

методы синтеза линейных и некоторых нелинейных динамических систем. – М.-Л.: Наука, 1965. – 207с. 3. Александров Е.Е. Автоматизированное проектирование динамических систем с помощью функций Ляпунова/ Е.Е. Александров, М.В. Бех. – Харьков: Основа, 1993. – 112с.

Bibliography (transliterated): 1. Ablesimov O.K. Avtomatichne keruvannja ruhomimi ob'ektami i tehno-logichnimi procesami. T.3. Avtomatichne keruvannja ozbroennjam tankiv/ O.K Ablesimov, С.С. Aleksandrov, Т.С. Aleksandrova. – Harkiv: NTU «HPI», 2008. – 444s. 2. Orurk I.A. Novye metody sinteza linejnyh i nekotoryh nelinejnyh dinamicheskikh sistem. – М.-Л.: Nauka, 1965. – 207s. 3. Aleksandrov E.E. Avtomatizirovannoe proektirovanie dinamicheskikh sistem s pomoshh'ju funkcij Ljapunova/ E.E. Aleksandrov, M.V. Beh. – Har'kov: Osnova, 1993. – 112s.

Александрова Т.С., Костяник І.В., Істомін О.Є.

ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО СТАБІЛІЗАТОРА ТАНКОВОЇ ГАРМАТИ

Розглянуто задачу параметричного синтезу оптимального стабілізатора танкової гармати, що забезпечує мінімум інтегрального квадратичного функціоналу на рішеннях математичної моделі замкненої системи стабілізації.

Александрова Т.Е., Костяник И.В., Истомин А.Е.,

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО СТАБИЛИЗАТОРА ТАНКОВОЙ ПУШКИ

Рассмотрена задача параметрического синтеза оптимального стабилизатора танковой пушки, обеспечивающего минимум интегрального квадратичного функционала на решениях математической модели замкнутой системы стабилизации.

Alexandrova T.E., Kostyanik I.V., Istomin A.E.

PARAMETRIC SYNTHESIS OF OPTIMAL STABILIZER TANK GUN

The problem of parametric synthesis of optimal stabilizer tank gun that provides at least the integral quadratic functional on the solutions of the mathematical model of a closed system of stabilization is considered.

УДК 629.33:629.36:004.8

Ніконов О.Я., д-р техн. наук; Шуляков В.М.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НЕЧІТКИХ РЕГУЛЯТОРІВ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ СЛІДКУЮЧИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Мета досліджень, постановка проблеми. Інтеграція гідравлічних пристроїв та електронних систем керування дозволяє вирішувати задачі підвищення якості процесів керування, адаптивного налаштування та підтримки параметрів або структури системи при дії на об'єкт керування випадкових збурень, діагностики відмов та несправностей при збереженні відносно невеликих маси та габаритів комплексу «привод-система керування».

Таким чином, постає актуальна задача створення сучасних електрогідравлічних перетворювачів на основі сучасних систем керування, здатних надійно працювати в умовах підвищеної запиленості зовнішнього середовища, великому перепаді температур, значних вібраціях та ударах та інших несприятливих факторах, що виникають при експлуатації автомобілів.

Метою роботи є дослідження ефективності нечітких регуляторів електрогідравлічних слідкуючих систем автомобіля в умовах експлуатації. Використання інтелектуальних регуляторів дозволить підвищити енергоефективність, якість, надійність, безвідмовність, довговічність, безпеку використання вузлів та агрегатів автомобіля.

Аналіз останніх досліджень та літератури. Розглянемо більш детально сучасні методи і технології керування електрогідравлічними слідкуючими приводами автомобілів. Оскільки весь автомобіль і його окремі вузли та агрегати звичайно описуються нелінійними диференціальними рівняннями з невизначеними параметрами, застосування «класичних» методів теорії автоматичного керування (частотний синтез, модальне керування, оптимальне й робастне керування), що опираються на аналіз математичної моделі об'єкту керування, зіштовхується з рядом відомих труднощів [1-3].

