

3. Сформулированы основные задачи при проектировании информационного обеспечения систем диагностирования, а также выделены основные задачи, которые должны решаться информационным обеспечением.

4. В дальнейшем следует провести исследования по определению взаимосвязи информационного обеспечения с задачами идентификации диагностических показателей.

Список литературы: 1. Менеджмент на транспорте. Под ред. Н.Н. Громова, В.А. Персианова. – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 528с. 2. Шевченко Л.С., Торкатюк В.И., Кизим Н.А., Шутенко А.Л. Конкурентная диагностика фирмы: концепция, содержание, методы. – Х.: ИД «ИНЖЭК», 2008. – 240с. 3. Егоров П.В., Алексеенко Н.В. Стратегический мониторинг в управлении финансово-хозяйственной деятельностью производственных систем: Монография.— Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2005.— 176 с. 4. Говорущенко Н.Я., Варфоломеев В.Н. Техническая кибернетика транспорта. – Харьков: ХГАДТУ, 2001. – 271с. 5. Елисеева О.К., Марюта А.Н., Узунов В.Н. Диагностика и управление производственно-экономическими системами. – Днепропетровск: Наука и образование, 2004. – 190с. 6. Латышев А.В. Техническая диагностика методами идентификации. – Киев: Ин-т пробл. модел. в энергетике АН УССР, 1984. – 54 с. 7. Лукинский В.С., Бережной В.И., Бережная Е.В. и др. Логистика автомобильного транспорта: концепция, методы, модели. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 280 с. 8. Лопатников Л.И. Краткий экономико-математический словарь. – М.: Наука, 1979. – 358 с. 9. Автоматизированные информационные технологии в экономике. Под ред. Г.А.Титоренко. – М.: ЮНИТИ, 2003. – 399 с. 10. Автоматизированные системы обработки информации и управления на автомобильном транспорте. Под ред. А.Б.Николаева. – М.: Изд. Центр «Академия», 2003. – 224 с. 11. Математика и кибернетика в экономике. Словарь-справочник. Отв.ред. Н.П. Федоренко. Изд. 2-е, перераб и доп. – М.: Экономика, 1975. – 700 с. 12. Александров Л. А., Козлов Р. К. Организация управления на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1985. – 264 с. 13. Надежность и эффективность в технике. Справочник. В 10 т. Т.9. Техническая диагностика. Под ред. В.В.Клюева, П.П.Пархоменко. – М.: Машиностроение, 1986. – 351с. 14. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки. – 2-е изд., стер. – М.: Изд. центр «Академия», 2004. – 288 с. 15. Икрамова Х.З. Алгоритмы распознавания и диагностика. – Ташкент: Фан, 1982. – 220 с. 16. Егоров П.В., Андреева В.Г. Диагностика управления финансовой деятельностью предприятия: Монография.— Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2005. – 202 с.

Поступила в редколлегию 12.05.2011

УДК 519.683:517.9:629.36

О.Я. НИКОНОВ, д-р. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»
О.О. ПОДОЛЯКА, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харків
В.Ю. УЛЬКО, асп., ХНАДУ, Харків

ПОБУДОВА ОБЛАСТЕЙ СТІЙКОСТІ І ФУНКЦІОНАЛУ ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧОЇ ПІДСИСТЕМИ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ СЛІДКУЮЧИХ ПРИВОДІВ БАГАТОЦІЛЬОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

У статті розглянута задача параметричного синтезу інформаційно-керуючої підсистеми електрогидравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів на основі

методів імітаційного моделювання. Побудовані області стійкості і функціонал якості замкненої системи.

Ключові слова: інформаційно-керуюча система, електрогидравлічний слідкуючий привід, транспортний засіб.

В статье рассмотрена задача параметрического синтеза информационно-управляющей подсистемы электрогидравлических следящих приводов многоцелевых транспортных средств на основе методов имитационного моделирования. Построены области устойчивости и функционал качества замкнутой системы.

Ключевые слова: информационно-управляющая система, электрогидравлический следящий привод, транспортное средство.

In paper the problem of parametric synthesis of informational-controlling subsystems of electrohydraulic servo drives of multi-purpose vehicles on the basis of methods imitative simulation is considered. Areas of stability and functional of quality of a looped system are constructed.

