

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ СПАЕ-2025

МАТЕРІАЛИ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

29-30 квітня 2025 року

Навчально-науковий Інститут автоматики і електротехніки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, проспект Центральний, 3

МАТЕРІАЛИ



Миколаїв 2025

УДК 681.5:621.3
С91

Сучасні проблеми автоматики та електротехніки СПАЕ-2025: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції [Електронний ресурс]. – Миколаїв: НУК, 2025. – 126 с.

У збірнику подані матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції "Сучасні проблеми автоматики та електротехніки СПАЕ-2025".

Розглянуті питання теорії, практики та розвитку електромеханічних систем і пристроїв суднового та загальнопромислового призначення, а також інформаційно-вимірювального обладнання.

Збірник може бути корисним для наукових співробітників, викладачів, інженерів та студентів.

ОРГАНІЗАТОРИ:

1. МОН України;
2. Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова.

Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами. Претензії до організаторів не приймаються.

Комп'ютерна верстка:
Відповідальний за випуск:

О.О. Пальчиков
О.О. Пальчиков

© Національний університет кораблебудування, 2025

ПЛЕНАРНА СЕКЦІЯ

УДК 621.317.31

Верещаго Є.М., к. т. н., Джангіров М.В., Єременко А.П.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

МОДЕЛЮВАННЯ ДАТЧИКІВ СТРУМУ У ДЖЕРЕЛАХ ЖИВЛЕННЯ З ЦИФРОВИМ КЕРУВАННЯМ ДЛЯ ПЛАЗМОТРОНІВ

Датчики струму є важливими компонентами в джерелах живлення для зварювання. Вони відіграють ключову роль у захисті обладнання, підвищенні ефективності, підтримці контролю якості та оптимізації процесів.

Для забезпечення стабільного та якісного зварного шва необхідний точний контроль струму. Датчики струму надають зворотний зв'язок у реальному часі щодо фактичного струму, що подається до зварювальної дуги, дозволяючи джерелу живлення коригувати та підтримувати необхідний рівень струму. Крім того, вони допомагають захистити джерело живлення та зварювальне обладнання від пошкоджень, виявляючи аномальні умови, такі як перевантаження по струму або коротке замикання. У разі потреби вони можуть ініціювати захисні дії, наприклад, вимкнення джерела живлення або активацію захисних схем.

Завдяки контролю струму джерело живлення може оптимізувати свою роботу для досягнення максимальної ефективності, зменшуючи споживання енергії та мінімізуючи виділення тепла – що особливо важливо при зварюванні з високою потужністю.

Дані, зібрані датчиками струму, є надзвичайно цінними для контролю якості. Аналіз профілів струму успішних зварювань допомагає встановити еталонні показники для майбутніх операцій. Відхилення від цих еталонів можуть свідчити про потенційні проблеми зі зварним швом.

Крім того, датчики струму сприяють оптимізації технологічного процесу. Наприклад, при контактному зварюванні профіль струму впливає на розмір і форму зварної точки. Завдяки контролю та моніторингу струму можна оптимізувати характеристики зварної точки відповідно до вимог конкретного застосування [1].

Наразі на ринку представлені моделі різних фірм, які можуть використовуватися в джерелах живлення для зварювання. Серед ключових характеристик, що впливають на вибір датчика, виділяють такі: максимальний діапазон вимірюваних струмів, смуга пропускання, точність, тип вихідного сигналу, технологія виготовлення, розміри [1, 2].

Враховуючи все вищезазначене є доцільним і актуальним використання цифрових систем керування у джерелах живлення для зварювання [3].

Метою роботи є моделювання ланцюгу «датчик струму» - «сігма-дельта модулятор» - «цифровий фільтр» та аналіз цифрових фільтрів, які можуть використовуватися для отримання точного цифрового представлення аналогового сигналу струму.

