

1. Алексієв О. П., Алексієв В. О., Видмиш А. А., Хабаров О. О. Інтерактивний моніторинг автомобільних доріг: монографія. ВНТУ. Вінниця. 2012. С. 144.
2. Алексієв О. П., Алексієв В. О., Серіков С. А. Підвищення ефективності диспетчерського управління громадським пасажирським транспортом. Вестник ХНАДУ. Сб. науч. тр. Харьков. Вып. 22. 2003. С. 56-61.
3. Алексієв О. П., Алексієв В. О., Ніконов О. Я. Мехатроніка, телематика, синергетика у транспортних додатках. навчально-методичний посібник. ХНАДУ. Харків. 2011. С. 212.
4. Shamieh C. System Engineering for Dummies. Wiley Publishing. Inc. Indianapolis. Indiana. 2011. 74 p.

References

1. Alekseyov O. P., Alekseyev V. O., Vidmish A. A., Khabarov O. O. (2012) Interaktivniy monitoring avtomobilnih dorog [Interactive monitoring of automobile roads]. Vinnitsa, 144 [in Ukraine].
2. Aleksiv O. P., Aleksiv V. O., Sirikov S. A. (2003) Pidvishchennya performance of the dispatching control of the passenger transport [Improving the efficiency of public passenger transport dispatch control]. Kharkov, 22, 56-61 [in Ukraine].
3. Alekseyev O. P., Alekseyev V. O., Nikonov O. Ya. (2012) Mechatronica, telematica, synergetica v transportnih dodatkah [Mechatronics, telematics, synergetics in transport applications]. Kharkiv, 212 [in Ukraine].
4. Shamieh System C. (2011) Engineering for Dummies. Wiley Publishing. Inc. Indianapolis. Indiana, 74.

Matsiy My`xajlo¹, graduate student, michael.matsiy@gmail.com.

Alekseyev Oleg¹, professor, dr. eng. sc., o.p.alekseev@gmail.com.

¹Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslav Mudry street, Kharkiv, 61002, Ukraine.

Моніторинг транспортних комунікацій

Анотація: **Проблема.** Моніторинг транспортних комунікацій – це нове визначення комплексу робіт з аналізу стану та надійності окремих вузлів та відповідного автотранспортного зв'язку в цілому.

Зміст інтерактивного моніторингу – постійне спостереження за записами, накопичення та узагальнення даних про операційну ситуацію в середовищі дорожнього руху. У зв'язку з постійною інформацією про розвиток суспільства та її промислової складової, нові транспортні системи та машини досягли високого інформаційного рівня інформаційної. Існує протиріччя між швидким розвитком засобів та методів інформатизації складних об'єктів та систем та різноманітністю існуючих підсистем та підрозділів транспортного комплексу України, що характерно для ринку транспортних послуг.

Методологія. Оцінка і діагностика автомобільних доріг заснована на їх спостереженні. Узагальненим засобом такого спостереження є їх моніторинг. Саме він забезпечує не тільки моніторинг стану автомобільних доріг, а й підготовку даних для вирішення задач з постановки завдань дорожньо-експлуатаційним службам, дорожньо-транспортним підприємствам і організаціям.

Результати. Проблема вирішення цієї суперечності дозволить поліпшити обслуговування жителів міст і районів на всіх рівнях транспортної інфраструктури, поліпшити транспортні процеси, уникнути існуючих негативних впливів: збоїв в організації дорожнього руху, поганий стан зв'язок, нецільове використання коштів, виділених на ремонт, експлуатацію та облаштування транспортних магістралей. **Метою** моніторингу (діагностики та оцінки транспортних систем) є отримання повної та адекватної інформації про функціональну якість транспортних комунікацій, їх умови роботи та ступінь фактичної

відповідності споживачів вимогам щодо руху транспорту. **Практична цінність.** Результати діагностики є базовими для управління станом транспортних комунікацій і є вихідною основою для ефективного використання коштів, спрямованих на поліпшення та розвиток дорожньої мережі.

Ключові слова: комп'ютерні системи; інтерактивний моніторинг; навігація; транспортна комунікація.

Маций Михайло Євгенійович¹, аспірант каф. КТМ, michael.matsiy@gmail.com

Алексєв Олег Павлович¹, д.т.н., професор каф. КТМ, e-mail: o.p.alekseev@gmail.com.

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна, Харків, 61002, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Мониторинг транспортных коммуникаций

Аннотация: Мониторинг транспортных коммуникаций – это новое определение комплекса работ по анализу состояния и надежности отдельных звеньев и соответствующей автотранспортной коммуникации в целом. Содержание интерактивного мониторинга заключается в постоянном наблюдении, регистрации, накопления и обобщения данных об оперативной ситуации в среде дорожного движения.

Ключевые слова: компьютерные системы; интерактивный мониторинг; навигация; транспортная коммуникация.

Маций Михаил Евгеньевич¹, аспирант каф. КТМ, michael.matsiy@gmail.com,

Алексеев Олег Павлович¹, д.т.н., профессор каф. КТМ, e-mail: o.p.alekseev@gmail.com.

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина, Харьков, 61002, ул. Ярослава Мудрого, 25.

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ТЕЛЕДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ТА GPS МОНІТОРИНГУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ТА СПЕЦТЕХНІКИ

Серіков Г. С.¹, Щербак М.П.¹

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Анотація. Проведений аналіз існуючих систем теледиспетчеризації. Запропонована універсальна система для використання на спецтехніці. Проведено експериментальне дослідження системи. Доведена ефективність роботи системи. Визначений вплив від впровадження системи.

Ключові слова: системи теледиспетчеризації; GPS моніторинг; визначення місцезнаходження; контроль витрати палива; GSM канал зв'язку; система трекінгу.

Вступ

У зв'язку з підвищенням вартості паливо-мастильних матеріалів; контроль їхнього використання стає все більш актуальним. Минув той час; коли керівники підприємств сумнівалися в доцільності обладнання своєї техніки будь-якими системами контролю. Зараз вони зацікавлені у контролі правильності експлуатації дорогої техніки.

В теперішній час на ринку виробників систем моніторингу транспорту досить багато пропозицій. Вони дозволяють не тільки відображати інформацію про місцезнаходження; маршрути і швидкості; але і; будучи підключеними до різних штатних і спеціальних датчиків; передавати телеметричну інформацію про роботу транспортного засобу або механізму. До основних параметрів можна віднести: швидкість автомобіля; дані про стан запалення; рівень палива в баках; активність систем різноманітних спеціальних механізмів; що передаються в інтерфейс диспетчера.

Необхідно враховувати; що системи теледиспетчеризації встановлюються не тільки на транспортні засоби (вантажівки й автобуси); але й на вантажну спецтехніку; таку як: кар'єрні самоскиди та екскаватори (рис. 1, 2).



Рис. 1. Кар'єрні самоскиди

Це накладає певні додаткові вимоги щодо ко-

нтролю їхнього стану. Таким чином; для забезпечення широкого кола функціональних можливостей необхідно використовувати вже існуючі електронні модулі на сучасній елементній базі. Це дозволить створити уніфікований блок; що встановлюється на різні типи транспортних засобів.



Рис. 2. Кар'єрні екскаватори та спецтехніка

Аналіз публікацій

GPS моніторинг та диспетчеризація транспорту мають загальні схеми рішень; що складаються з головного модулю прийому та обробки інформації; датчиків та модулів зв'язку [1]. Результати аналізу побудови даних систем дають можливість виділити основні модулі; що найбільш часто використовуються. Вони мають бути присутні в кожній системі [2]. Основними відмітними ознаками окремих систем є наявність специфічних датчиків; що дозволяють отримувати параметри стану спецтехніки. Наприклад; температуру гідравліки; її тиск в трансмісії та інші [3]. Ці параметри напряму впливають на строк служби техніки вцілому.

Мета та постановка задачі

Мета роботи - підвищення рівня оперативного керування автотранспортом; збільшення ефективності використання автомобілів; економія коштів на утримання рухомого складу

організації; підняття рівня виробничої дисципліни на підприємстві.

Задачі дослідження: визначення координат місцезнаходження транспортного засобу; його напрямків; швидкості руху і інших параметрів; таких як витрата палива; температура та інших.