Keywords: informational-controlling system, electrohydraulic servo drive, vehicle.

Постановка проблеми

В теперішній час використання інформаційно-керуючих систем для керування наземними транспортними засобами і транспортними мережами в цілому на загальному фоні збільшення кількості і якості транспортних засобів є реальною необхідністю [1-3]. Такі системи насамперед необхідні для багатоцільових транспортних засобів, які працюють в умовах інтенсивних навантажень, складних умов експлуатації і підвищеної відповідальності механізмів.

Пошукові роботи, що проводилися співробітниками кафедри колісних та гусеничних машин ім. О.О. Морозова НТУ «ХП», привели до висновку, що найбільш доцільним являється застосування для багатоцільових транспортних засобів інтегрованих інформаційно-керуючих телематичних систем спроектованих по архітектурі розподіленого керування з уніфікацією апаратно-програмних засобів. Вирішення проблеми створення таких систем виведе вітчизняні багатоцільові транспортні засоби на новий якісний рівень і значно підвищить їх технічні характеристики у порівнянні із кращими закордонними зразками. Для розроблення і синтезу таких систем необхідно застосовувати інваріантні інтелектуальні системи зі змінною структурою на основі теорії штучних нейронних мереж і методів еволюційного моделювання [4, 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Методи класичної теорії автоматичного керування не працюють для параметричного синтезу математичних моделей високого порядку. Якщо порядок диференціальних рівнянь, що складають математичну модель об'єкту керування, вище п'яти, то проблема параметричного синтезу може бути вирішена тільки за допомогою методів сучасної теорії керування, зокрема, методу простору станів, методів теорії аналітичного конструювання оптимальних регуляторів, методів мінімаксу, методів функцій Ляпунова, методів імітаційного моделювання. Методи теорії аналітичного конструювання оптимальних регуляторів, що розвинуті О.М. Льотовим, О.О. Красовським, Я.Н. Ройтенбергом [6, 7], передбачають застосування інформації про всі компоненти вектору стану об'єкту керування при формуванні алгоритму керування. Отримання такої інформації для

складних об'єктів часто буває проблематичним, а іноді і неможливим. Методи мінімаксу і методи функцій Ляпунова, застосування яких для рішення проблеми параметричного синтезу систем керування було здійснене Є.Є. Александровим [8, 9], дають задовільні результати, бо передбачають застосування інформації в алгоритмі керування тільки про ті компоненти вектору стану об'єкту керування, вимірювання яких не являє труднощів. Але у процесі параметричного синтезу цифрової системи керування ці методи передбачають перехід від диференціальних рівнянь математичної моделі об'єкту керування до різних рівнянь, що вносить визначену похибку у процес синтезу. Якщо ж об'єкти містять неаналітичні нелінійності, то названі вище методи синтезу взагалі не дієві.

Тому в останні роки широке застосування набирають методи імітаційного моделювання, зокрема метод факторного експерименту [10, 11]. Цей метод дозволяє на основі моделювання поведінки системи у випадковому зовнішньому середовищі здійснити вибір її параметрів, що задовольняють вимогам мінімуму функції регресії. Як функція регресії може бути застосований аддитивний функціонал якості замкненої системи. При цьому моделювання поведінки замкненої системи керування здійснюється при урахуванні випадкових зовнішніх збурень, що діють на об'єкт керування.

Формулювання мети

Метою роботи є побудова областей стійкості і функціоналу якості інформаційно-керуючої підсистеми електрогідравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів високої прохідності, що знаходяться під впливом зовнішніх випадкових збурень, з урахуванням нелінійних характеристик об'єкту керування.

Побудова областей стійкості інформаційно-керуючої підсистеми

Розглянемо електрогідравлічні слідкуючі приводи багатоцільових транспортних машин високої прохідності на прикладі системи наведення і стабілізації гармати танка у вертикальній площині [12-14].

Для параметричного синтезу інформаційно-керуючої підсистеми наведення і стабілізації гармати танка необхідно визначити області допустимих значень варійованих параметрів. Звичайно це область стійкості замкненої системи в площині варійованих параметрів регулятора.

