

УДК 629.3.018

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ВУЗЛІВ АВТОМОБІЛЯ

**О.Я. Ніконов, професор, д.т.н., В.М. Шуляков, асистент,
В.І. Фастовець, доцент, к.т.н., А.В. Шамаріна, студент ХНАДУ**

Анотація. Наведено результати експериментальних досліджень динамічних процесів системи адаптивної підвіски автомобіля. Експериментально доведено ефективність функціонування інформаційно-керуючої системи адаптивної підвіски автомобіля.

Ключові слова: Експеримент, динамічні процеси, інформаційно-керуюча система, автомобіль, рух, підвіска, блок керування.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ УЗЛОВ АВТОМОБИЛЯ

**О.Я. Никонов, профессор, д.т.н., В.М. Шуляков, ассистент,
В.И. Фастовец, доцент, к.т.н., А.В. Шамарина, студент ХНАДУ**

Аннотация. Приведены результаты экспериментальных исследований динамических процессов системы адаптивной подвески автомобиля. Экспериментально доказана эффективность функционирования информационно-управляющей системы адаптивной подвески автомобиля.

Ключевые слова: Эксперимент, динамические процессы, информационно-управляющая система, автомобиль, движение, подвеска, блок управления.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS EFFECTIVE FUNCTIONING OF THE VEHICLE ELECTROHYDRAULIC UNITS

**O.J. Nikonov, professor, dr. eng. sc., V.M. Shuliakov, assistant lecturer,
V.I. Fastovec, assistant professor, cand. eng. sc., A.V. Shamarina, student KhNAHU**

Abstract. The results of experimental studies of the dynamic processes of the adaptive suspension system of a car are presented. The efficiency of the intelligent control system of adaptive suspension of a car is experimentally proved.

Keywords: Experiment, dynamic processes, intelligent control system, car, movement, suspension, control unit.

Вступ

Електрогідролічні приводи знайшли широке застосування у якості виконавчих механізмів систем автоматичного керування автомобілів. Розробці та дослідженню електронних мікропроцесорних систем, побудованих з використанням нейро-фаззи логіки, присвячено ряд робіт [1-5]. В цих роботах показано, що використання нейро-фаззи логіки для ке-

рування електрогідролічними приводами дозволяє значно підвищити точність та розширити області стійкості такої системи.

Системи керування параметрами адаптивної підвіски автомобіля представляють собою спеціальні системи адаптивного керування, які призначаються для керування параметрами підвіски автомобіля – жорсткістю і коефіцієнтом демпфування амортизаторів [6,7],

зміною дорожнього просвіту для оптимальної технічної експлуатації автомобілів і стабілізації положення кузова при коливанні корпусу автомобіля.

Аналіз публікацій

Шляхи підвищення ефективності адаптивних підвісок ведуть до розроблення методів і алгоритмів синтезу таких систем з використанням інтелектуальних систем управління, новітніх інформаційних технологій, а також стохастичних характеристик зовнішніх збурень, що діють на об'єкт. Інтелектуалізації таких систем можна досягнути на основі нечіткої логіки і гібридних нейро-фаззі архітектур, а також використанням технології глибинного структурного (ієрархічного) навчання і згорткових мереж. [8-13].

Мета і постановка задачі

Метою роботи є проведення експериментальних досліджень ефективності функціонування інформаційно-керуючої системи адаптивної підвіски автомобіля. Це дозволить підвищити енергоефективність, надійність, безвідмовність, довговічність, безпеку використання адаптивної підвіски автомобіля.

Аналіз результатів експериментальних досліджень інформаційно-керуючої системи адаптивної підвіски автомобіля

Експериментальні дослідження ефективності функціонування інформаційно-керуючої системи адаптивної підвіски автомобіля проводилися на мікропроцесорному стенді описаному в [14-15].

На рис. 1-4 наведено типові розрахункові та експериментальні динамічні процеси для інформаційно-керуючої системи адаптивної підвіски автомобіля для однієї реалізації випадкового збурення $M_{(зБ)}(t)$ для імітування руху по асфальтованій дорозі.