Цифрове керування відрізняється від аналогового підходу не лише засобами реалізації, але й принципами функціонування, гнучкістю, точністю й адаптивністю до змін умов роботи. Основні відмінності в проектуванні цифрових систем керування можна класифікувати за кількома критеріями:

- 1) Обробка сигналу. Аналогове керування працює безперервно в реальному часі, обробляючи аналогові сигнали без оцифровки. Цифрове керування потребує дискретизації сигналу за допомогою аналогово-цифрового перетворювача (АЦП), обробки даних мікроконтролером або цифровим сигнальним процесором (ЦСП), і, за потреби, цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) для зворотного перетворення.
- 2) Гнучкість і адаптивність. У цифровому керуванні алгоритми легко змінюються через перепрограмування, тоді як в аналоговому всі зміни вимагають фізичного втручання (заміни компонентів).
- 3) Прецизійність і шумозахищеність. Цифрові системи менш чутливі до шуму, ніж аналогові, особливо в середовищах із високими імпульсними перешкодами, що характерно для силової електроніки. Точність цифрового керування обмежується розрядністю АЦП/ЦАП, але вона може бути достатньо високою (12–16 біт і більше).
- 4) Можливості обчислення. Цифрові контролери можуть виконувати складні математичні обчислення в реальному часі, включаючи оптимізацію, фільтрацію сигналу, ПІД- або адаптивні регулятори. Це дозволяє впроваджувати складні функції регулювання.
- 5) Швидкодія. Аналогове керування зазвичай швидше через відсутність дискретизації та обчислень. Проте сучасні ЦСП і мікроконтролери з високими тактовими частотами забезпечують достатню швидкодію для більшості застосувань, включаючи високочастотні перетворювачі.
- 6) Вартість і складність. Аналогові системи можуть бути дешевшими і простішими для реалізації в базових схемах. Цифрові ж – складніші в початковому проектуванні, але знижують витрати на підтримку і модифікації в довгостроковій перспективі.

Цифрове керування дає змогу реалізувати точну, адаптивну та функціонально насичену систему керування перетворювачем. Воно відкриває можливість динамічного обчислення керуючих сигналів у режимі реального часу

та автоматичного реагування на зміни вхідних/вихідних параметрів. Ці переваги роблять цифровий підхід найбільш доцільним вибором для складних і вимогливих задач у сучасній силовій електроніці.

На рисунку 1 показано традиційне рішення для вимірювання за допомогою АЦП, яке зазвичай використовується в сучасних джерелах живлення. У цій конфігурації аналоговий низькочастотний фільтр знижує високочастотні шуми сигналу, а для забезпечення гальванічної розв'язки може додатково використовуватись ізолюючий підсилювач. Перетворення сигналу здійснюється в АЦП, який вбудований в ЦСП. Вибірка сигналу за допомогою такого традиційного рішення, як правило, супроводжується шумами, особливо в умовах високих електромагнітних завад, що є типовими для потужних джерел живлення. Придушення шумів може здійснюватися як за допомогою цифрових, так і аналогових фільтрів, але обидва варіанти спричиняють затримку [4]. Ця затримка може впливати на цифрову систему керування, зменшуючи її стійкість та погіршуючи динамічні властивості.

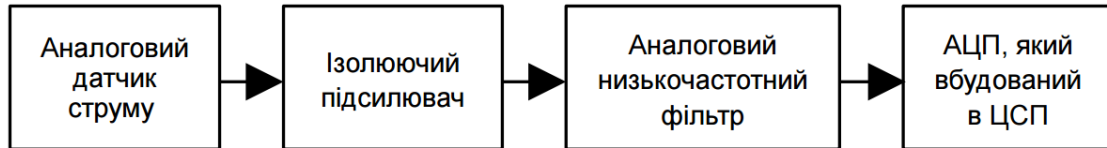


Рисунок 1 – Структурна схема вимірювання струму за допомогою АЦП, вбудованого в ЦСП

Щоб вирішити проблеми, притаманні традиційним АЦП, на рисунку 2 представлена типова схема вимірювання з використанням сігма-дельта АЦП. За потреби може використовуватись аналоговий фільтр низьких частот для зменшення високочастотних шумів перед подачею сигналу на сігма-дельта модулятор. Він перетворює аналоговий сигнал у цифровий потік, який може передаватися через оптичний інтерфейс до цифрового входу ЦСП, забезпечуючи гальванічну розв'язку та фізичне розділення. У ЦСП застосовується цифровий фільтр, який прибирає шуми квантування та високочастотні шуми і відновлює еквівалентний вимірюваний сигнал [4].