Побудуємо область стійкості замкненої системи наведення і стабілізації гармати в площині варійованих параметрів регулятора k_φ і k_ω з урахуванням нелінійної ланки типу зона обмеження (насичення) [13, 14].

З передавальної функції замкненої системи [14] запишемо характеристичне рівняння

$$\begin{aligned}
 & T_y A_3 T_{\omega 1}^2 s^7 + (T_y A_3 T_{\omega 2} + T_y A_2 T_{\omega 1}^2 + A_3 T_{\omega 1}^2) s^6 + \\
 & + (A_2 T_{\omega 1}^2 + T_y A_2 T_{\omega 2} + T_y A_3 + A_3 T_{\omega 2} + T_y A_1 T_{\omega 1}^2) s^5 + \\
 & + (T_y T_{\omega 1}^2 + A_2 T_{\omega 2} + T_y A_2 + A_3 + T_y A_1 T_{\omega 2} + A_1 T_{\omega 1}^2) s^4 + \\
 & + (T_{\omega 1}^2 + A_1 T_{\omega 2} + T_y A_1 + T_y T_{\omega 2} + A_2) s^3 + \\
 & + (T_{\omega 2} + A_1 + T_y + k_{OTDK} k_\varphi k W_{H_1} (A_{H_1}) k_y k'_2 T_{\omega 1}^2) s^2 +
 \end{aligned}$$

$$\left(1 + k W_{H_1}(A_{H_1}) k_y k_2' (k_{OTDK} k_{\varphi 2} T_{\omega 2} + k_{\omega} k_{ГДКШ} k_{OTDKШ})\right) s + k_{OTDK} k_{\varphi} k W_{H_1}(A_{H_1}) k_y k_2' = 0, \quad (1)$$

$$\text{де } A_1 = \frac{T_{em2} + T_1 + k_3 T_2}{1 + k_3}; \quad A_2 = \frac{T_{em1}^2 + T_{em2} T_1}{1 + k_3}; \quad A_3 = \frac{T_{em1}^2 T_1}{1 + k_3}; \quad T_1 = \frac{T_2}{1 + k_1 k_E};$$

$$k_1 = \frac{1}{G} \cdot k_M \cdot k_2; \quad k_1' = \frac{k_1}{1 + k_1 k_E}; \quad k_2 = k_{em} l_{кр} k_Q k_1'; \quad k_2' = \frac{k_2}{1 + k_3}; \quad k_3 = \frac{k_2 k_P}{k_M k_2}.$$

В характеристичному рівнянні (1) зробимо заміну $s = j\omega$, виділимо дійсну і уявну частини та дорівняємо їх нулю. Отримані алгебраїчні рівняння розв'яжемо відносно параметрів k_{φ} і k_{ω} :

$$k_{\varphi} = \frac{(T_y T_{\omega 1}^2 + A_2 T_{\omega 2} + T_y A_2 + A_3 + T_y A_1 T_{\omega 2} + A_1 T_{\omega 1}^2) \omega^4 - k_{OTDK} k W_{H_1}(A_{H_1}) k_y k_2' (\omega^2 T_{\omega 1}^2 - 1)}{(T_y A_3 T_{\omega 2} + T_y A_2 T_{\omega 1}^2 + A_3 T_{\omega 1}^2) \omega^6 + (T_{\omega 2} + A_1 + T_y) \omega^2}; \quad (2)$$

$$k_{\omega} = \frac{(T_{\omega 1}^2 + A_1 T_{\omega 2} + T_y A_1 + T_y T_{\omega 2} + A_2) \omega^2 + T_y A_3 T_{\omega 1}^2 \omega^6 - k W_{H_1}(A_{H_1}) k_y k_2' k_{ГДКШ} k_{OTDKШ}}{(A_2 T_{\omega 1}^2 + T_y A_2 T_{\omega 2} + T_y A_3 + A_3 T_{\omega 2} + T_y A_1 T_{\omega 1}^2) \omega^4 - k W_{H_1}(A_{H_1}) k_y k_2' k_{ГДКШ} k_{OTDKШ}} \cdot \frac{k_{OTDK} k_{\varphi} k W_{H_1}(A_{H_1}) k_y k_2' T_{\omega 2} + 1}{k W_{H_1}(A_{H_1}) k_y k_2' k_{ГДКШ} k_{OTDKШ}}. \quad (3)$$

На рис. 1 приведено границі області стійкості замкненої системи наведення і стабілізації гармати в площині варійованих параметрів регулятора k_{φ} і k_{ω} з урахуванням нелінійної ланки типу зона обмеження (насичення), що побудовані за допомогою співвідношень (2) і (3).

