

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

АВТОМАТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

МАТЕРІАЛИ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

4-5 грудня 2025 року

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

МАТЕРІАЛИ

Миколаїв 2025

УДК 681.51:519.876
А 22

Автоматика та електротехніка: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених [Електронний ресурс]. – Миколаїв: НУК, 2025. – 135 с.

У збірнику подані матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Автоматика та електротехніка".

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

Також було впроваджено алгоритм затримки часу між рухом панелей, що дозволило отримати більш плавне керування кутом нахилу модулів. Було додано динамічну функцію швидкості руху відкриття/закриття, додано збір телеметрії в реальному часі, а також оптимізовано програму за допомогою переведення багатьох функцій по збору даних з датчиків у фоновий режим.

Висновок

Після оптимізації програмного коду, ми отримали оптимізацію відклику від робота з 2-10 секунд до 0.05-0.3 секунд, що є гарним результатом. Також були модернізовані деталі корпусу для більш чіткої роботи та покращення міцності корпусу. Після тестів механізму з сервоприводом, було замінено серводвигун на більш потужну версію, що покращило енергоефективність та стабільність механізму.

Список використаних джерел

1. Набір з функціями реального супутника //електронний ресурс — режим доступу <https://www.mysat.com.ua/start/>
2. Arduino Nano 33 //електронний ресурс — режим доступу <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano-33-iot>
3. ESP32-CAM Development Board //електронний ресурс — режим доступу https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/DFRobot%20PDFs/DFR0602_Web.pdf
4. Ultra-Small, Low-Power, 12-Bit Analog-to-Digital Converter with Internal Reference //електронний ресурс — режим доступу <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/ads1015.pdf>

УДК 681.391.8

Саєун І.А., Москва В.В., Ушкаренко О.О., д.т.н., проф.

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

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ У ВБУДОВАНИХ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМАХ

Вступ. Цифрова обробка сигналів (ЦОС) є невід’ємною частиною сучасних вбудованих мікропроцесорних систем керування, збору та обробки даних, які застосовуються у телекомунікаціях, навігації, перетворювальній, вимірювальній техніці та промисловій автоматизації. Реалізація алгоритмів цифрової фільтрації безпосередньо на мікроконтролерах потребує інструментів, які забезпечують не лише програмування, але й детальне моделювання, налагодження, аналіз часових характеристик та візуалізацію результатів обробки сигналів. В [1] продемонстровано, що використання формальних і графічних моделей для опису структур ЦОС-систем істотно спрощує проєктування та подальшу програмну реалізацію цифрових фільтрів (ЦФ) у системах обробки сигналів. Структурно-функціональний підхід до опису систем ЦОС, як показано в [2], забезпечує узгодженість між математичними моделями та програмною реалізацією алгоритмів на мікропроцесорних платформах. Сучасні оглядові дослідження, зокрема [3], демонструють значний прогрес у розвитку алгоритмів ЦОС, однак майже не розкривають питань їх практичної інтеграції у ресурсообмежені мікроконтролерні системи. У роботі [4] показано окремі аспекти впливу оптимізації компілятора та особливостей мікроконтролерів STM32 на якість роботи ЦФ, проте відсутня цілісна методика, яка б охоплювала весь цикл – від моделювання структури фільтра до його коректної верифікації на реальному обладнанні. Таким чином, залишається невирішеною проблема комплексного підходу до моделювання, реалізації та налагодження цифрових фільтрів у вбудованих мікропроцесорних системах, що і становить предмет даного дослідження.

Мета дослідження полягає в розробці та експериментальній перевірці методики моделювання й налагодження цифрових фільтрів на мікроконтролерах сімейства STM32 із використанням бібліотеки CMSIS-DSP та середовища розробки Keil uVision.

Основна частина. Мікроконтролери STM32, оснащені ядрами Cortex-M з апаратним блоком FPU, підтримують операції із плаваючою комою, а у поєднанні з бібліотекою CMSIS-DSP та інструментами Keil uVision та STM32CubeMX, надають широкі можливості для розробки та тестування цифрових фільтрів у режимі реального часу [4]. Це дозволяє виконувати повний цикл – від конфігурування тактових частот та генерації коду до покрокового дослідження фільтрів за допомогою вбудованого логічного аналізатора. Для дослідження програмно реалізованого ЦФ було використано мікроконтролер STM32F411RE, що встановлений на платі STM32 Nucleo. Налаштування проєкту здійснювалося у середовищі STM32CubeMX, в якому задається конфігурація тактових частот, зокрема робота на частоті 100 МГц, що є суттєвим для ефективної реалізації алгоритмів ЦОС.