Об'єкт дослідження – система GPS моніторингу транспорту. Предмет дослідження – розробка; створення; випробовування; моделювання та статистичний аналіз інформації; отриманої з датчиків системи.

Робота системи моніторингу транспорту (СМТ)

Мобільний термінал призначений для визначення координат і параметрів роботи контролюваного об'єкта з метою зберігання і передачі даних в точку доступу. Точка доступу приймає дані від терміналу; перетворює їх у форму; зручну для зберігання в базі даних і укладає їх в цю базу. Може існувати кілька точок доступу – основна; резервна; а також спеціалізована для обробки того чи іншого типу мобільних терміналів. База даних забезпечує зберігання і видачу даних (рис. 3).

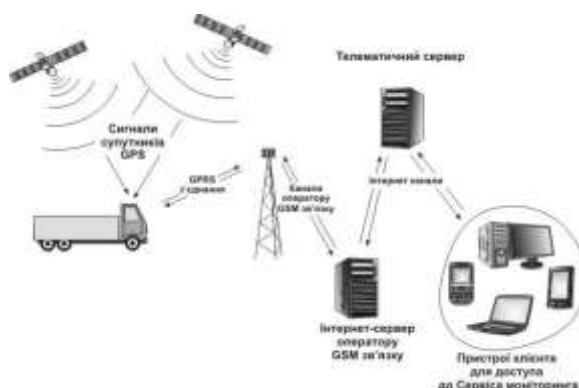


Рис. 3. Загальна схема функціонування системи GPS моніторингу транспорту

У масштабних СМТ може бути кілька баз даних; кожна з яких «спеціалізована» для зберігання даних про групу терміналів або наближена в web-просторі до місця експлуатації інших елементів системи. Модуль аналітики готує звіти за обраний період часу за запитом клієнтського персонального запиту (ПЗ) – розраховує лічильники пройденого шляху; витрати палива; визначає події заправки (злив і т.д.). Модуль картографії зберігає і видає за запитом клієнтського ПЗ зображення карт. Клієнтський ПЗ забезпечує діалог з користувачем і наочно відображає звіти GPS моніторингу.

Існують різні варіанти реалізації системи.

Варіант 1: GPRS - передача інформації через інтернет; на сервер в мережі; дає можливість підключення тільки програмою; яка встановлена на комп'ютері (або на декількох комп'ютерах) і перегляд інформації.

Переваги: інформація виводиться на декілька комп'ютери в реальному часі. Так само можливо управляти виходами; якщо дозволяє обладнання; наприклад; заглушити двигун.

Недоліки: за сервер необхідно сплачувати; але вже на порядок менше.

Перший варіант найбільш прийнятний для невеликих компаній (в парку - до 10-50 машин); які не мають бажання витрачатися на утримання ІТ фахівців в своєму штаті для підтримки сервера / системи.

Варіант 2: GPRS - передача інформації через інтернет на сервер; який встановлений в фірмі або в офісі. Інформація виводиться на сервер і на деякі комп'ютери в реальному часі.

Переваги: можливість керування виходами (якщо дозволяє обладнання). Немає потреби треба платити за сервер.

Недоліки: сервер повинен працювати цілодобово. Необхідно мати зовнішню ІР адресу.

Другий варіант – для підприємств з великим автопарком (десятки; сотні машин); або таких компаній; які в силу своєї специфіки не можуть дозволити собі; щоб дані про їхні транспортні заходи знаходилися у сторонньої компанії. В організаціях такого роду; як правило; вже є штат кваліфікованих фахівців ІТ; а; можливо; також і все необхідне для розміщення потужностей на своїй території.

Прилади GPS моніторингу

В даному випадку прикладом є сам бортовий контролер; що представляє собою коробку невеликих розмірів (рис. 4). До контролера підключаються GPS і GSM антени; датчики та інше допоміжне обладнання.



Рис. 4. Зовнішній вигляд бортового контролера

Конструктивно GPS-трекер складається з таких елементів (рис. 5):

- GPS-приймач;

- GSM передавач;
- антени;
- вбудована пам'ять;
- зовнішня пам'ять;
- мікроконтролер.

Робота здійснюється наступним чином. GPS-приймач визначає поточні координати пристрою; швидкість руху; висоту над рівнем моря та напрям руху; захоплюючи сигнал від супутника через свою антену; передає його на мікроконтролер. В цей же час він отримує інформацію від різних систем та датчиків автомобіля. Всі дані проходять попередню обробку і фільтрацію. GSM передавач за допомогою антени надсилає їх на сервер у вигляді бінарного пакета; що містить знімок одержуваних даних (рис. 5).

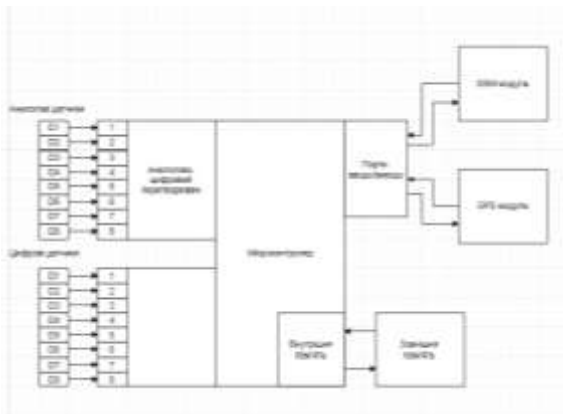


Рис. 5. Структурна схема бортового контролера GPS моніторингу

Устаткування центрального диспетчерського пункту включає в себе: сервер баз даних; робоче місце адміністратора системи і канал зв'язку з мобільними об'єктами. В якості апаратної частини сервера баз даних пропонується використовувати спеціалізований сервер з великим об'ємом дискового простору і оперативної пам'яті для зберігання і обробки даних. Для стабільної роботи комплексу серверне та комунікаційне обладнання повинне бути підключене до електромережі через безперебійні джерела живлення. Сервер розташований в локальній мережі підприємства; що забезпечує незалежний контрольований доступ до даних з робочих місць операторів комплексу.

Окремо зупинимося на сервері. У багатьох статтях про GPS моніторинг автомобілів цей момент рідко розглядається детально (найчастіше взагалі опущений). Слід виправити цей

недолік. Сервер в системі - це окремий спеціалізований комп'ютер. Він зібраний з комплектуючих підвищеної надійності і експлуатується в особливих умовах (датацентрі). Сервер працює на спеціальному програмному забезпеченні (серверна ОС; СУБД; антивіруси; резервне копіювання даних та інше).

При виборі системи моніторингу транспорту потрібно враховувати і наступне. Наприклад, коли і які передаються дані. Є прилади; що передають інформацію при зміні курсу руху; є такі; що видають через заданий інтервал часу (припустимо; через 10 с). Тому краще вибирати системи; в яких інформація найбільш якісна (при зміні курсу; через певну відстань; через певний проміжок часу; але щоб була можливість оперативно змінювати інтервал; індикацію сигналу з супутника; зникнення живлення; і добре; якщо прилад може стискати інформацію при передачі).

За рахунок оперативної диспетчеризації значно зменшується не тільки час реакції автотранспорту; а і середній пробіг автомобіля до місця призначення; що в свою чергу призводить до значної економії палива та коштів на технічне обслуговування транспортних засобів.

Ще однією істотною перевагою системи є протиугінна безпека. Постійний контроль транспорту дозволяє швидко визначити місцезнаходження викраденого транспорту. До того ж; GPS моніторинг дозволяє отримувати SMS на мобільний телефон у разі виходу автомобіля з зони спостереження; що дозволяє уникнути відхилення транспорту від встановленого маршруту; порушення графіка або попадання в аварію.

Недоліки GPS

GPS-супутникові сигнали занадто слабкі в порівнянні з сигналами телефону; тому він не працює як у приміщенні; під водою; під деревами тощо.

Найвища точність вимагає прямокутного спостереження від приймача до супутника; тому GPS не працює дуже добре в міському середовищі [7].