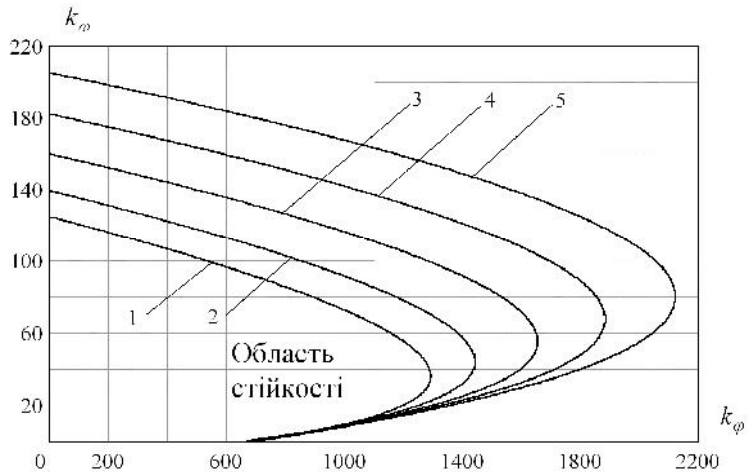


Рис. 1. Область стійкості замкненої системи наведення і стабілізації гармати з урахуванням нелінійної ланки типу зона обмеження:

$$1 - A_{H_1}/b_{H_1} = 1; \quad 2 - A_{H_1}/b_{H_1} = 1.25; \quad 3 - A_{H_1}/b_{H_1} = 1.5; \quad 4 - A_{H_1}/b_{H_1} = 1.75; \quad 5 - A_{H_1}/b_{H_1} = 2$$

Для визначення області стійкості розглянемо визначник [4]

$$\Delta = \begin{vmatrix} \frac{\partial X(\omega, k_\varphi, k_\omega)}{\partial k_\varphi} & \frac{\partial X(\omega, k_\varphi, k_\omega)}{\partial k_\omega} \\ \frac{\partial Y(\omega, k_\varphi, k_\omega)}{\partial k_\varphi} & \frac{\partial Y(\omega, k_\varphi, k_\omega)}{\partial k_\omega} \end{vmatrix}, \quad (4)$$

де $X(\omega, k_\varphi, k_\omega)$ і $Y(\omega, k_\varphi, k_\omega)$ – відповідно дійсна і уявна частини характеристичного рівняння.

Після підстановки похідних в (4) отримаємо

$$\Delta = \begin{vmatrix} k_{OTDK} k_{W_{H_1}}(A_{H_1}) k_y k_2' (1 - T_{\omega 1}^2 \omega^2) & 0 \\ k_{OTDK} k_{W_{H_1}}(A_{H_1}) k_y k_2' T_{\omega 2} \omega & k_{W_{H_1}}(A_{H_1}) k_y k_2' k_{ГДКШ} k_{OTDKШ} \omega \end{vmatrix}. \quad (5)$$

Розкриваючи визначник (5), маємо

$$\Delta = k^2 W_{H_1}^2(A_{H_1}) k_y^2 (k_2')^2 k_{OTDKШ} k_{ГДКШ} k_{OTDK} \omega (1 - T_{\omega 1}^2 \omega^2). \quad (6)$$

Як видно з (6), знак визначника залежить від знака виразу $1 - T_{\omega 1}^2 \omega^2$. При $\omega < 1/T_{\omega 1}$ визначник $\Delta > 0$, а при $\omega > 1/T_{\omega 1}$ – $\Delta < 0$.

Границя області стійкості лінійної замкненої системи наведення і стабілізації гармати, що приведена на рис. 1 побудована в діапазоні частот $\omega < 1/T_{\omega 1}$, тобто $\Delta > 0$, і границю стійкості треба штрихувати зліва, переміщуючись вздовж границі вбік зростання ω . Таким чином, область стійкості замкненої системи знаходиться усередині області, що обмежена віссю k_φ , k_ω і границею стійкості (рис. 1).