На етапі програмування використано середовище Keil uVision із підключенням пакетів CMSIS-Core, CMSIS-DSP, Device Startup та HAL-бібліотеки. Для налагодження програмного забезпечення було використано вбудований ST-Link Debugger та інструменти логічного аналізатора, що дають змогу в режимі реального часу спостерігати за значеннями вибірок сигналу до і після цифрової обробки. Власне, сама обробка сигналу виконується програмно реалізованим фільтром зі скінченною імпульсною характеристикою (CIX) низьких частот. Також, для порівняння коректності реалізованого алгоритму, цифрову обробку тестового сигналу було реалізовано з використанням бібліотечної функції `arm_fir_f32()`. Фільтр має 29 коефіцієнтів, обчислених

заздалегідь. Фільтр синтезовано за допомогою віконного методу [5], при цьому використано вікно Хеммінга як вагову функцію. Коефіцієнти цифрового СІХ-фільтра розташовано в масиві:

```
const float32_t firCoeffs32[29] = {-0.0018225230, -0.0015879294, 0, 0.0036977508, 0.0080754303, 0.0085302217, 0, -0.0173976984, -0.0341458607, -0.0333591565, 0, 0.0676308395, 0.1522061835, 0.2229246956, 0.2504960933, 0.2229246956, 0.1522061835, +0.067630839f, 0, -0.033359156f, -0.0341458607, -0.0173976984, 0, 0.0085302217, 0.0080754303, +0.0036977508, 0, -0.0015879294, -0.0018225230};
```

Процес фільтрації виконується блоками з використанням проміжного буфера стану фільтра, розмір якого відповідає вимогам CMSIS-DSP. Розмір блоку BLOCK_SIZE дорівнює 32, який було вибрано експериментально як компроміс між продуктивністю та обсягом використаної пам'яті. При використанні бібліотечних функцій спочатку відбувається процес ініціалізації:

```
arm_fir_init_f32(&fir, NUM_TAPS, firCoeffs32, firStateF32, BLOCK_SIZE);
```

Процес цифрової обробки сигналу відбувається використанням наступної функції:

```
arm_fir_f32(&fir, input + i*BLOCK_SIZE, output + i*BLOCK_SIZE, BLOCK_SIZE);
```

Під час відлагодження ЦФ було використано можливості логічного аналізатора Keil, які забезпечують візуальний аналіз часових рядів, що значно спрощує оцінку роботи фільтра та точність реалізованих алгоритмів. Зокрема, у наведеному прикладі показано діалогове вікно логічного аналізатора (рис. 1), в якому можна спостерігати одночасно вхідний та вихідний сигнали.