При цьому $|\omega(t)_{\max}|$ що наведені на рисунках, відхиляються від $M[\omega(t)_{\max}]$ не більш як на 2%. Та $|\varphi(t)_{\max}|$ що наведені на рисунках, відхиляються від $M[\varphi(t)_{\max}]$ не більш як на 2%. Об'єм статистичної вибірки при розрахунках математичних очікувань складав 10^4 .

Навчання нейро-фаззі регулятора проводилося за допомогою метода субтрактивної кластеризації сумісно з гібридним методом що поєднує метод зворотнього поширення помилки з методом найменших квадратів.

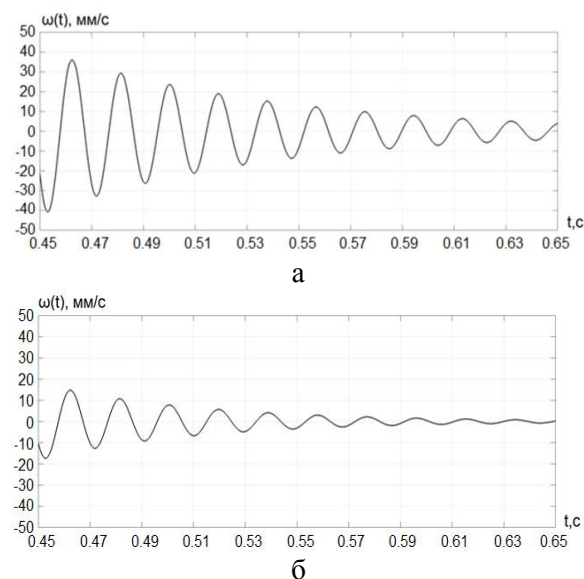


Рис. 1 – Динамічні процеси системи адаптивної підвіски автомобіля для швидкості об'єкта управління при переміщенні об'єкта управління на 150 мм (розрахункові) для асфальтованої дороги: а - для штатного блоку керування; б - для блоку керування з нейро-фаззі регулятором

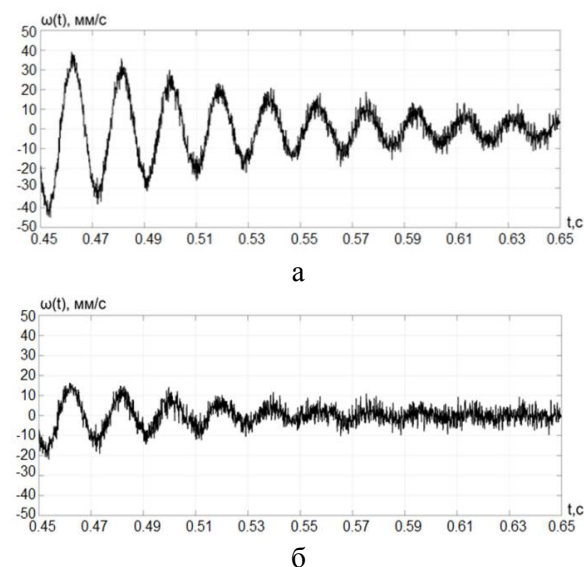


Рис. 2 – Динамічні процеси системи адаптивної підвіски автомобіля для швидкості об'єкта управління при переміщенні об'єкта управління на 150 мм (експериментальні) для асфальтованої дороги: а - для штатного блоку керування; б - для блоку керування з нейро-фаззі регулятором