Із областей стійкості, приведених на рис. 1, видно, що при $A_{H_1}/b_{H_1} \leq 1$ система є стійкою як у лінійній частині характеристики, так і в нелінійній, причому при $A_{H_1}/b_{H_1} = 1$ область стійкості нелінійної системи відповідає області стійкості лінійної системи. При $A_{H_1}/b_{H_1} > 1$ в силу наявності насичення у характеристиці нелінійного елемента система працює в автоколивальному режимі з амплітудою A_{H_1} , у той час як при відсутності насичення лінійна система мала б розбіжний коливальний процес. Зазначена поведінка систем спостерігається і на практиці. Часто лінійні системи мають ланки з обмеженими зонами лінійності, що переходять в зони насичення. Тому при збільшенні коефіцієнта підсилення системи до деякої величини замість нестійкості, що слідує з лінійної теорії, виникають автоколивання.

Побудова функціоналу якості інформаційно-керуючої підсистеми

Внаслідок безперервної дії зовнішнього збурення $M_{ЗБ}(t)$ вісь каналу ствола безперервно відхиляється від напрямку на ціль. При русі танка по перетиненій місцевості функція $M_{ЗБ}(t)$ є випадковою функцією. У цій ситуації випадковими функціями є також функції $\varphi_2(t)$ і $\omega_2(t)$ (рис. 2) [13]. Точність стабілізації тим вище, чим менше площа під кривими динамічного процесу.

Отже, кількісно точність стабілізації гармати відносно напрямку на ціль можливо оцінити наступним функціоналом

$$I_{\varphi_z} = M \left[\int_0^T \varphi_z^2(t) dt \right]. \quad (7)$$

де M – символ математичного очікування. Якість процесів стабілізації оцінюється не тільки відхиленням вісі каналу ствола від напрямку на ціль, але і кутовою швидкістю руху гармати відносно напрямку на ціль. Кількісною характеристикою цього руху може бути функціонал

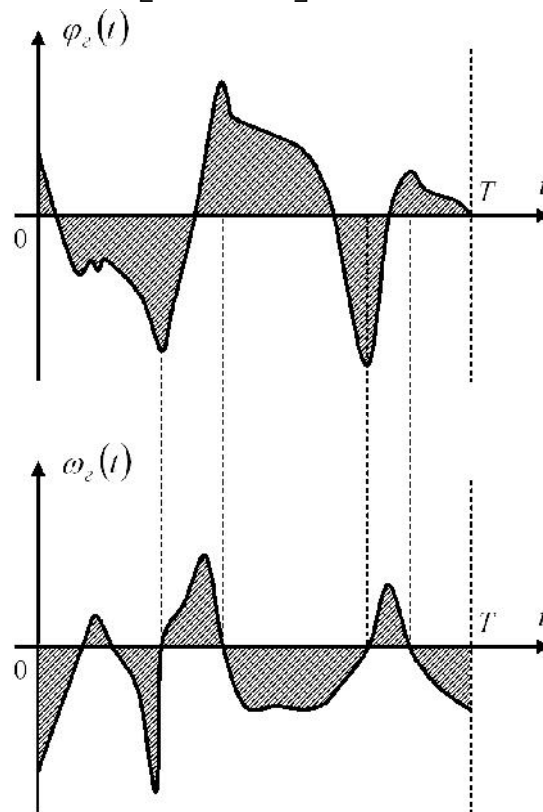


Рис. 2. Динамічні процеси в системі наведення і стабілізації гармати

$$I_{\omega_z} = M \left[\int_0^T \omega_z^2(t) dt \right]. \quad (8)$$

Ідеальним був би випадок, коли на рішеннях замкненої системи наведення і стабілізації досягали б мінімуму обидва функціонала (7) і (8). Але це неможливо і мінімуми функціоналів (7) і (8) відповідають різним значенням параметрів регулятора k_φ і k_ω . Тому доцільно параметри k_φ і k_ω вибирати за умови мінімуму адитивного функціоналу [4]

$$I = \beta_1^2 I_{\varphi_z} + \beta_2^2 I_{\omega_z} = M \left[\int_0^T [\beta_1^2 \varphi_z^2(t) + \beta_2^2 \omega_z^2(t)] dt \right], \quad (9)$$

де β_1 та β_2 – вагові коефіцієнти, що підлягають вибору.