Похибка GPS

Є багато джерел можливих помилок; що погіршить точність позицій; що обчислюються приймачем GPS. Час проїзду сигналів супутникового зв'язку GPS можна змінити завдяки атмосферним впливам; коли сигнал GPS проходить через іоносферу і тропосферу;

він заломлюється; і швидкість сигналу відрізняється від швидкості сигналу GPS у просторі. Іншим джерелом помилок є шум або спотворення сигналу; що викликає електричні перешкоди або помилки; властиві самому приймачу GPS. Інформація про супутникові орбіти також призведе до помилок при визначенні позицій; тому що супутники не є дійсно місцями; де приймач GPS «думав» на основі інформації; отриманої під час визначення позицій. Невеликі коливання атомних годин на борту супутників можуть призвести до великих помилок положення; похибка годинника на 1 наносекунд перекладає на 1 фути або 0,3 метра помилку користувача на землі. Ефект багатозарового проміння відбувається; коли сигнали; що надходять із супутників; відбиваються від світлої поверхні перед тим; як потрапляти до приймача антени. Під час цього процесу приймач отримує сигнал у напрямку прямих шляхів; а також затримку шляху (декілька шляхів). Ефект схожий на привид або подвійне зображення на телевізорі [7].

Програми GPS моніторингу

Найчастіше; системи GPS моніторингу будуються на базі клієнт-серверної архітектури. Клієнтські програми встановлюються і працюють на персональному комп'ютері (сервері).

Розглянемо ці програми за порядком. Програма GPS моніторингу; автоматизовані робочі місця (АРМ) диспетчера - назви клієнтської частини програмної складової системи GPS моніторингу. Клієнтська програма; в нашому випадку «Дельта» ("програма GPS моніторингу"); містить в собі багато корисного функціоналу.

Перш за все програма дозволяє вести контроль відразу всіх автомобілів в одному вікні. Далі дані відображаються на карті (схематичне відображення) в реальному часі: поточне місце розташування; напрямок і траєкторія руху; швидкість. По-третє; це можливість роботи з уже накопиченими даними; тобто архівом; а саме: перегляд маршрутів; обчислення пробігу; точок зупину; точок роботи; відхилень від маршруту; виходу із зони. На окрему увагу заслуговують звіти; що надають в наочній формі результат роботи системи. Звіти можна друкувати і експортувати в інші програми; наприклад; Microsoft Excel (рис. 6, 7).

Для більш високої ефективності контролю використання паливо-мастильних матеріалів на АЗС і мобільних паливозаправниках можна також використовувати систему видачі

палива; що персоналізується.

Таким чином; повністю замикається цикл використання палива; починаючи від його приймання на склад і закінчуючи його витратою на виконання робіт; що зображено на рисунках 8 та 9.



Рис. 6. Інтерфейс контролю маршруту пересування автомобіля

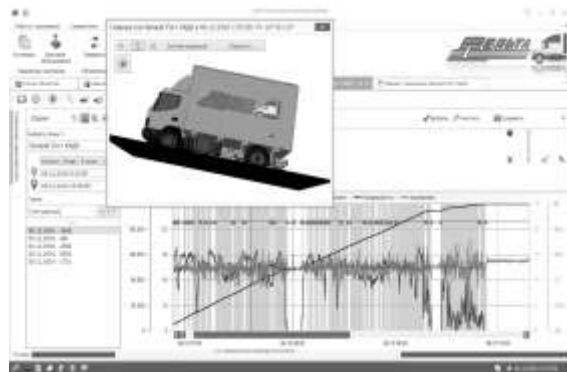


Рис. 7. Інтерфейс контролю показників роботи автомобіля



Рис. 8. Персоналізована система видачі палива

Розглянувши причини збільшення транспортних витрат; вважаємо; що саме побудова комплексної системи управління транспортно-експедиційним підприємством ліквідує

недоліки контролю організації роботи і може виділити основні пріоритети для розвитку. Система GPS контролю транспорту розкриває реальний потенціал будь-якого автотранспортного підприємства. Автоматизований спосіб обліку; заснований на системі GPS контролю; приведе до істотної економії і підвищить рентабельність підприємства.



Рис. 9. Персональні картки видачі палива

GPS модулі; встановлені на автомобілях підприємства; дозволяють постійно контролювати пересування транспорту. Завдяки цьому фіксуються всі незаплановані відхилення від наміченого маршруту руху автомобілів; незаплановані зупинки (час і місце). При цьому всі дані про рух автомобілів зберігаються; доступні для перегляду; аналізу і формування різних звітів.

Щодо ефективності впровадження системи GPS контролю; то потрібно зауважити наступне. Практика комплексного впровадження GPS системи показала; що як мінімум 20% збитку підприємство несе саме через відсутність ефективного контролю.

Об'єктом автоматизації при впровадженні системи є процес керування транспортними засобами наступних підприємств:

1. підприємства - вантажоперевізники по внутрішньому і обласним лініях: доставка товарів; кореспонденції; пошти; пасажирський транспорт; автоперевізники; служби доставки та кур'єрські служби;

2. комерційні компанії; що спеціалізуються на внутрішньоміських; міжміських і міжнародних автоперевезеннях;

3. підприємства торгівлі;

4. служби екстреного реагування: МВС; МНС; швидка і невідкладна медична допомога;

5. будівельні та ремонтні організації;

6. служби евакуації автомобілів;

7. підприємства з перевезення спеціальних; небезпечних; великогабаритних; дорожніх і інших вантажів;

8. службові та відомчі автопарки;

9. маршрутні таксі; таксопарки; служби таксі.;

10. підприємства будівельної галузі;

11. підприємства ЖКГ;

12. сільськогосподарські підприємства;

13. підприємства нафтогазової та гірничої галузей;

14. підприємства енергетичної галузі;

15. лізингові і прокатні компанії;

16. автовиробники;

17. підприємства важкої і легкої промисловості.

Висновки

Проведений аналіз схемних рішень побудови система теледиспетчеризації та GPS моніторингу автомобільного транспорту та спецтехніки.

Експериментальні дослідження системи підтвердили її працездатність. Доведена ефективність роботи системи. Визначений вплив від впровадження системи.

Ефект від впровадження системи GPS моніторингу та диспетчеризації з'являється відразу за трьома напрямками:

1) економічний - впровадження систем GPS моніторингу на підприємствах знижує вартість утримання рухомого складу:

- за рахунок економії палива (паливо перестають зливати; красти; приписувати зайві витрати);

- за рахунок економії на ремонті і технічному обслуговуванні (автомобілі експлуатуються тільки за призначенням; економиться моторесурс);

- за рахунок економії на запчастинах і машинах (для рішення завдань немає необхідності переплачувати за запчастини і докупувати зайві автомобілі);

- за рахунок економії на персоналі (водії; які порушили дисципліну будуть звільнені; що залишилися виконують всі чітко за графіком);

- за рахунок економії часу (присікаються сходи з маршруту; зайві зупинки; перерви; маршрути будуть прораховані оптимальним чином);

2) операційний - працівник; який не займається під час роботи рішенням особистих пи-

тань; встигає за робочий день виконати більше виробничих завдань; крім того; значно підвищується ефективність використання автотранспорту за рахунок його диспетчеризації; зменшується середній пробіг і час реакції;

3) моральний - підвищується загальний рівень виробничої дисципліни; причому не тільки в транспортному підрозділі; а й в цілому по підприємству.