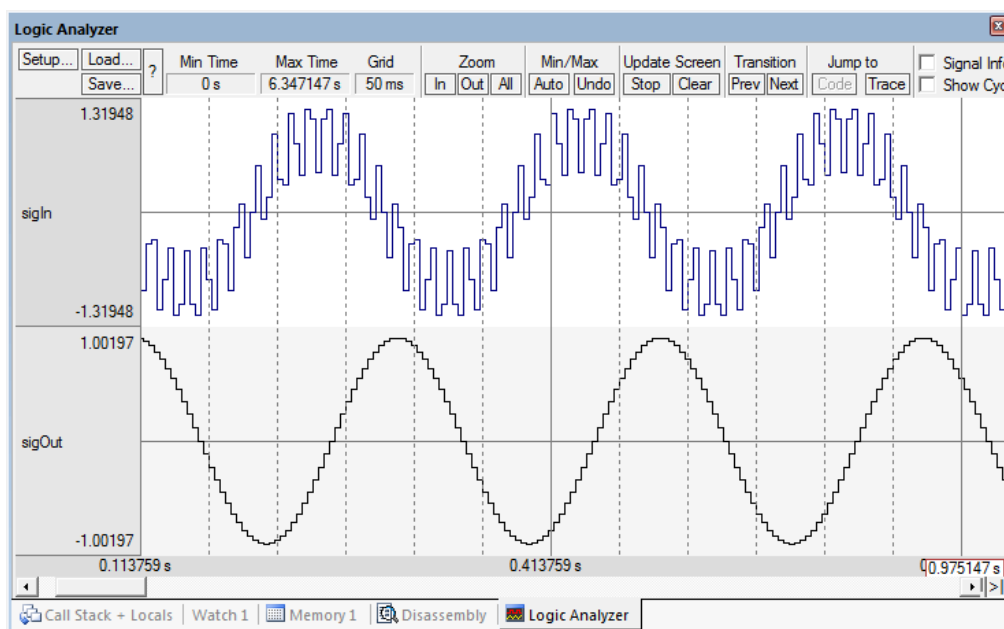


Рисунок 1

Після фільтрації високочастотна складова зменшилася більш ніж у 12 разів (за піковими значеннями). Графічно це підтверджено у логічному аналізаторі (рис. 1). Збіг результатів власної реалізації та CMSIS-DSP показав коректність роботи реалізованих функцій. СІХ-фільтр обробив масив із 320 відліків за 0,134 мс при тактовій частоті мікроконтролера 100 МГц, що відповідає ~2,38 MFLOPS для даної операції. Отримані результати свідчать про те, що мікроконтролери STM32 здатні виконувати цифрову фільтрацію у реальному часі без значного навантаження на процесор. Завдяки апаратній підтримці операцій з плаваючою комою у мікроконтролерах STM32F4 вдається досягти високої продуктивності, що робить можливим застосування реалізованих алгоритмів у системах реального часу.

Висновки. У роботі продемонстровано комплексний підхід до моделювання та налагодження цифрових фільтрів, реалізованих на мікроконтролерах сімейства STM32. Використання середовищ STM32CubeMX та Keil uVision у поєднанні з бібліотекою CMSIS-DSP дозволяє ефективно розробляти, тестувати та візуалізувати алгоритми цифрової обробки сигналів без необхідності застосування зовнішніх засобів моделювання. Результати моделювання підтверджують, що мікроконтролери STM32 є придатними для реалізації складних алгоритмів ЦОС, включаючи СІХ-фільтрацію, згортку та статистичну обробку сигналів. Розглянутий підхід може бути використаний в освітніх цілях, наукових дослідженнях, а також при створенні промислових вбудованих систем керування, збору та обробки даних.

Список використаних джерел

1. Mahmoud M.S. Al-suod. Development of Graphical Analytical Models for Digital Signal Processing System Structures / Al-suod Mahmoud M.S, Ushkarenko O., Abdel Hamid Soliman, Mahmoud Zeidan, Abdullah M. Eial Awwad, Alaa M. Al-Quteimat // Jordan Journal of Electrical Engineering. 2020. Vol. 6, No. 2. P. 140-153.
2. Редька І.В. Принципи опису систем цифрової обробки сигналів на структурно-функціональному рівні / І.В. Редька, О.І. Трешнюк, О.О. Ушкаренко // Автоматика та електротехніка: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених [Електронний ресурс]. Миколаїв: НУК, 2023. С. 57-59.
3. Sadeghi S. A Comprehensive Review of Digital Signal Processing (DSP) Algorithms and Their Applications in Telecommunication and Wireless Communication Systems / S. Sadeghi // International Journal of Engineering & Technology Sciences. 2025. Vol. 2025. P. 1-60.
4. Zubkov O. Features of the Digital Filters Implementation on STM32 Microcontrollers / O. Zubkov, I. Svyd, O. Vorgul // In Proc. Of the III International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA-2021), Kharkiv, Ukraine, 2021. P. 6-8. DOI: 10.35598/mcfpga.2021.001
5. Рябенкий В.М. Програмна реалізація алгоритмів цифрової обробки сигналів / В.М. Рябенкий, О.О. Ушкаренко // Миколаїв : НУК, 2016. 244 с.

УДК 621.314

Обрубов А.В. д.т.н., доцент, Обрубов В.А., студент магістратури

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, м. Миколаїв

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ РЕЗОНАНСНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА З АВТОГЕНЕРАЦІЄЮ ПРИ ФАЗОВО-РЕЛЕЙНОМУ РЕГУЛЮВАННІ

Метою роботи є теоретичне визначення залежностей робочої частоти резонансного перетворювача електроенергії з автогенерацією коливань і з фазово-релейним способом регулювання від параметрів схеми та експериментальне дослідження його поведінки при зміні параметрів резонансного контуру та частоти фазозсувного фільтру зворотного зв'язку.

Досліджувана схема перетворювача

Функціональна схема резонансного перетворювача з трьома варіантами позитивного зворотного зв'язку (ПЗЗ) на рис.2 містить наступні елементи: ІН – інвертор напруги класу D; В – випрямляч; ДС, ДН – датчики струму і напруги; К – комутатор сигналу; РЕ – релейний елемент; РВВ – регулятор вихідних величин; АВ – аналоговий вихід; РВ – релейний вихід; ФЗФ – фазозсувний фільтр.