У теперішній час спостерігається інтенсивний розвиток та практичне застосування нечітких систем для керування й регулювання різноманітних технічних об'єктів [4-7]. Актуальність нової технології, нечіткого моделювання, обумовлена тенденцією збільшення складності математичних моделей реальних систем. Отримати вичерпну інформацію для побудови математичної моделі складної реальної системи часто в принципі неможливо. У цих випадках доцільно використовувати методи, спеціально орієнтовані на побудову моделей, що враховують неповноту й неточність вхідних даних. Саме в таких ситуаціях технологія нечіткого моделювання є однією із найбільш конструктивних [8-9].

Матеріали та результати досліджень. Розглянемо електрогідравлічну слідкуючу систему, що описано в роботах [10-13] та два нечітких регулятора [14, 15]. На рис. 1 наведено структурну схему нечіткого регулятора, що створено за допомогою методу ґрат з використанням трикутної функції приналежності для слідкуючої системи. На рис. 2 показано нечіткий регулятор створений з використанням методу субтрактивної кластеризації для цієї ж слідкуючої системи.

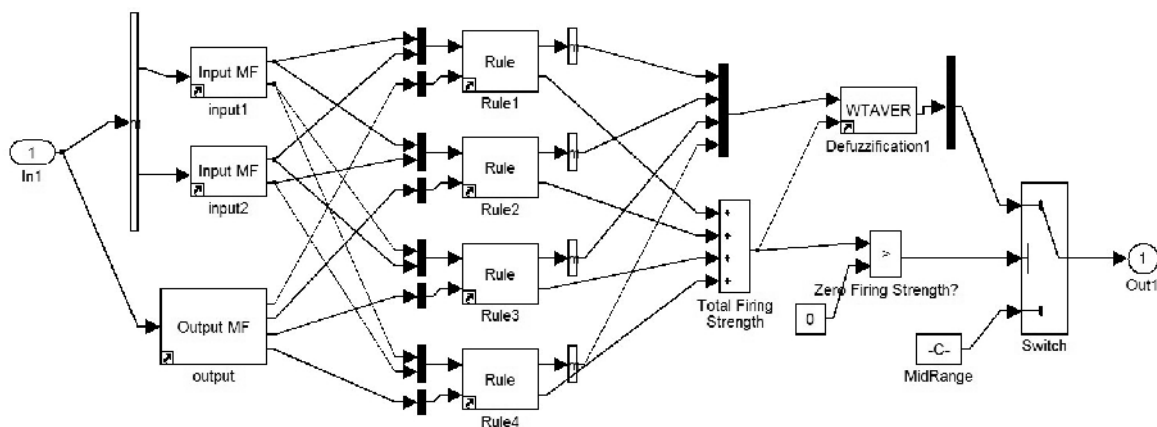


Рис. 1. Структурна схема нечіткого регулятора створеного по методу ґрат з використанням трикутної функції приналежності в середовищі MATLAB (Simulink)

Загалом, створення нечіткої моделі в середовищі Simulink можна розділити на 4 етапи. *Перший етап:* збір даних про роботу базової Simulink-моделі і створення файлу даних для навчання нечіткої структури. *Другий етап:* завдання властивостей нечіткої системи (тип системі нечіткого виводу, кількість вхідних та вихідних змінних, метод дефаззифікації). *Третій етап:* тренування (навчання) моделі. *Четвертий етап:* використання розробленої нечіткої моделі в блоці фазі-контролера в середовищі Simulink.