Література

1. Система GPS моніторингу транспорту і контролю палива GPSM. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/GPS_tracking_unit (дата звернення: 13.12.2018).
2. GPS tracking unit URL:<http://www.gps.ru.net/monitoring1> (дата звернення: 13.12.2018).
3. Состав и функциональные возможности систем диспетчеризации гтк. URL: <http://library.stroit.ru/articles/disgtk/index/> (дата звернення: 13.12.2018).
4. GPS моніторинг комунального транспорту. URL: <http://service-gps.com/84-gps-monitoring-kommunalnogo-transporta/> (дата звернення: 13.12.2018).
5. Mashood Mukhtar, "GPS based Advanced Vehicle Tracking and Vehicle Control System", I.J. Intelligent Systems and Applications; 2015; 03; 1-12 Published Online February 2015 in MECS URL: <http://www.mecspress.org/> (дата звернення: 13.12.2018).
6. Teletrack - система спутниковой GPS навигации. URL: <http://autovision.com.ua/teletrack-sistema-spytnikovoii-gps-navigacii-monitoringa-i-dispetcherizacii-transporta.htm> (дата звернення: 13.12.2018).
7. How GPS System Works? URL: <https://www.elprocus.com/how-gps-system-works/>(дата звернення: 13.12.2018).
8. I. Almomani; N. Alkhalil; E. Ahmad and R. Jodeh; "Ubiquitous GPS vehicle tracking and management system;" in IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT), Amman, (accessed: 10.12.2011).
9. Ray J. D. Crump, M. Chin (2007). New Global Positioning System reference station in Brazil, *GPS Solutions*. (accessed: 13.12.2018)
10. Wikipedia. Vehicle tracking system. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle_tracking_system Active_Versus_Passive_Tracking (дата звернення: 13.12.2018).
11. The Global Positioning System; Public Safety & Disaster Relief. URL: <http://www.gps.gov/applications/safety> (дата звернення: 13.12.2018).
12. The Global Positioning System; Aviation. URL: <http://www.gps.gov/applications/aviation> (дата звернення: 13.12.2018).
13. The Global Positioning System; Timing; URL: <http://www.gps.gov/applications/timing>; (дата звернення: 13.12.2018).
14. GPS vehicle monitoring system. URL: http://www.benishgps.com/en/products/sputnikovaya_sistema_monitoringa_transporta/ (дата звернення: 13.12.2018).
15. Bisdikian, C., Boamah, I., Castro, P., Misra, A., Rubas, J., Villoutreix, N., Yeh, D., Rasin, V., Huang, H., Simonds, C., 2002. Intelligent pervasive middleware for context-based and localized telematics services. In: Proceedings WMC 02, Atlanta, GA, USA, (accessed: 28.09.2002).
16. Daugherty, P.J., Richey, R.G., Genchev, S.E., Chen, H., (2005) «Reverse logistics: superior performance through focused resource commitments to information technology» (accessed: 05.11.2005).
17. Devlin, Ger J., McDonnella, K. and Warda, S. (2007) „Timber haulage routing in Ireland: an analysis using GIS and GPS Journal of Transport Geography (accessed: 26.03.2007).
18. Michaelides R., Liu K. and Jervis S. (2008), e-solutions enabling growth in the transport industry: Case study of a real-time Tracking Management System, LRN Annual conference, Liverpool, (accessed: 25.09.2008).
19. Mc Kinnon, A.C. and Ge, Y. (2004), „Use of a synchronised vehicle audit to determine opportunities for improving transport efficiency in a supply chain, International Journal of Logistics: Research and applications, 7 (3), (accessed: 16.08.2004).
20. Godha S. & Cannon M. E. (2007). GPS/MEMS INS integrated system for navigation in urban areas. *GPS Solutions*, 11(3), 193-203. (accessed: 13.11.2007).

References

1. GPS monitoring system for transportation and control of fuel GPS. Retrived from:URL:<http://www.gpsm.com.ua/gpsm-gps/58-system-control-gpsm/> (accessed: 13.12.2018) [in Ukrainian].
2. GPS tracking unit Retrived from: URL: https://en.wikipedia.org/wiki/GPS_tracking_unit (accessed: 13.12.2018)
3. Composition and functional capabilities of dispatching systems pcs Retrived from: URL: <http://library.stroit.ru/articles/disgtk/index/> (accessed: 13.12.2018) [in Russian].
4. GPS monitoring of public transport. Retrived from:URL:<http://service-gps.com/84-gps-monitoring-kommunalnogo-transport.htm> (accessed: 13.12.2018) [in Russian].
5. Mashood Mukhtar, "GPS based Advanced Vehicle Tracking and Vehicle Control System," I.J. Intelligent Systems and Applications, 2015, 03, 1-12. Published on February 2015 in MECS Retrived from: <http://www.mecspress.org/> (accessed:13.12.2018).

6. Teletrack - Satellite GPS navigation system. Retrived.from: <http://autovision.com.ua/teletrack-sistema-spytnikovoi-gps-navigacii-monitoringa-i-dispetcherizacii-transporta.htm> (accessed: 13.12.2018) [in Russian].
7. How Does GPS System Work? Retrived.from: <https://www.elprocus.com/how-gps-system-works/> (accessed: 13.12.2018).
8. I. Almomani, N. Alkhalil, E. Ahmad and R. Jodeh, "Ubiquitous GPS Vehicle Tracking and Management System," in IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT), Amman, (accessed: 18.12.2011)
9. Ray J., D. Crump, M. Chin (2007). New Global Positioning System Reference Station in Brazil, GPS Solutions. (accessed: 05.10.2007)
10. Wikipedia, Vehicle Tracking System, Retrived.from: http://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle_tracking_system (accessed: 13.12.2018).
11. The Global Positioning System, Public Safety & Disaster Relief, Retrived from: <http://www.gps.gov/applications/safety/> (accessed: 13.12.2018).
12. The Global Positioning System, Aviation, Retrived.from: <http://www.gps.gov/applications/aviation/> (accessed: 13.12.2018).
13. The Global Positioning System, Timing, Retrived.from: <http://www.gps.gov/applications/timing/> (accessed: 13.12.2018).
14. GPS vehicle monitoring system. Retrived from: http://www.benishgps.com/en/products/sputnikovaya_sistema_monitoringa_transport/ (accessed: 13.12.2018).
15. Bisdikian, C., Boamah, I., Castro, P., Misra, A., Rubas, J., Villoutreix, N., Yeh, D., Rasin, V., Huang, H., Simonds, C. ., 2002. Intelligent pervasive middleware for context-based and localized telematics services. In: Proceedings WMC '02, Atlanta, GA, USA, (accessed: 28.09.2002).
16. Manyherty, PJ, Richey, RG, Genchev, SE, Chen, H. (2005), "Reverse Logistics: A Superior Performance Through Fixed Citation Resources to Information Technologies" (accessed: 05.11.2005).
17. Devlin, Ger J., McDonnella, K. and Warda, S. (2007) "Timber haulage routing in Ireland: an analysis using GIS and GPS" Journal of Transport Geography (accessed: 26.03.2007).
18. Michaelides R., Liu K. and Jervis S. (2008), "E-solutions enabling growth in the transport industry: case studies of a realtime tracking management system", LRN Annual conference, Liverpool, (accessed: 25.09.2008).
19. McKinnon, A.C., Ge, Y. (2004), "Using a synchronized vehicle audit to improve the transport efficiency in a supply chain", In-

ternational Journal of Logistics: Research and applications, 7 (3), pp. 219- 38 (accessed: 06.05.2004).

20. Godha S., Cannon, M. E. (2007). GPS / MEMS INS integrated system for navigation in urban areas. GPS Solutions, 11 (3), 193-203. (accessed: 18.09.2007).

Серіков Георгій Сергійович¹, доц. каф. автомобільної електроніки, +380679478687, georgy301212@gmail.com,

Щербак Михайло Павлович¹, студент, + 380673156978, mihail_shcherback @ ukr.net

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Modern systems of television settlement and GPS monitoring automobile transport and special equipment

Annotation. Problem. The increased cost of lubricants, control their use is becoming increasingly important. Now on the market of transport monitoring systems are many proposals. They can not only display information about location, routes and speed, but also being connected to a variety of standard and special sensors transmit telemetric information on the work vehicle or machinery. **Goal.** Improving operational traffic management, increase efficiency of cars, saving money for the maintenance of rolling stock organization, raising the level of production discipline in the enterprise. Determining the coordinates of the location of the vehicle, its direction, speed and other parameters such as fuel consumption, temperature and others. **Methodology.** The analysis of the existing tele-dispatch systems has been carried out. Proposed Universal system for use on special equipment. Conducted an experimental study of the system. Proven system performance. Determined the impact of system implementation. **Results.** Considering the reasons for the increase in transport costs, we believe that it is the construction of a comprehensive system of management, transport and expeditionary enterprise eliminates the disadvantages of controlling the organization of work and will help to highlight the main priorities for development. The GPS transport control system reveals the real potential of any motor transport company. An automated accounting method based on a GPS monitoring system will significantly save costs and increase the company's profitability. **Originality.** Existing electronic modules on a modern element base have been used to provide a wide range of functionality. This allowed the creation of a unified unit, which installed on various types of vehicles. For more effective control of the use of fuel and lubricants at gas stations and mobile fuel service stations, we propose the use of a personalized fuel delivery system. **Practical value.** GPS modules installed on company vehicles allow you to constantly monitor the movement of your vehicle. This fixes all unplanned deviations

from the planned route of the car, unplanned stops (time and place). At the same time, all data on the movement of cars is stored, available for viewing, analysis and formation of various reports.