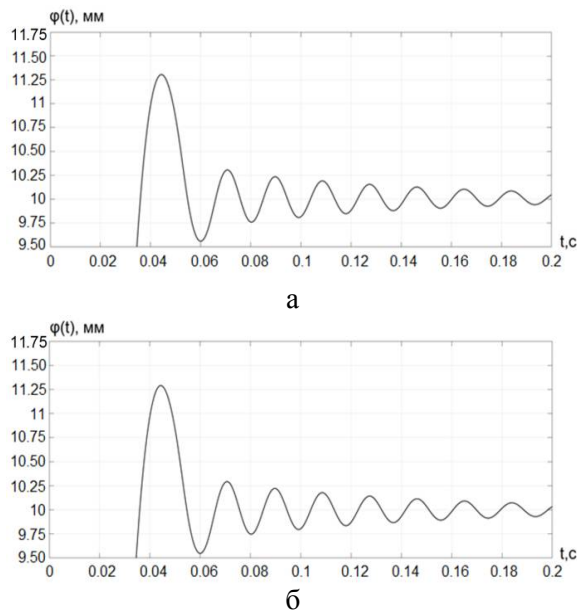


Рис. 3 – Динамічні процеси системи адаптивної підвіски автомобіля для переміщення об'єкта управління на 10 мм (розрахункові) для асфальтованої дороги: а - для штатного блоку керування; б - для блоку керування з нейро-фаззі регулятором

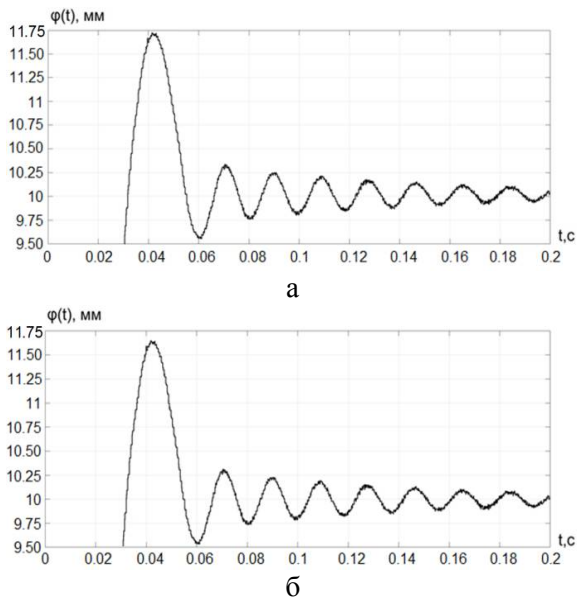


Рис. 4 – Динамічні процеси системи адаптивної підвіски автомобіля для переміщення об'єкта управління на 10 мм (експериментальні) для асфальтованої дороги: а - для штатного блоку керування; б - для блоку керування з нейро-фаззі регулятором

В таблиці 1 та 2 наведено численні розрахункові і експериментальні дані величин $M[\omega(t)_{\max}]$ та $M[\varphi(t)_{\max}]$ при русі по асфальтованій дорозі. Об'єм статистичної вибірки

при розрахунках математичних очікувань складав 10^4 .

Таблиця 1 – Розрахункові і експериментальні дані досліджень інформаційно-керуючої системи адаптивної підвіски автомобіля для швидкості об'єкта управління

№	Алгоритми керування (навчання)	Розрахункове $M[\omega(t)_{\max}]$ мм/с	Експериментальне $M[\omega(t)_{\max}]$ мм/с
1	Штатний блок керування	36,5341	38,1782
2	Блок керування з нейро-фаззі регулятором	14,7835	15,5485

Таблиця 2 – Розрахункові і експериментальні дані досліджень інформаційно-керуючої системи адаптивної підвіски автомобіля для переміщення об'єкта управління

№	Алгоритми керування (навчання)	Розрахункове $M[\varphi(t)_{\max}]$ мм	Експериментальне $M[\varphi(t)_{\max}]$ мм
1	Штатний блок керування	11,3032	11,7325
2	Блок керування з нейро-фаззі регулятором	11,2891	11,6502

Максимальна неузгодженість розрахункових і експериментальних даних для штатного блоку керування і блоку керування з нейро-фаззі регулятором по величині $M[\omega(t)_{\max}]$ становить 5,17%, та по величині $M[\varphi(t)_{\max}]$ становить 3,79%.

Наведені рисунки свідчать про адекватне відображення динамічних процесів, що відбуваються при русі автомобіля по асфальтованій дорозі, і можливість використання математичних моделей інформаційно-керуючої системи адаптивної підвіски автомобіля для дослідження динамічних процесів шляхом численних експериментів. Експериментально доведена ефективність використання інформаційно-керуючої системи адаптивної підвіски автомобіля на основі використання нейро-фаззі регуляторів. У подальшому перспективним є використання технології глибин-

ного структурного (ієрархічного) навчання і згорткових мереж.