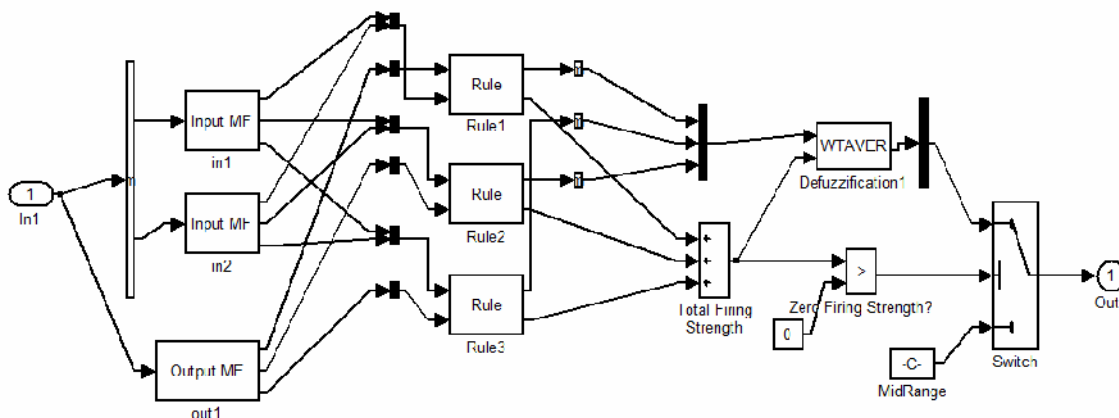


Рис. 2. Структурна схема нечіткого регулятора створеного з використанням методу субтрактивної кластеризації в середовищі MATLAB (Simulink)

Для першого регулятора (рис. 1) у кожному експерименті налаштування та тренування регуляторів проводилися за однакових умов. По-перше, обиралася запропонована навчальна вибірка. Наступним кроком обирався метод генерування нечіткої структури - Grid partition (генерування системи по методу ґрат). Встановлювалася кількість лінгвістичних термів для входів (вхідних змінних) - 2; тип функцій приналежності лінгвістичних термів вхідних змінних (у кожному експерименті власна); тип функції приналежності для вихідної змінної «linear» (лінійна). Далі обирався гібридний метод оптимізації, який поєднує метод зворотнього поширення помилки з методом найменших квадратів. Параметр «необхідної точності навчання» залишався за замовчуванням 0, і кількість епох навчання - 50.

Для другого регулятора (рис. 2) у кожному експерименті налаштування та тренування регуляторів проводилися за однакових умов. По-перше, обиралася запропонована навчальна вибірка. Наступним кроком обирався метод генерування нечіткої структури – Subtractive clustering (генерування системи по методу субтрактивної кластеризації). Далі обирався гібридний метод оптимізації, який поєднує метод зворотнього поширення помилки з методом найменших квадратів. Параметр «необхідної точності навчання» залишався за замовчуванням 0, і кількість епох навчання - 50.

У результаті проведених експериментів було апробовано роботу побудованих нечітких регуляторів. На рис. 3 представлені перехідні процеси замкненої системи електрогідравлічного слідкуючого привода при отриманих значеннях варійованих параметрів блоку керування для штатного регулятора (крива 1), нечіткого регулятора по методу ґрат з використанням трикутної функції приналежності (крива 2), нечіткого регулятора створеного по методу ґрат з використанням узагальненої колоколоподібної функції приналежності (крива 3), нечіткого регулятора створеного по методу ґрат з використанням симетричної гауссової функції приналежності (крива 4) та нечіткого регулятора з використанням методу субтрактивної кластеризації (крива 5).

На рис. 3(а) наведено перехідні процеси замкненої системи електрогідравлічного слідкуючого привода для вибраного значення 10 градусів для куту повороту об'єкту керування. Як видно з рисунку, регулятор з використанням методу субтрактивної кластеризації (крива 5) та регулятор створений по методу ґрат з використанням трикутної функції приналежності (крива 2) дозволяють значно зменшити показник перерегулювання у порівнянні зі штатним регулятором (крива 1). Ця ж тенденція зберігається і для кутів повороту 15 і 20 градусів. Інші регулятори (крива 3) та (крива 4) на більших значеннях куту повороту потребують більшого часу регулювання.