Key words: teledispatching systems, GPS monitoring, location determination, fuel consumption control, GSM communication channel, tracking system.

Serikov Georgy Sergeevich¹, Ph.D., associate professor Automobile electronics, +3806 79478687, georgy301212@gmail.com,

Shcherbak Mikhail Pavlovich¹, student, +380673156978, mihail_shcherback@ukr.net.

¹Harkov National Automobile and Road University, 61002, Ukraine, Kharkov, str. Yaroslav Mudruy, 25.

Современные системы теледиспетчеризации и GPS мониторинга автомобильного транспорта и спецтехники

Аннотация. В связи с повышением стоимости топливо-смазочных материалов, контроль их использования становится все более актуальным. В настоящее время на рынке производителей систем мониторинга транспорта достаточно много предложений. Они позволяют не только отображать информацию о местонахождении, маршруты и скорости, но и, будучи подключенными к разным штатным и специальным датчикам, передавать телеметрическую информацию о работе

транспортного средства или механизма. Рассмотрев причины увеличения транспортных расходов, считаем, что именно построение комплексной системы управления транспортно-экспедиционным предприятием ликвидирует недостатки контроля организации работы и поможет выделить основные приоритеты для развития. Система GPS контроля транспорта раскрывает реальный потенциал любого автотранспортного предприятия. Автоматизированный способ учета, основанный на системе GPS контроля, приведет к существенной экономии и повысит рентабельность предприятия.

Ключевые слова: системы теледиспетчеризации, GPS мониторинг, определение местоположения, контроль расхода топлива, GSM канал связи, система трекинга.

Сериков Георгий Сергеевич¹, доц. каф. автомобильной электроники, +380679478687, georgy301212@gmail.com,

Щербак Михаил Павлович¹, студент, +380673156978, mihail_shcherback@ukr.net

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Павленко В. М.¹,

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** Детальний розгляд експертної системи, як спосіб отримання, аналізу та обробки діагностичної інформації дав змогу визначити, що експертна система є оптимальним варіантом обробки та зберігання інформації, яка в подальшому може бути використана за потребою людиною або машиною для вирішення актуальних потреб при обслуговуванні.*

***Ключові слова:** експлуатація; технічне обслуговування; діагностування; експертна система; база знань; транспортний засіб.*

Вступ

Ефективність роботи автотранспортних засобів визначається ступенем безвідмовної роботи при виконанні транспортних послуг з мінімальними витратами при його функціонуванні [1]. Системи технічного обслуговування вже не так ефективні в наш час, як це було раніше. Століття стрімкого розвитку комп'ютерних технологій якісно відбивається на житті людини, привносячи зміни практично в будь-яку сферу його діяльності. Не виключенням є і автомобілі. І що найцікавіше - розробки в галузі нових інформаційних технологій знаходять своє втілення у виробництві автомобілів, створюючи потужний синергетичний ефект. Вже зараз на ринку присутній цілий модельний ряд авто, оснащених електронікою за останнім словом техніки.

Які переваги дає використання, наприклад, бортового комп'ютера в конструкції автомобіля [2]? Головна перевага – це значне спрощення життя кожного автолюбителя. Бортові комп'ютери виводять на інформаційну панель основні показники агрегатного стану компонентів автомобіля. Основна мета - поліпшення точності діагностики з формуванням універсальних порад для усунення тієї або іншої несправності або ж несприятливих факторів, які суттєво впливають на компоненти автомобіля в процесі його експлуатації.

Найчастіше автолюбителі використовують відеореєстратор в зв'язі з автомобільним комп'ютером. Це дозволяє домогтися вичерпної інформації про дорожні умови під час водіння автомобіля. Серед основних характеристик бортового комп'ютера можна відзначити

наступні: безпосереднє зняття інформації з встановлених датчиків (температура повітря, кількість обертів двигуна, швидкість і багато інших); об'єктивна оцінка витрат палива в умовах міської їзди, а також часу витрати заряду акумуляторної батареї; надання своєчасної інформації про заміну масла, дозаправлення паливом і багатьох інших; універсальні поради про можливість здійснення маневрів різного роду, виходячи з поточних умов.

Аналіз публікацій

Сучасний транспортний засіб є досить складним електротехнічним комплексом, який містить в собі процеси передачі та обробки електротехнічної інформації і робота якого залежить від безлічі параметрів, які в свою чергу відповідають за роботу великої кількості вузлів і агрегатів автомобіля. Організація діагностики всього електронного обладнання автомобіля в нашій країні знаходиться на високому рівні. Але технологічна недосконалість, застосовуваної елементної бази, призводить до появи відмов, а отже до необхідності своєчасного діагностування при організації технічного обслуговування. [3, 4, 5].

Для вирішення проблем безпосереднього контролю, є необхідним впровадження на транспорті телематичних систем моніторингу технічного стану, які здійснюють передачу машинної інформації, а саме стану технічного засобу на відстані і можуть дати можливість вирішувати важливу науково-практичну задачу підвищення рівня діагностування автомобілів за рахунок попередження несправно-

стей, шляхом швидкісної обробки діагностичної інформації на борту автомобіля та передачі її в реальному часі експертам (операторам) [6, 7, 8].

Удосконалення і розвиток способів діагностування автомобілів в даний час є однією з актуальних. Проблема діагностики, в силу того, що існуючі програмні та програмно-технічні комплекси, використовуються стаціонарно і для одного виду діагностики найчастіше для одного автомобіля і в силу складності реалізації комплексної системи контролю та попередження несправностей. Одним з варіантів вирішення даного питання є використання експертних систем (ЕС), при якому процес розвитку моделі експертної системи проходить кілька етапів [9, 10].

Для досягнення високої якості вирішення завдань необхідно вдосконалювати систему технічного обслуговування автомобілів з урахуванням розвитку комп'ютерних та інтелектуальних технологій сьогодення. Використання ЕС розвивається поступово протягом всього часу існування досліджуваних систем, а тому еволюційний підхід до їх створення в межах обслуговування автомобілів повинен бути домінуючим в теоретичних дослідженнях та спеціальних розробках.

Мета і постановка задачі

Метою дослідження даної роботи є розгляд питання впровадження експертної системи контролю технічного стану та діагностуванні транспортних засобів.

Викладення основного матеріалу

Загальне визначення, яке дають експертним системам є: експертна система це - система здатна замінити експерта-людини при вирішенні деяких завдань. Природним виглядає доповнення, пов'язане з орієнтацією завдань на певну предметну область. Не слід бути дуже досвідченим, щоб помітити дві крайності в такому визначенні: по-перше, очевидно, що немає систем, які змогли б замінити людину-експерта, якщо такий є і в ньому є потреба; по-друге, якщо мова йде про функції людини, нехай навіть обмежені, але інтелектуальні, то будь-яка програмна система будучи використаною при вирішенні завдань може після деяких міркувань бути віднесена до експертних систем [11].

З приводу орієнтації ЕС, слід зазначити, що це не просто обмеження, а в більшій мірі

принцип їх побудови, що враховує унікальність знань кожного експерта (механіка або системи діагностування), емпіричний спосіб пошуку рішень завдань і високу їх якість. У літературі наведено прямо або побічно багато визначень ЕС. Більш привабливими і конструктивними виглядають визначення ЕС через етапи еволюції вирішуваних завдань, або через набір функцій, які вона реалізує, або через склад основних компонент.

Основними компонентами ЕС є бази даних (БД) і бази знань (БЗ), блоки пошуку рішення (БПР), пояснення, вилучення і накопичення знань, навчання та організації взаємодії з користувачем. БД, БЗ і БПР утворюють ядро ЕС яке представлено на рис. 1.

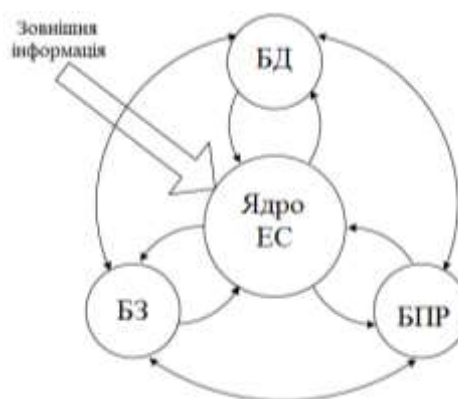


Рис. 1. Ядро експертної системи

Для конструювання ЕС використовуються різні інструментальні засоби: універсальні мови програмування, мови штучного інтелекту, інструментальні системи та середовища і системи-оболонки. Системи-оболонки є найбільш простим засобом формалізації (автоформалізації) експертних знань, практично не потребують участі посередників в особі інженера по знаннях або програміста при їх використанні. Інженер по знаннях тільки допомагає експерту вибрати найбільш підходящу для його проблемної області оболонку.

