

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертацію «Підвищення ефективності експлуатації функціональних систем силової установки гібридного автомобіля»

здобувача **Заверухи Руслана Романовича,**

поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань

27 – Транспорт за спеціальністю 274 – Автомобільний транспорт

Актуальність теми дисертаційної роботи обумовлена на підставі оцінки і проведеного аналізу результатів досліджень обґрунтовано принципи і метод діагностики технічного стану гібридної силової установки, що забезпечує єдиний підхід дослідження технічного стану агрегатів незалежно від схеми будови та конструктивних особливостей гібридного автомобіля. Більшість викладених технологій діагностування гібридних силових установок не дозволяють об'єктивно проводити комплексну оцінку їх технічного стану за діагностичними параметрами, оскільки не відпрацьовано механізм їх спільного нормування і приведення до єдиної шкали вимірювання.

Метою дисертаційної роботи є розроблення стратегії діагностування технічного стану гібридної силової установки на підставі концепції нейромережевого та нейро-нечіткого управління з адаптивним критиком на підставі методу навчання нейронної мережі з підкріпленням.

Для досягнення мети в роботі поставлені та вирішені такі **завдання**:

1) Виконана формальна постановка оптимізаційної задачі діагностування гібридної силової установки при векторному функціоналі якості управління.

2) Розроблено теоретичні основи структурної та параметричної ідентифікації математичної моделі технічного стану гібридної силової установки.

3) Удосконалено оцінку технічного стану ДВЗ гібридної силової установки за діагностичними параметрами економічності та екологічної безпеки на підставі використання апарату штучних нейронних мереж.

4) Визначено стійку і ефективну роботу тягового електродвигуна гібридної силової установки у всьому діапазоні тягово-швидкісних режимів, що задаються за умовами обмеження споживаної потужності тягової акумуляторної батареї.

5) Експериментально підтверджено ефективність використання енергетичного підходу для діагностування технічного стану гібридної силової установки та науково обґрунтовано діагностичні параметри ДВЗ і тягової акумуляторної батареї на підставі розрахункового експерименту та дорожніх випробувань гібридного автомобіля.

6) Отримано метод діагностики технічного стану гібридної силової установки, який використовує штучні нейронні мережі та системи нечіткого висновку для ідентифікації коефіцієнта технічного стану ДВЗ та тягової акумуляторної батареї.

Об'єктом дослідження є підвищення ефективності експлуатації функціональних систем гібридного автомобіля шляхом оперативного синтезу управляючих впливів за енергетичними і якісними критеріями з урахуванням умов експлуатації.

Предметом дослідження є те, що більшість викладених технологій діагностування гібридних силових установок не дозволяють об'єктивно проводити комплексну оцінку їх технічного стану за діагностичними параметрами, оскільки не відпрацьовано механізм їх спільного нормування і приведення до єдиної шкали вимірювання.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, результатів і висновків дисертації забезпечена коректним використанням сучасних **методів дослідження** зокрема за допомогою Розроблено стратегію діагностування технічного стану гібридної силової установки на підставі концепції нейромережевого та нейро-нечіткого управління з адаптивним критиком на підставі методу навчання нейронної мережі з підкріпленням.

Виконана формальна постановка оптимізаційної задачі діагностування гібридної силової установки при векторному функціоналі якості управління. Компонентами векторного функціоналу прийнято критерії точності управління, використання енергії тягової акумуляторної батареї, ступеня токсичності відпрацьованих газів. Надано використання принципу гарантованого результату та лінованого звернення векторного критерія в суперкритерій для визначення технічного стану гібридної силової установки на множині Парето-оптимальних управлінь при нерівних критеріях оптимальності. В основу синтезу математичної моделі діагностики технічного стану гібридної силової установки лежить апроксимація нейронними мережами характеристик ДВЗ, які базуються на діагностичних даних випробувань.

Наукова новизна результатів дослідження полягає у наступному:

у дисертаційній роботі вирішене актуальне науково-прикладне завдання, що створює умови для ефективного використання гібридних автомобілів за рахунок удосконалення методу визначення ефективної роботоздатності гібридної силової установки на етапі експлуатації.

вперше:

- метод діагностики технічного стану ГСУ забезпечує єдиний підхід дослідження технічного стану агрегатів незалежно від схеми будови та конструктивних особливостей гібридного автомобіля;

- стратегія діагностування технічного стану ГСУ на підставі концепції нейромережевого та нейро-нечіткого управління з адаптивним критиком на підставі метода навчання нейронної мережі з підкріпленням.