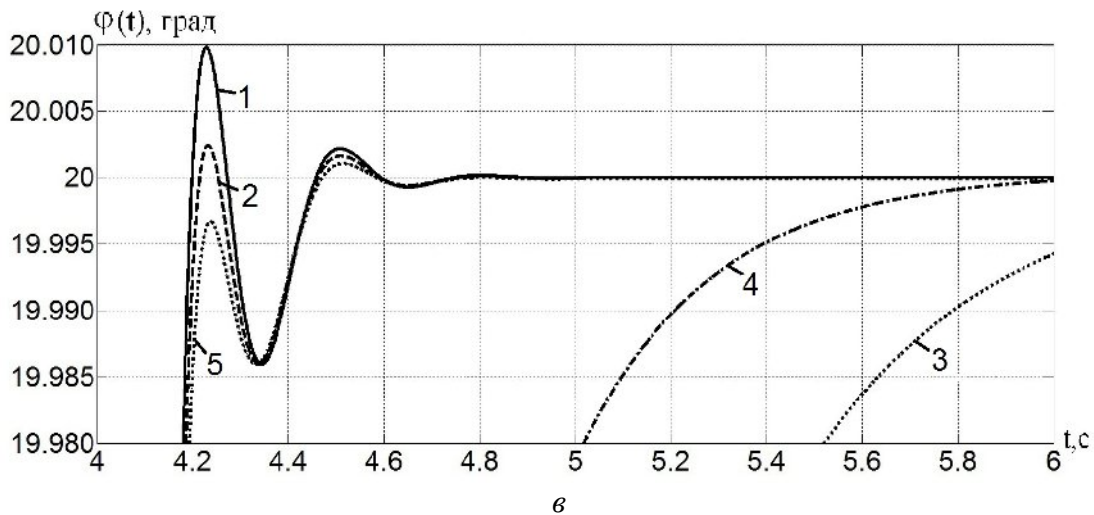
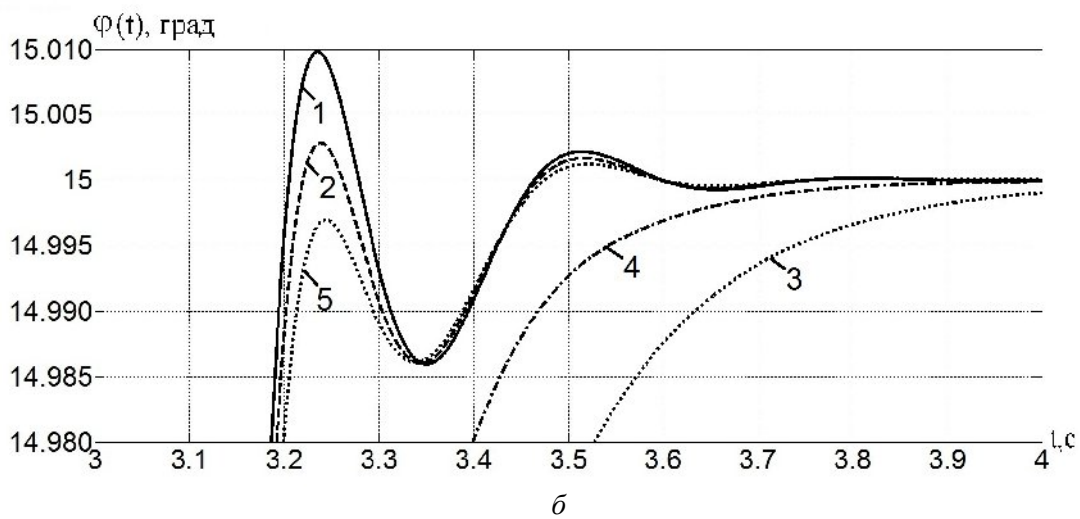
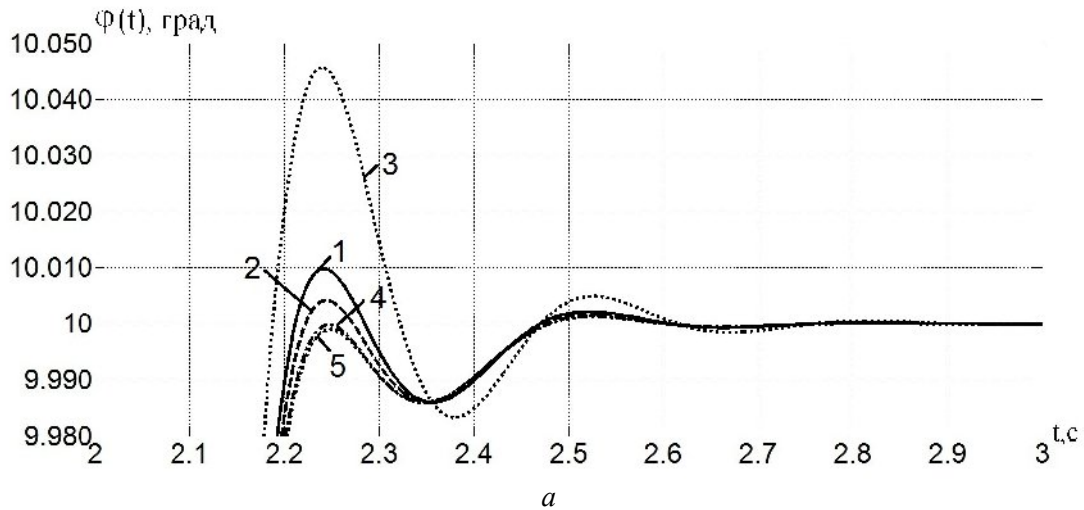