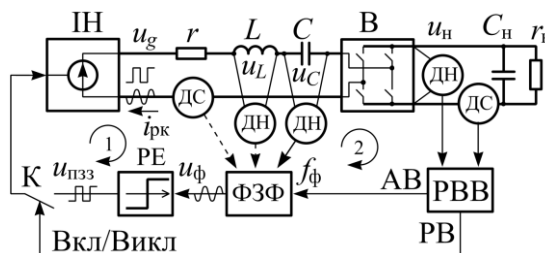


Рисунок 1 – Функціональна схема резонансного перетворювача з автогенерацією

Перетворювач на рис.1 має контур ПЗЗ номер 1 за коливаннями струму або напруг і контур негативного зворотного зв'язку номер 2 за вихідними напругою то струмом. Для запуску та автогенерації коливань в ПЗЗ сигнал одного з датчиків (ДС або ДН) подається на ФЗФ, тип якого залежить від задіяного датчику: фільтр високих частот при сигналі від датчика струму ДС резонансного контуру $i_{pк}$; фільтр низьких частот при сигналі від датчика напруги ДН на резонансній індуктивності u_L або смуговий фільтр при сигналі від датчика напруги ДН на резонансній ємності u_C . Тепловий шум датчиків та ФЗФ викликає початкові малі коливання, достатні для перемикавання РЕ. Завдяки ПЗЗ коливання посилюються і наростають до стаціонарної величини. Частота автогенерації f_g відрізняється від резонансної частоти контуру $f_0=1/(2\cdot\pi\cdot\sqrt{L\cdot C})$, оскільки ФЗФ створює регульований фазовий зсув сигналів. Фазове регулювання здійснюється шляхом регулювання частоти налаштування ФЗФ f_ϕ від аналогового виходу АВ регулятора вихідних величин РВВ, що призводить до зміни частоти автогенерації f_g . З виходу ФЗФ сигнал надходять на релейний елемент РЕ, який перетворює сигнали з формою близькою до синусоїди в прямокутний сигнал ПЗЗ $u_{пзз}$, що управляє станами ключів інвертору напруги ІН. Автоматичне регулювання вихідних величин здійснюється за зворотним зв'язком по вихідному струму, якщо він більший за задане значення струму, або за зворотним зв'язком по вихідній напрузі, якщо напруга більша за задану напругу, за допомогою регулятора вихідних величин РВВ з двома виходами АВ і РВ. Аналоговий вихід АВ призначений для керування частотою ФЗФ при вихідному струмі в межах 50-100% від максимального, а