Однак чисельні експерименти [11, 12] довели, що отримані значення варійованих параметрів, що надають мінімум функціоналам (7) і (8) практично не відрізняються (в межах 5%). Враховуючі цей факт, а також факт, що вихідний сигнал з блоку керування обмежується і не дозволяє розвивати гарматі надмірної швидкості, доцільно для цієї конкретної системи використовувати функціонал (7) або його модифікації.

В загальному випадку функціонал, що оцінює якість стохастичної системи має вигляд

$$I = M \left[\int_0^T f[e(t), x(t), y(t), t] dt \right], \quad (10)$$

де f – функція помилки, вхідного і вихідного сигналів, а також часу. Використовуючи різні комбінації змінних системи і часу, можна отримати різні оцінки якості.

Для зменшення вкладу значної початкової помилки і урахування помилки, що з'являється надалі, більш доцільно використовувати функціонал виду

$$I = M \left[\int_{t_1}^T t |\Delta\varphi_2(t)| dt \right], \quad (11)$$

а при $M_{3B}(t) = 0$ функціонал (11) трансформується у $I = \int_{t_1}^T t |\Delta\varphi_2(t)| dt$.

Виводи

В статті побудовані області стійкості і функціонал якості інформаційно-керуючої підсистеми електрогідролічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів.

Список літератури: 1. Системологія на транспорті: Підруч.: у 5 кн. Кн. 1. Основи теорії систем і управління / [Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К. та ін.]. – К.: Знання України, 2005. – 343 с. 2. Телематика на автомобільному транспорті / [Власов В.М., Жанказиев С.В., Николаев А.Б. и др.]. – М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – 173 с. 3. Пржибыл П. Телематика на транспорті / П. Пржибыл, М. Свитек. – М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – 540 с. 4. Александров Є.Є. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами / Александров Є.Є., Козлов Е.П., Кузнецов Б.І. – Харків: НТУ «ХПІ», 2002. – 492 с. 5. Suykens A.K. Artificial Neural Networks for Modelling and Control of Non-Linear Systems / Suykens A.K., Vandewalle P.L., De Moor Bart L.R. – London: Kluwer Academic Publishers, 1997. – 378 p. 6. Летов А.М. Математическая теория процессов управления / Летов А.М. – М.: Наука, 1981. – 256 с. 7. Ройтенберг Я.Н. Автоматическое управление / Ройтенберг Я.Н. – М.: Наука, 1978. – 551 с. 8. Александров Е.Е. Многоканальные системы оптимального управления / Александров Е.Е., Богаенко И.Н., Кузнецов Б.И. – К.: Техніка, 1995. – 312 с. 9. Александров Е.Е. Параметрическая оптимизация многоканальных систем автоматического управления / Александров Е.Е., Борисюк М.Д., Кузнецов Б.И. – Харьков: Основа, 1995. – 272 с. 10. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. – М.: Наука, 1976. – 280 с. 11. Александрова И.Е. Имитационное моделирование / Александрова И.Е. – Харьков: НТУ «ХПІ», 2000. – 93 с. 12. Александров Е.Е. Параметрический синтез систем стабилизации танкового вооружения / Александров Е.Е., Богаенко И.Н., Кузнецов Б.И. – К.: Техніка, 1997. – 112 с. 13. Ніконов О.Я. Розроблення інформаційно-структурної схеми електрогідролічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів / О.Я. Ніконов, В.Ю. Улько // Вестник НТУ «ХПІ». – Харьков: НТУ «ХПІ», 2010. – № 57. – С. 214-220. 14. Ніконов О.Я. Побудова нелінійної математичної моделі електрогідролічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів / О.Я. Ніконов, В.Ю. Улько // Вестник НТУ «ХПІ». – Харьков: НТУ «ХПІ», 2011. – № 22. – С. 46-50.

Поступила в редколлегию 12.05.2011