дістало подальшого розвитку:

- метод діагностування технічного стану ГСУ, який на відміну відомих, враховує наукове обґрунтування діагностичних параметрів на підставі

проведених обчислювальних експериментів при використанні розроблених математичних моделей та дорожніх випробувань гібридного автомобіля.

апробовано:

- оцінку технічного стану двигуна внутрішнього згоряння ГСУ за діагностичними параметрами економічності та екологічної безпеки на підставі використання апарату штучних нейронних мереж.

Теоретичну основу дослідження складає обґрунтування та аналіз літературних джерел, що стосується задачі, дослідженої в дисертаційній роботі. Встановлено, що перспективним напрямком підвищення ефективності та екологічної безпеки гібридних транспортних засобів є використання комплексного підходу до оцінки їх технічного стану з метою вибору найкращої технології діагностування гібридної силової установки, які експлуатуються в умовах України.

Аналіз підходів, принципів і методів діагностування гібридних силових установок показує необхідність їх подальшого розвитку та вдосконалення. Більшість викладених технологій діагностування гібридних силових установок не дозволяють об'єктивно проводити комплексну оцінку їх технічного стану за діагностичними параметрами, оскільки не відпрацьовано механізм їх спільного нормування і приведення до єдиної шкали вимірювання. Аналіз відмов і несправностей, які виникають в ГСУ автомобіля, свідчать про те, якщо проводити додаткові діагностичні операції та заміни запчастин не передбачених заводом виробником при технічному обслуговуванні, то зменшиться ймовірність відмов силової установки. Тим самим можна уникнути простій автомобіля в ремонті або заощадити витрату палива.

Зміст роботи відповідає назві дисертації та спеціальності 274 – Автомобільний транспорт.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- отримані наукові результати становлять єдиний комплекс досліджень (концепція, принципи, методи та математичні моделі), запропоновано методику діагностування технічного стану гібридної силової установки на підставі концепції нейромережевого управління. Дисертаційні дослідження складають теоретичну базу для діагностики технічного стану агрегатів гібридної силової установки, наукового обґрунтування базових діагностичних параметрів екологічно-чистих транспортних засобів.

- тримані результати були використані при розробці метода діагностування технічного стану складових гібридної силової установки за допомогою обчислювального експерименту і визначені науково обґрунтовані рекомендації встановлення діагностичних параметрів для аналізу технічного стану ДВЗ та тягової акумуляторної батареї.

- за результатами досліджень запропоновано алгоритм та процедуру раціонального діагностування технічного стану гібридної силової установки автомобіля на етапі експлуатації. Розроблені методики впроваджені в ТОВ «ТЕРКО АВТО», а також використовуються в навчальному процесі Тернопільського фахового коледжу Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Основні положення дисертації представлені на національних та міжнародних конференціях та повністю опубліковані у фахових виданнях та виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз.

Результати дисертаційної роботи повністю відображено в публікаціях:

1. Марціяш О.М., Мурований І.С., Заверуха Р.Р. Визначення характеристик роботи електромагнітних форсунок бензинового двигуна на лабораторному стенді. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки», Луцьк, 2016, вип. 55. С. 237-240.

2. Марціяш О.М., Заверуха Р.Р., Ужва А.В. Аналіз моделей стендів для дослідження параметрів системи керування бензинових ДВЗ легкових автомобілів. Автомобільний транспорт, вип. 41, 2017. С. 61-66.

3. Бажинов О.В., Бажинова Т.О., Заверуха Р.Р. Інформаційна комплексна система діагностики гібридних і електромобілів. Інженерія природокористування. Харків, 2020, №2 (16), с.12-18.

4. Бажинов О.В., Заверуха Р.Р. Діагностика функціональних систем силової установки гібридного автомобіля. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів, Харків, ХНУСГ, 2020, № 21, с.195-200.

5. Бажинов О.В., Бажинова Т.О., Заверуха Р.Р. Метод визначення ефективної роботи силової установки гібридного автомобіля. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів, Харків, ХНУСГ, 2021, № 23, с.180-187.