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНА СЕКЦІЯ	3
Волянський Ю.С., Яценко В.С., Мицик А.І., Волянська Я.Б., Волянський С.М. Модернізація архітектури сонячної електростанції шляхом застосування акумуляторних систем зберігання енергії	3
Макаренко Д.С., Козлов М.О. Огляд котушок Роговського та особливостей їх застосування в електроенергетичних системах	5
Тимченко А.С., Федоров А.Д., Савченко О.В., Іванов А.В. Досвід використання конструктора персонального супутника	6
Савун І.А., Москва В.В., Ушкаренко О.О. Інструментальні засоби моделювання цифрових фільтрів у вбудованих мікропроцесорних системах	8
Обрубов А.В., Обрубов В.А. Дослідження поведінки резонансного перетворювача з автогенерацією при фазово-релейному регулюванні	10
Ігнатенко Є.В., Костюченко В.І., Новогрецький С.М. Керування реактивним навантаженням в умовах несиметрії режиму	13
Іванов А. В., Честних М. В. Регулювання характеристик електромагнітної силової та гідродинамічної дії на розплав шляхом зміни геометрії електродної системи при електрострумовій обробці розплаву	16
Сіриченко С. О., Герасін О. С. Системи комп'ютерного зору в сфері робототехніки	22
Сироватка А.В. Перспективи застосування електромагнітного резонансного привода у вібраційних машинах для різночастотного ущільнення бетонних сумішей	27
СЕКЦІЯ 1. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	29
Васильєв О.Г., Савченко О.В., Заворотний А.О. Модернізація системи керування електропривода маніпулятора у складі РТК механообробки	29
Білюк І.С., Савченко О.В., Козлов А.Ю., Іванов А.В., Теплов С.Б. Модернізація системи керування токарного патронно-центрового верстата	34
Білюк І.С., Савченко О.В., Козлов А.Ю., Іванов А.В., Ярошинський О.В. Проектування логічного контролера	36
Білюк І.С., Савченко О.В., Козлов А.Ю., Іванов А.В., Онищенко О.В. Система керування електроприводом жалюзі	38
Білюк І.С., Савченко О.В., Козлов А.Ю., Іванов А.В., Пристайко Т.І. Система керування робота-маніпулятора моделі М20П.40.01	40
Савченко О.В., Білюк І.С., Шамраєв В.В., Заворотний А.О. Мостовий блок живлення для систем автоматики	44
СЕКЦІЯ 2. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ КОМПЛЕКСИ, ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ. ПІДВОДНА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ	46
Черчель С.Є., Овсянников В.М. Удосконалення системи резервного живлення апаратури ГМСЗЛ на базі інтелектуальних LI-ION накопичувачів та гібридної фільтрокомпенсуючої системи	46
Чернов І.М., Овсянников В.М. Дослідження структури тренажерного обладнання для підготовки операторів глобальної морської системи зв'язку у випадку лиха та для забезпечення безпеки (ГМСЗЛБ)	48
Чилій І.А. Вдосконалення системи електроприводу ліфтової лебідки з використанням векторної системи керування	53
Боросан М.С., Овсянников В.М. Аналіз схемотехніки пристроїв автоматичної синхронізації генераторів	56
Пальчиков О.О. Аналіз матеріалів електричних ізоляторів	61
Пальчиков О.О. Аналіз еволюції вакуумних вимикачів	64
Федорак В.В. Моделювання гідротехнічних характеристик рухів телекерованого підводного апарату	69
Ставинський Р.А., Авдєєва О.А., Савченко О.В. Система електроприводу автоматичної вентиляції генеруючого агрегату суднової електростанції	71
Зінчук В.В., Чекунов В.К. Використання гібридних енергетичних установок на судах	73
Грудініна Г.С., Шведов М.В., Мироненко М.В. Сучасні електроприводи автономних малорозмірних суден	81
Новогрецький С.М., Костюченко В.І., Баришник Ю.М. Вплив сталої часу подовжньої обмотки збудження на статичну стійкість паралельної роботи синхронних генераторів	83
Грудініна Г.С., Радченко О.В. Електропривод в роботизованих морських об'єктах	87
СЕКЦІЯ 3. ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ. АВТОМАТИКА, ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ І ПРИСТРОЇ	90
Рябенський В.М., Варганов М.О. Дослідження властивостей гіраторів	90
Рябенський В.М., Баліцький Н.О. Модельні дослідження технічних характеристик тембр блоку	92

<i>Якубець К.В., Герасін О.С.</i> Система візуалізації керованого функціонування мобільного робота	95
<i>Стрункін Г.М.</i> Досвід розробки снаббера для чоппера для тягової підстанції.....	100
<i>Рибак О.Б.</i> Моделювання робототехнічних систем як базова складова процесу їх розробки	102
<i>Дячков А.П.</i> Моделювання засобів керування мобільних об'єктів при русі у віртуальному 3D-просторі	107
<i>Демідов І.А.</i> Стохастична непередбачуваність курсу МРО як засіб протидії прогнозованому спостереженню	110
<i>Пустомельник В.С., Дьяконов О.С.</i> Розробка навантаження змінного струму з мікропроцесорним керуванням	112
<i>Грешин А.Ю., Стократян В.В.</i> Пересувний комплекс для вимірювання параметрів паливних речовин	116
<i>Гайдай Г.Ю., Лошиц В.Д.</i> Метрологічне супроводжування технічного обслуговування та ремонту військової техніки	119
<i>Гайдай Г.Ю., Вартанян В.Е.</i> Стенд для перевірки геометричної точності повірочних плит	123
<i>Мельнікова І.О., Черкасов А.О., Ясенко Д.А., Буряк В.С.</i> Проблема нарощування типових ланок при побудові складних систем автоматичного керування	126
<i>Руднік А.А., Мадінов М.Л., Шкітов А.А., Лацик Н.С.</i> Фактори загроз функціонування SCADA систем в автоматизованих виробничих комплексах	130

Наукове видання

АВТОМАТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА – 2025

ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

4-5 грудня 2025 року

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

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

(українською та англійською мовами)

Відповідальний за випуск:
Комп'ютерна верстка:

О.О. Пальчиков
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.