Рисунок 2 – Структурна схема вимірювання струму з використанням сігма-дельта АЦП

Розглянемо роботу сигма-дельта модулятора на прикладі датчика струму фірми LEM серії HO-NPW. Для вимірювання струму у ньому використовується датчик Холла без зворотного зв'язку, а аналогово-цифрове перетворення здійснюється за допомогою вбудованого сигма-дельта модулятора, що формує одnobітовий послідовний вихідний потік. Користувач сам завершує процес аналогово-цифрового перетворення, вибираючи фільтр для бітового потоку, що дозволяє досягти оптимального балансу між роздільною здатністю та часом відгуку відповідно до конкретного застосування [5].

Цей датчик використовує сигма-дельта модулятор другого порядку модель якого у середовищі Simulink представлена на рис. 3.

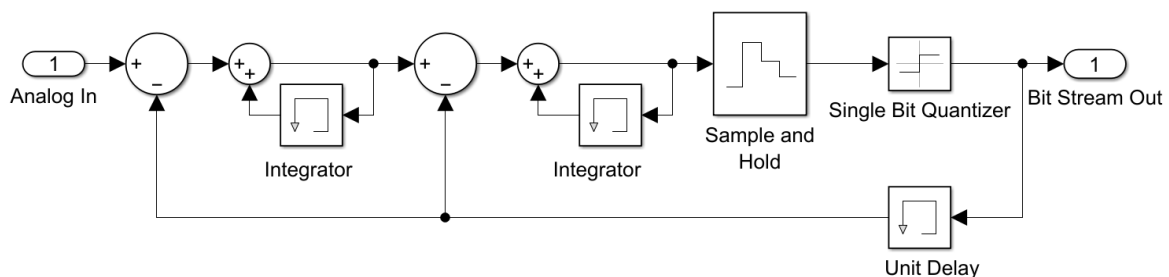


Рисунок 3 – Модель сигма-дельта модулятора другого порядку

У випадку сигма-дельта перетворювачів, що використовуються в датчиках LEM, аналоговий вхід зазвичай дискретизується з частотою приблизно 10,7 МГц, а цифровий вихід складається лише з одного біта. Тобто, замість багатобітного значення сигналу, як у традиційних АЦП з частотою Найквіста, сигма-дельта модулятор генерує потік одиничних бітів, який відображає, чи збільшується або зменшується сигнал у даний момент. Таким чином, на відміну від перетворювачів із частотою Найквіста, які забезпечують багатобітові вибірки з меншою частотою, сигма-дельта модулятор видає високошвидкісний потік із одного біта, який кодує сигнал впродовж часу. Оскільки кожен окремий біт містить дуже мало інформації, для точного відтворення вхідного значення необхідно обробити велику кількість бітів за допомогою цифрового низькочастотного фільтра. Цей процес ефективно усуває високочастотні шуми та спотворення, спричинені квантуванням сигналу, дозволяючи досягти високої роздільної здатності вимірювання навіть при використанні лише одного біта на виході.

У якості цифрового низькочастотного фільтра використовується SINC-фільтр порядку K . Фільтр першого порядку, який обробив N вхідних бітів, повертає на виході середнє значення цих бітів. Фільтр K -го порядку створюється шляхом послідовного з'єднання K фільтрів першого порядку [4, 6]. Як і у випадку з будь-яким фільтром, порядок та смуга пропускання вибираються для оптимізації продуктивності системи. Вузька смуга пропускання забезпечує найнижчий рівень шуму (або найвищу роздільну здатність), але при цьому зменшується швидкість відгуку і навпаки. Таким чином, під час проектування необхідно знаходити баланс між швидкістю і точністю/стабільністю вимірювань залежно від вимог конкретного застосування.