Рис. 3. Перехідні процеси замкненої системи електрогідравлічного слідкуючого привода для куту повороту об'єкту керування: 10 градусів (а), 15 градусів (б), 20 градусів (в). 1 – штатний регулятор; 2 – нечіткий регулятор створений по методу ґрат з використанням трикутної функції приналежності; 3 – нечіткий регулятор створений по методу ґрат з використанням узагальненої колоколоподібної функції приналежності; 4 – нечіткий регулятор створений по методу ґрат з використанням симетричної гауссової функції приналежності; 5 – нечіткий регулятор створений з використанням методу субтрактивної кластеризації

Як видно з рис. 3, а також багатьох чисельних експериментів, використання нечітких регуляторів в електрогідравлічних слідкуючих системах автомобіля дозволяє значно покращити якість перехідних процесів при регулюванні, а саме, досягти істотного зменшення перерегулювання. Нечіткий регулятор створений з використанням методу субтрактивної кластеризації та нечіткий регулятор створений по методу ґрат з використанням трикутної функції приналежності виявилися кращими за штатний регулятор по показнику перерегулювання. Також використання нечітких регуляторів дозволило розширити область стійкості системи, що в свою чергу дозволить підвищити надійність системи.

Висновки та перспективи подальших досліджень. В роботі досліджено ефективність, якість та надійність електрогідравлічних слідкуючих систем автомобіля в умовах експлуатації на основі штатного регулятора, нечітких регуляторів створених по методу ґрат з використанням трикутної функції приналежності, узагальненої колоколоподібної функції приналежності, симетричної гауссової функції приналежності та по методу субтрактивної кластеризації. Використання в електрогідравлічних слідкуючих системах автомобілів нечіткої логіки, штучних нейронних мереж та методів еволюційного моделювання, дозволяє підвищити енергоефективність, швидкодію, надійність, безвідмовність, довговічність, безпеку використання вищезазначених вузлів та агрегатів автомобіля.