Висновки

Проведено експериментальні дослідження інформаційно-керуючої системи адаптивної підвіски автомобіля на основі використання нейро-фаззи регуляторів. Низка експериментів підтверджує результати імітаційного моделювання і тим самим ефективність функціонування інформаційно-керуючих систем підвіски автомобіля на основі штучних нейронних мереж, методів еволюційного моделювання та нечіткої логіки.

Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Державного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом Ф76/92-2017.

Література

1. Borgelt Ch. Neuro-Fuzzy-Systeme: von den Grundlagen kuenstlicher Neuronaler Netze zur Kopplung mit Fuzzy-Systemen / Ch. Borgelt. – Wies-baden, 2003. – 434 p.
2. Spooner J.T. Stable adaptive control and estimation for nonlinear systems: neural and fuzzy approximator techniques / J.T. Spooner. – New York, 2002. – 545 p.
3. Ross T.J. Fuzzy logic with engineering applications / T.J. Ross. – Chichester: Wiley, 2004. – 628 p.
4. Ali H.K. Fuzzy Controller Design of Servo System / H.K. Ali // Asian Journal of Applied Science. – 2011. – P. 403–413.
5. Holland J.H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence / Holland J.H. – London: Bradford book edition, 1994. – 211 p.
6. Кашканов А.А. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту: навчальний посібник / А.А. Кашканов, В.П. Кужель, О.Г. Грисюк. - Вінниця: ВНТУ, 2010. – 230 с.
7. Голобородько О.О. Мехатронні системи автомобільного транспорту: Навч. посібник. / О.О. Голобородько, В.В. Редчиць, О.М. Коробочка. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006 — 300 с.
8. Hinton G.E. Reducing the dimensionality of data with neural networks / G.E. Hinton, R.R. Salakhutdinov // Science, 2006, 313(5786), P. 504-507.
9. Bergstra J. Random Search for HyperParameter Optimization / J. Bergstra, Y. Bengio // Journal of Machine Learning Research, 2012, P. 281-305.
10. Stuhlsatz A. Feature extraction with deep neural networks by a generalized discriminant analysis / A. Stuhlsatz, J. Lippel, T. Zielke // IEEE Trans. Neural Networks Learning Syst., 2012, P. 596-608.
11. Hinton G.E. A practical guide to training restricted Boltzmann machines / G.E. Hinton // Neural networks: Tricks of the trade, 2nd ed., Springer, 2012, P. 599-619.
12. Nikonov O. Automobile information systems: a principle of image processing using deep-learning algorithms / O. Nikonov, M. Sindyev, M. Satayev // Industrial technology and engineering, M.Auezov south Kazakhstan state university. – 2017. – №1(22). – P. 56-63.
13. Ніконов О.Я. Безпілотні багатоцільові транспортні засоби: Сучасні технології / О.Я. Ніконов, Л.Є. Кулакова, Т.О. Полосухіна, В.О. Чернишов // Автомобіль і Електроніка. Сучасні Технології: Електронне наукове фахове видання. (друкована версія). – 2017. – №11. – С. 46-49.
14. Ніконов О.Я. Розробка стенду для експериментального дослідження інформаційно-керуючої системи адаптивної підвіски автомобіля на основі використання нейро-фаззи регуляторів / О.Я. Ніконов, В.М. Шуляков, В.І. Фастовець // Автомобіль і Електроніка. Сучасні Технології: Електронне наукове фахове видання. (друкована версія). – Харків: ХНАДУ, 2016. – С. 53-56.
15. Ніконов О.Я. Розроблення інформаційно-керуючої системи для експериментального стенду дослідження адаптивної підвіски автомобіля / О.Я. Ніконов, В.М. Шуляков, В.І. Фастовець // Синергетика, мехатроніка, телематика дорожніх машин і систем у навчальному процесі та науці. Збірник наукових праць за матеріалами міжнародної науково-практичної конференції. – Харків, ХНАДУ, 2017 – С. 109-111.

Рецензент: В.П. Волков, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 30 листопада 2017 р.