Моделювання роботи датчика струму з сигма-дельта модулятором для різних порядків SINC-фільтрів у середовищі Simulink зображено на рис. 4.

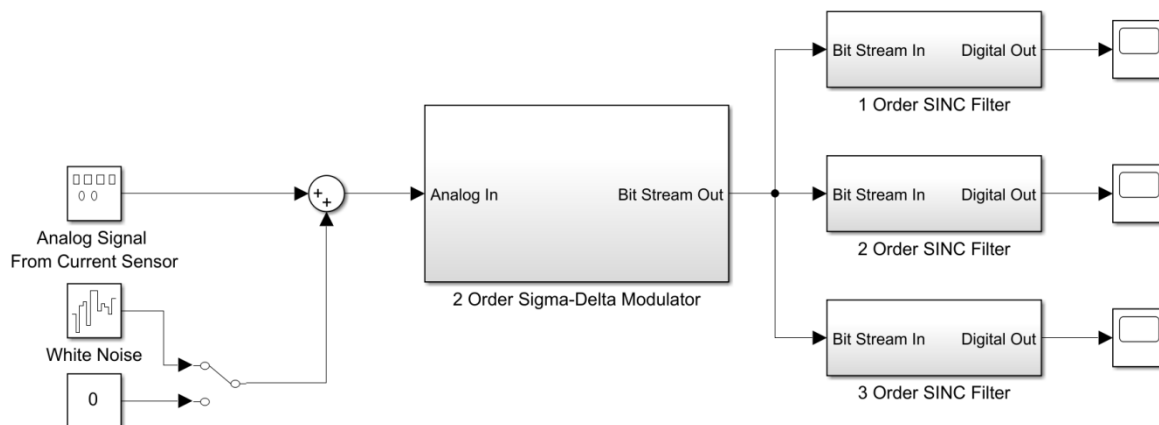


Рисунок 4 – Датчик струму з сигма-дельта модулятором та SINC-фільтри 1, 2 та 3 порядку

Висновки. Розроблена модель дозволяє досліджувати та аналізувати фільтри, що використовуються для отримання вихідного сигналу. Напрямами подальших досліджень можуть бути інші алгоритми цифрової обробки, що зможуть покращити швидкість вимірювань, забезпечуючи при цьому необхідну високу точність вихідного сигналу.

Список використаних джерел

1. Current measurement in industrial welding applications. URL: <https://www.lem.com/en/welding> (дата звернення: 06.04.2025).
2. Current-sensing solutions. URL: <https://www.ti.com/technologies/current-sensing-solutions.html> (дата звернення: 06.04.2025).
3. J. Deli, Y. Bo, An intelligent control strategy for plasma arc cutting technology, Journal of Manufacturing Processes, Volume 13, Issue 1, 2011, pp. 1-7.
4. Montes, O.A.; Dadzie, D.; Lukic, S.; Tu, H. Multisampling with Sigma-Delta ADCs for Medium-Voltage Cascaded H-Bridge Converters. Energies 2024, 17, 6156.
5. Digital Current Transducer HO-NPW series. URL: https://www.lem.com/sites/default/files/products_datasheets/ho-npw_series.pdf (дата звернення: 06.04.2025).
6. Digital Output Transducers and $\Sigma\Delta$ Conversion. URL: <https://www.lem.com/en/file/6811/download> (дата звернення: 06.04.2025).