Література: 1. Александров Е.Е. Многоканальные системы оптимального управления / Е.Е. Александров, И.Н. Богаенко, Б.И. Кузнецов. – К.: Техніка, 1995. – 312 с. 2. Александров Е.Е. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами / Е.Е. Александров, Е.П. Козлов, Б.І. Кузнецов. – Х.: НТУ «ХПИ», 2002. – 492 с. 3. Схиртладзе А.Г. Гидравлические и пневматические системы / А.Г. Схиртладзе, В.И. Иванов, В.Н. Кареев. – М.: МГТУ, 2003. – 544 с. 4. Гостев В.И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления / В.И. Гостев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с. 5. Круглов В.В. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов. – М.: Физматлит, 2001. – 221с. 6. Ali H.K. Fuzzy Controller Design of Servo System / H.K. Ali // Asian Journal of Applied Science. – 2011. – P. 403–413. 7. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления / под ред. Н.Д. Егунова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 744 с. 8. Ross T.J. Fuzzy logic with engineering applications / T.J. Ross. – McGraw-Hill, 1995. – 600 p. 9. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 452 с. 10. Гамынин Н.С. Гидравлический привод систем управления / Н.С. Гамынин. – М.: Машиностроение, 1972. – 376 с. 11. Ніконов О.Я. Розроблення інформаційно-структурної схеми електрогідравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів / О.Я. Ніконов, В.Ю. Улько // Вестник НТУ «ХПИ». – Харків: НТУ «ХПИ», 2010. – № 57. – С. 214–220. 12. Ніконов О.Я. Побудова нелінійної математичної моделі електрогідравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів / О.Я. Ніконов, В.Ю. Улько // Вестник НТУ «ХПИ». – Харків: НТУ «ХПИ», 2011. – № 9. – С. 108–113. 13. Ніконов О.Я. Параметричний синтез інформаційно-керуючої підсистеми електрогідравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів / О.Я. Ніконов // Вестник НТУ «ХПИ». – Харків: НТУ «ХПИ», 2011. – № 23. – С. 49–54. 14. Ніконов О.Я. Побудова нечітких регуляторів для електрогідравлічних слідкуючих приводів автомобілів / О.Я. Ніконов, В.М. Шуляков // Автомобильный транспорт: сборник научных трудов. – 2012. – № 30. – С. 49–53. 15. Ніконов О.Я. Вплив функції приналежності на якість нечітких регуляторів електрогідравлічних слідкуючих приводів автомобілів / О.Я. Ніконов, В.М. Шуляков // Радіоелектроніка та інформатика: збірник наукових праць. – 2012. – № 3. – С. 43–47.

Bibliography (transliterated): 1. Aleksandrov E.E. Mnogokanalnye sistemy optimalnogo upravleniya / E.E. Aleksandrov, I.N. Bogaenko, B.I. Kuznecov. – K.: Tehnika, 1995. – 312 s. 2. Aleksandrov E.E. Avtomatichne keruvannya ruxomimi ob'ektami i texnologichnimi processami / E.E. Aleksandrov, E.P. Kozlov, B.I. Kuznecov. – H.: NTU «HPI», 2002. – 492 s. 3. Shirtladze A.G. 214