Узагальнена структура експертної системи представлена на рис. 2 [12]. Слід врахувати, що реальні експертні системи можуть мати більш складну структуру, однак блоки, зображені на рис. 2, неодмінно присутні в будь-якій експертній системі, оскільки являють собою негласний канон на структуру сучасної експертної системи.

Визначимо основні терміни в рамках даного модуля.

Користувач – це фахівець автомобільної галузі, для якого призначена система, зазвичай його кваліфікація недостатньо висока, і

тому він потребує допомоги і підтримки своєї діяльності з боку ЕС.

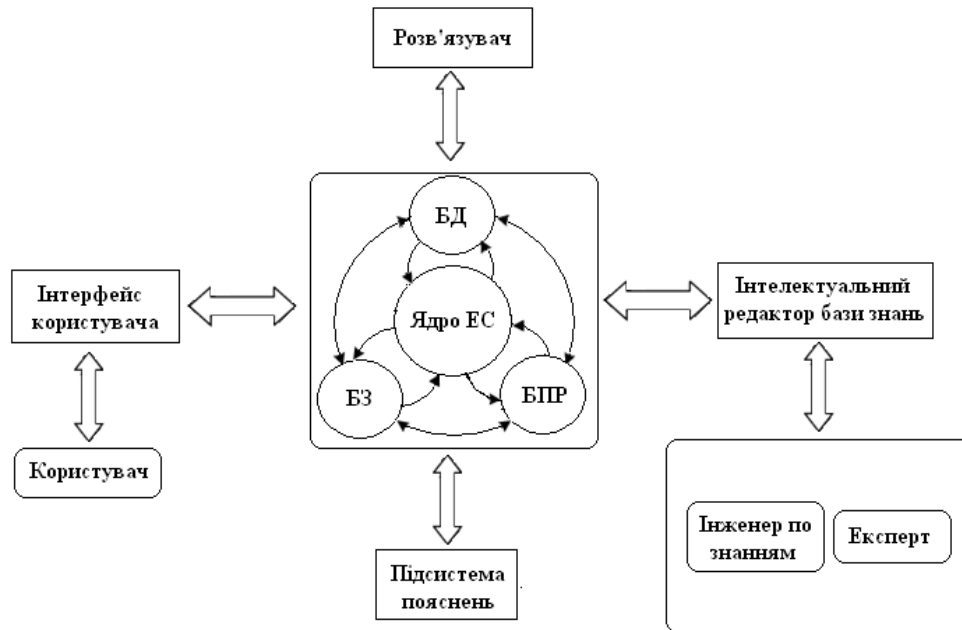


Рис. 2. Узагальнена структура ЕС

Інженер по знанням - фахівець зі штучного інтелекту, який виступає в ролі проміжного буфера між експертом і базою знань.

Інтерфейс користувача – комплекс програм, що реалізують діалог користувача з ЕС як на стадії введення інформації, так і отримання результатів.

База знань – сукупність знань предметної області, записана на машинний носій в формі, зрозумілій експерту і користувачу (зазвичай на мові, наближеній до природної). Паралельно такому "людському" уявленню існує БЗ у внутрішньому "машинному" поданні.

Розв'язувач – програма, що моделює хід міркування експерта на підставі знань, наявних в БЗ (яка створюється на базі знань механіків, який приймають безпосередню участь в обслуговуванні автомобілів).

Підсистема пояснень - програма, що дозволяє користувачеві отримати відповіді на питання; "Як була отримана та чи інша рекомендація?" і "Чому система прийняла таке рішення?" Відповідь на питання "як" - це трасування всього процесу отримання рішення із зазначенням використаних фрагментів БЗ, тобто всіх кроків ланцюга висновків. Відповідь на питання "чому" - посилання на умови, які безпосередньо передували отриманому рішення, тобто відхід на один крок назад.

Інтелектуальний редактор бази знань – програма, що представляє інженеру по знанням можливість створювати БЗ в діалоговому режимі. Включає в себе систему вкладених

меню, шаблонів мови представлення знань, підказок ("help" – режим) та інших сервісних засобів, що полегшують роботу з базою.

Клас "експертні системи" сьогодні об'єднує кілька тисяч різних програмних комплексів, які можна класифікувати за різними критеріями. Класифікація експертних систем наведена на рис. 3 [13].

Класифікація за завданням:

- інтерпретація даних. Це одна з традиційних завдань для експертних систем. Під інтерпретацією розуміється визначення сенсу даних, результати якого повинні бути узгодженими і коректними. Зазвичай передбачається багатоваріантний аналіз даних.

- діагностика. Під діагностикою розуміється виявлення несправності в деякій системі. Несправність - це відхилення від норми. Таке трактування дозволяє з єдиних теоретичних позицій розглядати і несправність обладнання в технічних системах, і захворювання живих організмів, і всілякі природні аномалії. Важливою специфікою є необхідність розуміння функціональної структури ("анатомії") діагностуючої системи.

- моніторинг. Основне завдання моніторингу - безперервна інтерпретація даних в реальному масштабі часу і сигналізація про вихід тих або інших параметрів за допустимі межі. Головні проблеми - "пропуск" тривожних ситуацій і інверсне завдання "помилко-

вого" спрацювання. Складність цих проблем в розмитості симптомів тривожних ситуацій і необхідності обліку тимчасового контексту.

– проектування. Проектування полягає в підготовці специфікацій на створення "об'єктів" із заздалегідь визначеними властивос-

тями. Під специфікацією розуміється весь набір необхідних документів креслення, пояснювальна записка і т.д. Основні проблеми тут – отримання чіткого структурного опису знань про об'єкт і проблема "сліду". Для організації ефективного проектування і, в ще більшому ступені, перепроjektування необхідно формувати не лише самі проектні

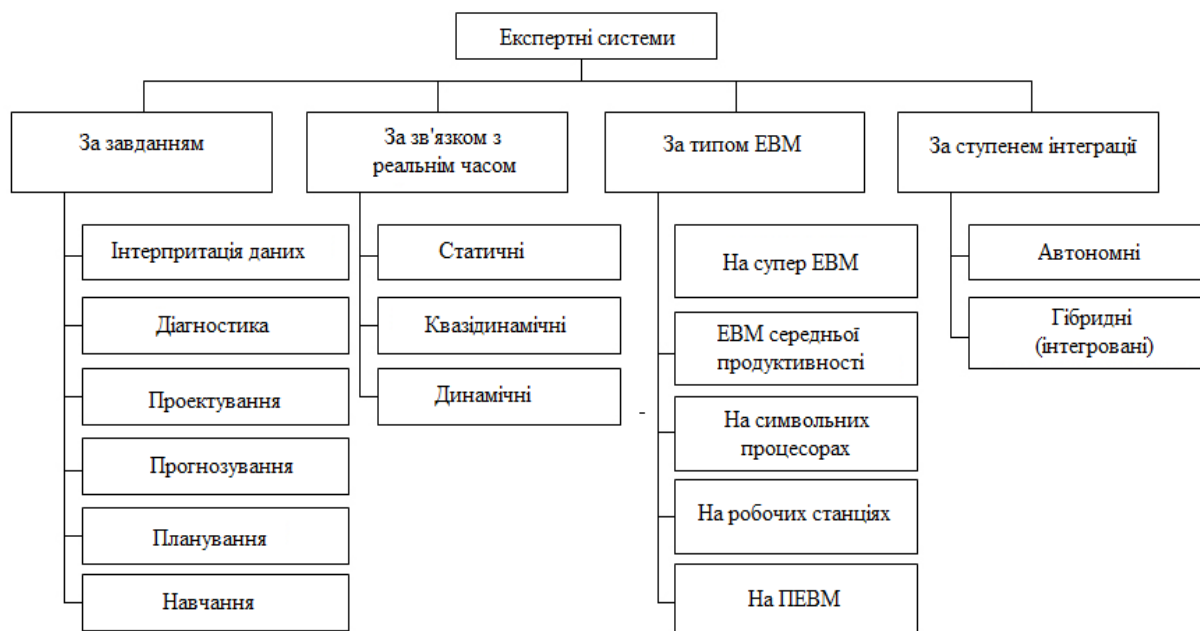


Рис. 3. Класифікація експертних систем

рішення, але і мотиви їх прийняття. Таким чином, в завданнях проектування тісно зв'язуються два основні процеси, виконуваних в рамках відповідної ЕС: процес виведення рішення і процес пояснення.