УДК 621.3:681:5

Демідов І.А., Черно О.О., д.т.н.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ ПЕРЕДАТОЧНОЇ ФУНКЦІЇ ДЛЯ ВІБРАЦІЙНИХ КОНВЕЄРІВ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ХВИЛЬОВИХ ЕФЕКТІВ

У сучасних виробничих технологіях вібраційні машини відіграють ключову роль, забезпечуючи широкий спектр операцій — від вібраційного транспортування до інтегрованих процесів сепарації, сортування, сушіння та дозованої подачі матеріалів [1–3]. Якість і стабільність цих технологій гарантується застосуванням керованих електромагнітних вібраційних приводів, удосконалення яких залишається одним із пріоритетних завдань інженерної науки [4, 5]. При моделюванні довгих робочих органів віброконвеєрів традиційно використовують континуальні математичні й імітаційні підходи, що дозволяють точно відтворити розподіл параметрів уздовж довжини [6, 7]. Водночас для інтегрованого аналізу механічних коливань, електромагнітних явищ та алгоритмів керування більш ефективними виявляються дискретні моделі, які дозволяють реалізувати зворотний зв'язок у системах керування та враховувати реальні сигнали [8, 9].

Метою роботи стало створення спеціалізованої програми, яка автоматизує весь цикл аналізу коливальних процесів у вібраційній машині з керованим електромагнітним приводом, з урахуванням хвильових процесів та вібраційних деформацій у розподіленому робочому органі, на основі початкової континуальної імітаційної моделі.

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНА СЕКЦІЯ	3
Верецаго Є.М., Джангіров М.В., Єременко А.П. Моделювання датчиків струму у джерелах живлення з цифровим керуванням для плазмотронів	3
Демідов І.А., Черно О.О. Алгоритм побудови передаточної функції для вібраційних конвеєрів із врахуванням хвильових ефектів	5
Льовкін В.С., Білюк І.С., Савченко О.В. Електромеханічний перетворювач хвильової електростанції.....	7
Пальчиков О.О. Динаміка синхронного двигуна в складі електромеханічної системи робота циліндричної системи координат	9
СЕКЦІЯ 1. ІМПУЛЬСНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ	14
Малюшевська А.П., Гунько В.І., Перекупка І.А., Танасова О.Д. Адаптація занурювальної частини електророзрядного пристрою для обробки вертикальних нафтових свердловин до умов роботи в горизонтальних свердловинах.....	14
Козирєв С.С. Забезпечення максимальної ефективності екзотермічного перетворення енергії при високовольтному електрохімічному вибуху	16
Гунько В.І., Танасова О.Д., Фещук Т.А. Створення свердловинних високовольтних імпульсних конденсаторів, призначених для експлуатації при високих температурах навколишнього середовища	19
СЕКЦІЯ 2. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ КОМПЛЕКСИ, ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ	22
Стрункін Г.М. Моделювання роботи електромеханічної системи автономної ВЕУ з АДМ на базі АГФР зі збудженням від інвертора напруги при рекуперуючому навантаженні	22
Волянський Ю.С., Яценко В.С., Волянська Я.Б., Волянський С.М. Оцінка впливу кавітації на ефективність експлуатації пропульсивних комплексів об'єктів морської робототехніки	24
Чекунов В.К., Костюченко В.І. Сучасні аспекти розвитку електрорушійних систем судна	26
Онищенко О.В., Смалієвський В.Ю., Красюк О.М., Волянський С.М. Перспективи використання багаторівневих інверторів у системах автоматизованого електропривода	32
Гетманцева В.С., Черніков М.О., Волянська Я.Б. Порівняльний аналіз методів моделювання електромеханічних систем у середовищах MATLAB/ SIMULINK та SCILAB/XCOS	36
Козлов О.І., Лебідь О.О., Волянський С.М. Дослідження впливу коливань напруги живлення на динаміку електроприводу.....	39
Новогрецький С.М., Барішник Ю.М. Вплив демпферної обмотки на статичну стійкість паралельної роботи синхронних генераторів.....	43
Новогрецький С.М., Меліхов Д.С. Розрахунок потоку розсіювання в обмотковому вікні керованого підмагнічування реактора.....	47
Пальчиков О.О. Моделювання роботи електропривода повороту колони робота з регуляторами швидкості і положення на базі синхронного двигуна	50
СЕКЦІЯ 3. МОРСЬКЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. АВТОМАТИКА, ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ І ПРИСТРОЇ	54
Грудініна Г.С. Штучний інтелект в судових автоматизованих системах	54
Прищепов Є.О., Грешинов А.Ю. Пристрій для прийому та відтворення поточкових аудіо даних	56
Клочков О.П., Овсянников В.М. Комунікаційна система «Судно – небезпека для судноплавства»	58
Угольніков Г.Г., Герасін О.С. Кінематична модель робота-маніпулятора у рухливій підвісній системі	60
Стогнієнко Є.В. Порівняння нечітких систем керування джерелом живлення для плазмового різання	62
Костенко Д.В., Трибулькевич С.Л., Трибулькевич В.В. Розподілена система збирання даних та телекерування	65
Трешнюк А.І., Дьяконов О.С. Інтерактивна карта України як інструмент оперативного інформування населення в умовах війни та змін погодних умов	69
Прищепов Є.О., Грешинов А.Ю. Моделювання рефлектометричного вимірювального перетворювача рівня на базі інтегрального перетворювача «ЧАС-КОД»	71
Верецаго Є.М., Єременко А.П., Джангіров М.В. Синтез ПІД-регуляторів імпульсних джерел живлення плазмотронів засобами системи MATLAB/SIMULINK	73
Горбов В.Ю. Підхід до генерації оптимальної траєкторії для руху квадрокоптера	76
Топалов А.М. Структури та засоби безпеки безпроводних мереж Wi-Fi в задачах автоматизації.....	79
СЕКЦІЯ 4. ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ	82
Рябенський В.М., Худякова І.М. Генератор синусоїдальних коливань з одним часо-задаючим конденсатором	82
Буряк В.С. Моделювання високоякісного джерела напруги на базі мікросхеми TL431.....	84
Махнов А.О., Вінниченко І.Л. Моделювання резонансного перетворювача для системи електроживлення суден на електричній тязі	89
СЕКЦІЯ 5. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	92
Білюк І.С., Савченко О.В., Рачинський А.В. Спосіб модернізації електропривода бурової установки ..	92
Білюк І.С., Савченко О.В., Льовкін В.С. Удосконалення системи керування деревообробного верстата	95