Gidravlicheskie i pnevmaticheskie sistemy / A.G. Shirladze, V.I. Ivanov, V.N. Kareev. – M.: MGTU, 2003. – 544 s. 4. Gostev V.I. Proektirovanie nechetkih regulyatorov dlya sistem avtomaticheskogo upravleniya / V.I. Gostev. – SPb.: BHV-Peterburg, 2011. – 416 s. 5. Kruglov V.V. Nechyotkaya logika i iskusstvennye nejronnye seti / V.V. Kruglov, M.I. Dli, R.Y. Golunov. – M.: Fizmatlit, 2001. – 221s. 6. Ali H.K. Fuzzy Controller Design of Servo System / H.K. Ali // Asian Journal of Applied Science. – 2011. – P. 403–413. 7. Metody robastnogo, nejro-nechyotkogo i adaptivnogo upravleniya / pod red. N.D. Egupova. – M.: MGTU im. N.E. Bauman, 2002. – 744 s. 8. Ross T.J. Fuzzy logic with engineering applications / T.J. Ross. – McGraw-Hill, 1995. – 600 p. 9. Rutkovskaya D. Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy / D. Rutkovskaya, M. Pilinskij, L. Rutkovskij. – M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2004. – 452 s. 10. Gamynin N.S. Gidravlicheskiy privod sistem upravleniya / N.S. Gamynin. – M.: Mashinostroenie, 1972. – 376 s. 11. Nikonov O.Ja. Rozroblennaya informacijno-strukturnoi shemi elektrogidravlichnih slidkuyuchih privodiv bagatocilovih transportnih zasobiv / O.Ja. Nikonov, V.Y. Ulko // Vestnik NTU «HPI». – Harkov: NTU «HPI», 2010. – № 57. – S. 214–220. 12. Nikonov O.Ja. Pobudova nelinejnoi matematichnoi modeli elektrogidravlichnih slidkuyuchih privodiv bagatocilovih transportnih zasobiv / O.Ja. Nikonov, V.Y. Ulko // Vestnik NTU «HPI». – Harkov: NTU «HPI», 2011. – № 9. – S. 108–113. 13. Nikonov O.Ja. Parametrichnij sintez informacijno-keruyuchoi pidsistemi elektrogidravlichnih slidkuyuchih privodiv bagatocilovih transportnih zasobiv / O.Ja. Nikonov // Vestnik NTU «HPI». – Harkov: NTU «HPI», 2011. – № 23. – S. 49–54. 14. Nikonov O.Ja. Pobudova nechetkih regulyatoriv dlya elektrogidravlichnih slidkuyuchih privodiv avtomobiliv / O.Ja. Nikonov, V.M. Shuliakov // Avtomobilnyj transport: sbornik nauchnyh trudov. – 2012. – № 30. – S. 49–53. 15. Nikonov O.Ja. Vpliv funkcii prinalezhnosti na yakist nechetkih regulyatoriv elektrogidravlichnih slidkuyuchih privodiv avtomobiliv / O.Ja. Nikonov, V.M. Shuliakov // Radioelektronika ta informatika: sbirnik naukovih prac. – 2012. – № 3. – S. 43–47.

Ніконов О.Я., Шуляков В.М.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НЕЧІТКИХ РЕГУЛЯТОРІВ
ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ СЛІДКУЮЧИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ
В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

У статті розглянута задача дослідження ефективності нечітких регуляторів електрогідрравлічних слідкуючих систем автомобіля. Розглянуто п'ять регуляторів: штатний регулятор і чотири варіації нечітких регуляторів. Регулятори з використанням методу субтрактивної кластеризації й методу ґрат з використанням трикутної функції приналежності показали кращі результати.

Никонов О.Я., Шуляков В.Н.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ
ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ В
УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

В статье рассмотрена задача исследования эффективности нечетких регуляторов электрогидравлических следящих систем автомобиля. Рассмотрено пять регуляторов: штатный регулятор и четыре вариации нечеткий регуляторов. Регуляторы с использованием метода субтрактивной кластеризации и метода решетки с использованием треугольной функции принадлежности показали лучшие результаты.

Nikonov O.J., Shuliakov V.M.

**RESEARCH OF EFFICIENCY OF ELECTROHYDRAULIC SERVO SYSTEMS FUZZY
CONTROLLERS OF A CAR IN CONDITIONS OF EXPLOITATION**

The problem of efficiency of electrohydraulic servo systems fuzzy controllers of a car is considered in this article. Five controllers are considered: standard controller and four variations of the fuzzy controllers. Controllers with using the subtractive clustering method and grid method using a triangular membership function have demonstrated the best results.