6. Бажинов О.В. Діагностика силової установки гібридного автомобіля/ Бажинов О.В., Бажинова Т.О., Заверуха Р.Р. – Монографія, Харків: ХНАДУ, 2021.- 116с.

7. Development of a Method for Evaluating the Technical Condition of a Cars Hybrid Powertrain by Oleksiy Bazhinov, Juraj Gerlici, Oleksandr Kravchenko, Yevhen Haiek, Tetiana Bazhynova, Ruslan Zaverukha and Kateryna Kravchenko. Symmetry 2021, 13 (12). 2356, <https://doi.org/10.3390/sym13122356> Dec 2021 Viewed by 393.

8. Ляшук О.П., Пиндус Ю.І., Заверуха Р.Р., Пиндус Т.Б. Стенд дослідження робочих параметрів системи керування бензинових двигунів. Збірник тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Т.1, Тернопіль, 2015. С.

9. Бажинов А.В., Заверуха Р.Р. Применение систем нечеткого вывода для оценки технического состояния гибридной силовой установки автомобиля. Збірник тез доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура», Київ, 2020. С. 8-10.

10. Бажинов О.В., Заверуха Р.Р. Вибір стратегії управління силовою установкою гібридного автомобіля. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції « Концепція розвитку електричного транспорту та його систем», ХНУМГ, Харків, 2020. С. 31-32.

11. Бажинов О.В., Заверуха Р.Р. Критерії оцінки технічного стану силової установки гібридного автомобіля. Матеріали науково-практичної конференції «Службово-бойова діяльність Національної гвардії України: сучасний стан, проблеми і перспективи», НАНГУ, Харків, 2020. С.

12. Заверуха Р.Р. Використання інформаційних систем в управлінні гібридними силовими установками автомобілів. Збірник наукових праць П Міжнародної науково-практичної конференції «Комп'ютерні технології і мехатроніка», ХНАДУ, Харків, 2020. С. 347-350.

13. Заверуха Р.Р. Обґрунтування режимів роботи гібридної силової установки автомобіля. Матеріали МНПК «Молодь і технічний прогрес в АПВ» Інноваційні розробки в аграрній сфері, Том 2, ХНУСГ, Харків, 7-8 травня 2020, с. 64-65.

14. Бажинов О.В., Заверуха Р.Р. Математична модель тягової акумуляторної батареї гібридного автомобіля. Збірник тез доповідей IV МНПК «Автомобільний транспорт та інфраструктура» 21-23 квітня 2021, Київ, с. 89-90.

15. Лабораторний стенд для визначення характеристик роботи електромагнітних форсунок бензинового двигуна легкового автомобіля: пат. 115354U України: МПК G 01F 5/00. № u 2016 11488, заявл. 06.12.2016; опубл. 10.04.2017, Бюл. № 7.

16. Лабораторний стенд для визначення робочих характеристик системи впорскування палива легкового автомобіля: пат. 128362 U України: МПК G09B 25/02. № u 2018 04380, заявл. 20.04.2018; опубл. 10.09.2018, Бюл. № 17.

17. Лабораторний стенд для визначення робочих характеристик безконтактної системи запалювання легкового автомобіля: пат. 128366 U України: МПК G 09B 25/02. № u 2018 04397, заявл. 20.04.2018; опубл. 10.09.2018, Бюл. №17.

18. Лабораторний стенд для визначення робочих характеристик системи електропостачання легкового автомобіля: пат. 123583 U України: МПК G 09B 25/02. № u 2017 11117, заявл. 13.11.2017; опубл. 26.02.2018, Бюл. №4.

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

Дисертація Заверухи Р.Р. на тему «Підвищення ефективності експлуатації функціональних систем силової установки гібридного автомобіля» відповідає вимогам «Тимчасового порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6

березня 2019 р. № 167. Дисертація оформлена згідно з вимогами Наказу МОН України від 17.01.2017 року № 40.

Висновок

Дисертація Заверухи Р.Р. на тему «Підвищення ефективності експлуатації функціональних систем силової установки гібридного автомобіля» за рівнем теоретичної обґрунтованості, новизною та практичним значенням її результатів є завершеною самостійно виконаною науковою працею, а її автор заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії з галузі знань 27 – Транспорт за спеціальністю 274 – Автомобільний транспорт.

Рецензент

Кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології машинобудування та
ремонту машин Харківського національного
автомобільно-дорожнього університету

 Георгій СЕРІКОВ