<i>Дьяконов О.С., Іхсанов Ш.М., Воскобоєнко В. І., Федорук Д. Л.</i> Особливості підготовки керуючих програм для фрезерних верстатів при гравіруванні пояснювальних табличок для суднової електротехнічної продукції	98
<i>Войтасик А.М., Бессараб Н.М.</i> Особливості розробки електропривода похилого стрічкового конвеєра з довжиною транспортування вантажу 12 м	102
<i>Войтасик А.М., Буравченко В.Є.</i> Особливості розробки електропривода суднової лебідки вантажопідйомністю 3 т	105
<i>Войтасик А.М., Гоцуленко Я.В.</i> Особливості розробки електропривода мостового крана вантажопідйомністю 5 т	107
<i>Войтасик А.М., Клименко В.С.</i> Особливості розробки електропривода консольно-поворотного крана вантажопідйомністю 2,5 т	110
<i>Рачинський А.В., Білюк І.С., Савченко О.В.</i> Особливості моделювання процесів перетворення енергії у хвильових електростанціях	112
<i>Васильєв О.Г., Олейніченко В.О.</i> Автоматизований електропривод насоса водопостачання питної і технічної води	114
<i>Писарєв О.С., Васильєв О.Г.</i> Автоматизований електропривод водяних насосів котельної установки	119

Наукове видання

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ СПАЕ-2025

ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

29-30 квітня 2025 року

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, проспект Центральний, 3

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

(українською та англійською мовами)

Відповідальний за випуск:

О.О. Пальчиков

Комп'ютерна верстка:

О.О. Пальчиков

Видавець Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

проспект Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54007

E-mail: publishing@nuos.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2506 від 25.05.2006 р.