– прогнозування. Прогнозують системи логічно виводять вірогідні наслідки з заданих ситуацій. У прогнозуючій системі зазвичай використовується параметрична динамічна модель, в якій значення параметрів "підганяються" під задану ситуацію. Виведені з цієї моделі сліdstва складають основу для прогнозів з ймовірними оцінками.

– планування. Під плануванням розуміється знаходження планів дій, що відносяться до об'єктів, здатним виконувати деякі функції. У таких ЕС використовуються моделі поведінки реальних об'єктів з тим, щоб логічно вивести наслідки планованої діяльності.

– навчання. Системи навчання діагностують помилки при вивченні якої-небудь дисципліни за допомогою ЕВМ і підказують правильні рішення. Вони акумулюють знання про гіпотетичного "учня" і його характерних помилках, потім в роботі здатні діагностувати

слабкості в знаннях учнів і знаходити відповідні засоби для їх ліквідації. Крім того, вони планують акт спілкування з учнем залежно від успіхів учня з метою передачі знань.

Класифікація за зв'язком з реальним часом:

– статичні ЕС розробляються в предметних областях, в яких база знань і інтерпретовані дані не змінюються в часі. Вони стабільні. Прикладом є діагностика несправностей в автомобілі.

– квазідинамічні ЕС інтерпретують ситуацію, яка змінюється з деяким фіксованим інтервалом часу. Прикладом можуть бути мікробіологічні ЕС, в яких знімаються лабораторні вимірювання з технологічного процесу один раз в 4 – 5 годин (виробництво лізину, наприклад) і аналізується динаміка отриманих показників по відношенню до попереднього виміру.

– динамічні ЕС працюють в сполученні з датчиками об'єктів у режимі реального часу з безперервною інтерпретацією вхідних даних. Наприклад управління гнучкими виробничими комплексами, моніторингу реанімаційних палатах і т.д.

Класифікація за типом ЕОМ. На сьогоднішній день існують:

- ЕС для унікальних стратегічно важливих завдань на супер ЕВМ (Ельбрус, CRA, CONVEX та ін.);
- ЕС на ЕВМ середньої продуктивності (типу ЕС ЕВМ, mainframe);
- ЕС на символічних процесорах і робочих станціях (SUN, APOLLO);
- ЕС на міні- і суперміні - ЕВМ (VAX, micro-VAX і ін.);
- ЕС на персональних комп'ютерах (IBM PC, MAC II і подібні).

Класифікація за ступенем інтеграції з іншими програмами:

- автономні ЕС працюють безпосередньо в режимі консультацій з користувачем для специфічно "експертних" завдань, для вирішення яких не потрібно залучати традиційні методи обробки даних (розрахунки, моделювання і т. д.).
- гібридні ЕС представляють програмний комплекс, який об'єднує стандартні пакети прикладних програм (наприклад, математичну статистику, лінійне програмування або системи управління базами даних) і засоби маніпулювання знаннями. Це може бути інтелектуальна надбудова над ППП або інтегроване середовище для вирішення складного завдання з елементами експертних знань.

Незважаючи на зовнішню привабливість гібридного підходу, слід зазначити, що розробка таких систем являє собою задачу, на порядок більш складну, ніж розробка автономної ЕС. Стиковка не просто різних пакетів, а різних методологій (що відбувається в гібридних системах) породжує цілий комплекс теоретичних і практичних труднощів.

Як уже було відзначено раніше, архітектура різних ЕС, з точки зору вхідних в неї програмних модулів, ідентична практично для будь-яких завдань. Деталі реалізації модулів, звичайно, можуть сильно відрізняються в різних проектах, але їх базовий склад і взаємодія чітко визначений [14]. Таким чином, при створенні ЕС основні зусилля повинні бути сконцентровані на проектуванні БЗ, в рамках якого вибирається мова представлення знань, способи логічного висновку тощо. Тобто, незважаючи на те, що за своєю суттю ЕС це програмний продукт, розробка нової ЕС сильно відрізняється від написання нової програми. У випадку ж якщо в якості інструментального засобу використовується оболонка ЕС, етап

програмування взагалі виключається з процедури створення ЕС. З огляду на вищесказане, технологію розробки ЕС можна представити схемою, що включає наступні етапи (рис.4).

Попередній етап - цей етап включає діяльність попередню рішенням про розробку нової ЕС. В рамках цього етапу здійснюються конкретизація завдання, підбір експертів в даній галузі для спільної роботи, вибір відповідних інструментальних засобів. Головною особливістю цього етапу є те, що може бути прийнято рішення про недоцільність розробки ЕС для обраного завдання.

Етап створення прототипу - в ході цього етапу створюється прототип ЕС, призначений для перевірки правильності обраних засобів і методів розробки нової ЕС. До прототипу системи не пред'являються високі вимоги. Основне його завдання полягає в ілюстрації можливостей майбутньої системи для фахівців, які безпосередньо беруть участь в розробці, а також для потенційних користувачів. На цьому етапі може бути здійснено коригування проекту, уточнені час, вартість і необхідні ресурси для завершення роботи.

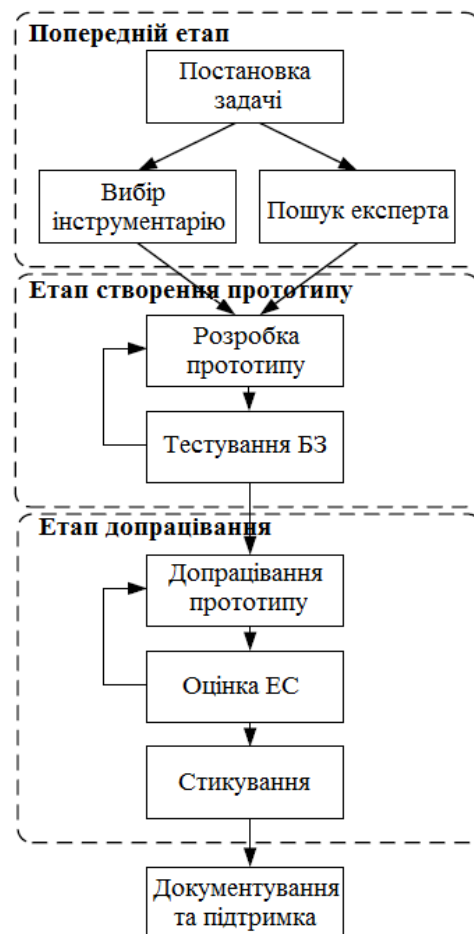


Рис. 4. Етапи розробки ЕС

Етап доопрацювання - це по суті основний, найбільш рутинний і тривалий етап роботи над ЕС. Всі компоненти багаторазово тестуються і доводяться до відповідності вимогам проекту. Найбільшу складність викликає доробка і доказ адекватності та ефективності БЗ, так як кількість записів в ній може бути на порядок більше, ніж в прототипі.

На практиці межа між етапами може бути розмита, а сам процес проектування є досить неформальним, так як пов'язаний з дослідженням і спробою копіювання діяльності людини. Велика кількість застосовуваних евристик, інтуїтивний підхід до вирішення завдань експертами роблять процес створення ЕС творчим. Втім, формалізація технології ЕС, розробка в її рамках математичних методів і алгоритмів формування і обробки знань - це і є суть сучасної теорії ЕС. Ще однією особливістю розробки ЕС є поетапне її впровадження. Перші версії нової ЕС починають експлуатуватися в обмеженому обсязі вже на етапі прототипу.

Висновки

Проведений аналіз сучасних напрямків вирішення завдань обробки несправностей, а саме можливість створення експертної системи в автомобільній галузі. Детальний розгляд експертної системи (класифікація ЕС, етапи створення та їх алгоритмізація), як спосіб отримання, аналізу та обробки діагностичної інформації дав змогу визначити, що експертна система є оптимальним варіантом обробки та зберігання інформації, яка в подальшому може бути використана за потребою людиною або машиною для вирішення потреб діагностування та обслуговування автомобілів.

На основі реалізації механізмів мислення, з'явилася можливість вирішувати важливу науково-практичну задачу підвищення рівня моніторингу та обслуговування ТЗ використовуючи ЕС.

Література

1. Говорущенко Н. Я., Туренко А. Н. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). РИО ХГАДТУ. 1998. 468 с.
2. Дентон Т. Автомобильная электроника. NT Press. 2008. 576 с.
3. Интеллектуальные транспортные системы. 2018. URL: <http://m2m-t.ru/solutions/its/> (дата звернення: 15.10.2018).
4. Ощепкова Е. А. Информационные технологии на автомобильном транспорте. КуЗГТУ. 2012. 144 с.

5. Волков Ю. В. Ретроспективный анализ и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей. *Вестник ХНАДУ*. 2015. №71. С. 30–35.
6. Волков В. П., Матейчик В. П., Комов П. Б., Грицук І. В., Смешек М., Волкова Т. В., Цюман М. П. Интеллектуальные системы мониторингу транспорта. Вид-во НТМТ. 2015. 246 с.
7. Волков В. П., Матейчик В. П., Грицук І. В., Мармут І. А., Волкова Т. В., Володарець М.В. Мониторинг технічного стану автомобіля в життєвому циклі: підручник. ХНАДУ. 2017. 309 с.
8. Грицунов О. В. Інформаційні системи та технології. Харків: ХНАМГ. 2010. 222 с.
9. Джексон П. Введение в экспертные системы. Вильямс. 2001. 624 с.
10. Частиков А. П., Гаврилова Т. А., Белов Д. Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. БХВ- Петербург. 2003. 396 с.
11. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему. Энергоатомиздат. 1991. 286 с.
12. Введения в экспертные системы 2018. URL: http://www.habarov.spb.ru/new_es/exp_sys/es01/es1.htm (дата звернення: 23.10.2018).
13. Классификация экспертных систем 2018. URL: http://expertsistem.ucoz.ru/index/klassifikacija_ehkspertnykh_si-stem/0-21 (дата звернення: 23.10.2018).
14. Муромцев Д. И. Введение в технологии экспертных систем. ИТМО. 2005. 107 с.

References

1. Govoruschenko N.Ya., Turenko A.N. (1998). Sistemotekhnika transporta (na primere avtomobilnogo transporta) [Systems engineering of transport (for example, road transport)]. Kharkiv: HGADTU. [in Russian].
2. Denton T. (2008). Avtomobilnaya elektronika [Car electronics]. Moskov: NT Press. [in Russian].
3. Intellektualnyie transportnyie sistemyi [Intelligent transport systems]. Retrived from: <http://m2m-t.ru/solutions/its/> (accessed: 15.10.2018) [in Russian].
4. Oschepkova E. A. (2012). Informatsionnyie tehnologii na avtomobilnom transporte [Information technology in road transport]. Kemerovo: KuZGTU. [in Russian].
5. Volkov Yu.V. (2015). Retrospektivnyiy analiz i perspektivy razvitiya tehnicheckoy ekspluatatsii avtomobiley. *Kharkiv: Vestnik KhNADU*, 71, 30 – 35. [in Russian].
6. Volkov V.P., Mateichik V.P., Komov P.B., Gritsuk I.V., Smeshk M., Volkova T.V., Tsyuman M.P. (2015). Intellektualni sistemi monitoringu transportu [Intelligent transport monitoring systems]. Kharkiv: NTMT. [in Ukrainian].
7. Volkov V.P., Mateychik V.P., Gritsuk I.V., Marmut I.A., Volkova T.V., Volodarets M.V. (2017). Monitoring tehnicheckogo stanu avtomobilya v zhittevom tsikli [Monitoring of

- technical condition of an auto-car in the life cycle]. Kharkiv: KhNADU. [in Ukrainian].
8. Gritsunov O.V. (2010). Informatsiyni sistemi ta tehnologii [Information systems and technologies]. Kharkiv: HNAMEG. [in Ukrainian].
 9. Dzhekson P. (2001). Vvedenie v ekspertnyie sistemy [Introduction to expert systems]/ SPb: Vilyams. [in Russian].
 10. Chastikov A.P. and Gavrilova T.A. and Belov D.L. (2003). Razrabotka ekspertnyih sistem. Sreda CLIPS [Development of expert systems. SLIPS development environment]. SPb: BHV. [in Russian].
 11. Neylor K. (1991). Kak postroit svoyu ekspertnyuyu sistemu [How to build your expert system] Moskov, Energoatomizdat. [in Russian].
 12. Vvedeniya v ekspertnyie sistemy [Introduction to expert systems]. Retrived from: http://www.habarov.spb.ru/new_es/exp_sys/es01/es1.htm (accessed: 23.10.2018) [in Russian].
 13. Klassifikatsiya ekspertnyih sistem [Classification of expert systems]. Retrived from: http://expertsistem.ucoz.ru/index/klassifikacija_expertnykh_si-stem/0-21(accessed: 23.10.2018) [in Russian].
 14. Muromtsev D.I. (2005). Vvedenie v tehnologii ekspertnyih sistem [Introduction to expert systems technology]. SPb: ITMO. [in Russian].

Павленко Вячеслав Николаевич¹, к.т.н., доц. кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, тел. +38(057) 707-37-69, e-mail: vp.khadi@gmail.com.

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Expert systems for monitoring the technical condition of the vehicle

Abstract. Problem. In order to achieve the high quality of the solution of problems, it is necessary to improve the system of technical maintenance of cars taking into account the development of computer and intellectual technologies of the present. The use of expert systems develops gradually over the entire time of the existence of the systems being studied, and therefore the evolutionary approach to their creation within the service of cars should be dominant in theoretical studies and special developments. **Methodology.** The theoretical and methodological basis of the research is made up of the fundamental principles of modern computer technology, service technology, scientific works of foreign and domestic scientists in the field of expert systems and information technology in the organization of technical maintenance. **Goal.** The goal of the study of this work is to consider the introduction of an

expert system for monitoring the technical condition and diagnostics of vehicles. **Results.** The article considers an estimation of the possibility of using an expert system in the maintenance and diagnosis of vehicles at a service station. **Originality.** A detailed review of the expert system (ES classification, stages of creation and their algorithmization) as a way of obtaining, analyzing and processing diagnostic information has made it possible to determine that the expert system is the optimal way of processing and storing information that can subsequently be used as needed by a person or a machine. to meet the needs of diagnosing and servicing automobiles. **Practical value.** The results of the conducted research allow us to conclude that it is possible to solve an important scientific and practical task of increasing the level of monitoring and servicing vehicles using expert systems. The formalization of the technology of expert systems, the development in its framework of mathematical methods and algorithms for the formation and processing of knowledge - this is the direction for implementation when servicing cars.

Key words: operation; maintenance; diagnostics; expert system; knowledge base; vehicle.

Viacheslav Pavlenko¹, Ph.D., Assoc. Prof., tel. +38(057) 707-37-69, e-mail: vp.khadi@gmail.com. ¹Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslav Mudry street, Kharkiv, 61002, Ukraine.

Экспертные системы контроля технического состояния транспортных средств

Аннотация. Рассмотрена оценка возможности применения экспертной системы при техническом обслуживании и диагностике автомобилей на сервисных станциях обслуживания. Детальное рассмотрение экспертной системы (классификация ЕС, этапы создания и их алгоритмизация), как способ получения, анализа и обработки диагностической информации позволил определить, что экспертная система является оптимальным вариантом обработки и хранения информации, которая в дальнейшем может быть использована при необходимости человеком или машиной для решения потребностей диагностики и обслуживания автомобилей.

Ключевые слова: эксплуатация; техническое обслуживание; диагностирование; экспертная система; база знаний; транспортное средство.

Павленко Вячеслав Николаевич¹, к.т.н., доц. каф. технической эксплуатации и сервиса автомобилей, тел. +38(057) 707-37-69, e-mail: vp.khadi@gmail.com.

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина, Харьков, 61002, ул. Ярослава Мудрого 25.