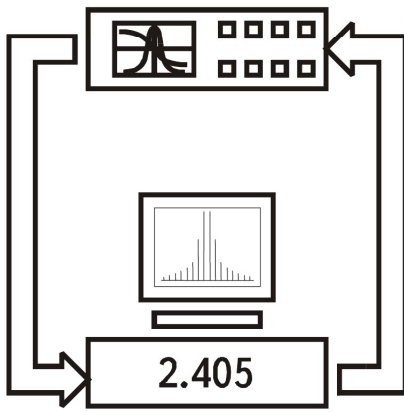
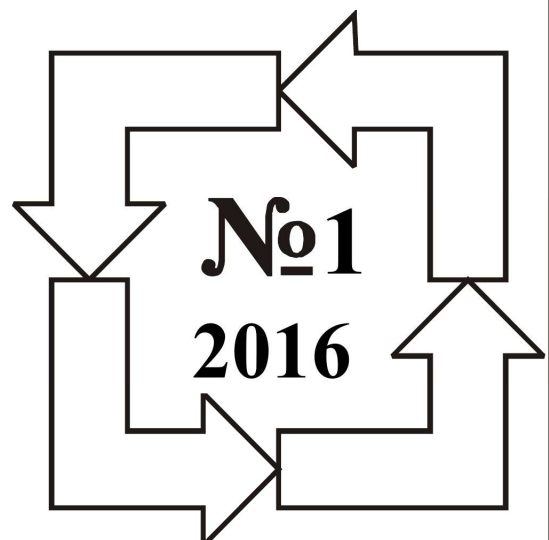


ISSN 2219-9365



*МІЖНАРОДНИЙ  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ  
ЖУРНАЛ*

**ВИМІРЮВАЛЬНА  
ТА  
ОБЧИСЛЮВАЛЬНА  
ТЕХНІКА  
В  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
ПРОЦЕСАХ**



*ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ*

# **Міжнародний науково-технічний журнал**

## **ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ**

**Заснований в травні 1997 р.**

**Виходить 4 рази на рік**

**Хмельницький, 2016, №1 (54)**

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради  
Хмельницького національного університету, протокол № 9 від 31.3.2016 р.**

**Засновники:** Хмельницький національний університет  
Українська технологічна академія (м. Київ)  
**Видавець:** Хмельницький національний університет

Затверджене як фахове видання постановою президії ВАК України від 10.02.2010 № 1-05/1  
Включено у РИНЦ (дог. № 212-04/2013) [http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=37653](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37653)  
Index Copernicus <http://jml2012.indexcopernicus.com/+++++,p24781565,3.html>  
Google Scholar [http://scholar.google.com.ua/citations?user=nwN\\_nusAAAAJ&hl=uk](http://scholar.google.com.ua/citations?user=nwN_nusAAAAJ&hl=uk)

**Головний редактор** д.т.н., проф. **І.В. Троцишин**  
**Заступник головного редактора та** д.т.н., проф. **В.Т. Кондратов**  
**голова редакційної колегії**  
**Відповідальний секретар** к.т.н., доц. **К.Л. Горященко**

### **Редакційна колегія:**

Бубулис Алгимантас, д.т.н., проф. (Литва); Вільям Кей Джі, д.т.н., проф., (Республіка Корея);  
Водотовка В.І., д.т.н., проф.; Дивак М.П., д.т.н., проф.; Дудикевич В.Б., д.т.н., проф.;  
Жултовський Богдан, д.т.н., проф. (Польща); Зленко С.М., д.т.н., проф.; Каплун В.Г., д.т.н., проф.;  
Кичак В.М., д.т.н., проф.; Кожемяко В.П., д.т.н., проф.; Коробко Є.В., д.т.н., проф. (Білорусія);  
Косенков В.Д., к.т.н., проф.; Кузьмін І.В., д.т.н., проф.; Лепіх Я.І., д.ф-м.н., проф.;  
Мансуров Тофік Магомедович, д.т.н., проф. (Азербайджан); Мельник А.О., д.т.н., проф.;  
Натріашвілі Тамаз Мамієвич, д.т.н., проф. (Грузія); Павленко Ю.Ф., д.т.н., проф.; Павлов С.В., д.т.н.,  
проф.; Підченко С.К., д.т.н., проф. ; Попов Валентин, д. природничих н., проф. (Німеччина);  
Проценко М.Б., д.т.н., проф.; Пунчеко О.П., д.філ.н., проф.; Ройзман В.П., д.т.н., проф.; Романюк В.В.,  
д.т.н., доцент; Романюк О.Н., д.т.н., проф.; Ротштейн Олександр Петрович, д.т.н., проф. (Ізраїль);  
Сопрунюк П.М., д.т.н., проф.; Стахов Олексій Петрович, д.т.н., проф. (Канада), Стенцель Й.І., д.т.н.,  
проф.; Сурду М.М., д.т.н., проф.; Філінюк М.А., д.т.н., проф.; Шарпан О.Б., д.т.н., проф.

**Технічний редактор К.Л. Горященко**

**Адреса редакції:** редакція журналу "Вимірювальна та обчислювальна техніка в  
технологічних процесах", (кімн. 4-402), Хмельницький національний  
університет, вул. Інститутська 11, м. Хмельницький, 29016, Україна.

**Тел:** (+38) 097-684-34-29. **E-mail:** [vottp.tiv@gmail.com](mailto:vottp.tiv@gmail.com)

**web:** <http://fetronics.ho.com.ua>  
<http://journals.khnu.km.ua/vottp/>

Зареєстровано Міністерством юстиції України  
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
Серія КВ №16040-4512ПР від 16 грудня 2009 року.

© Хмельницький національний університет, 2016  
© Редакція "Вимірювальна та обчислювальна  
техніка в технологічних процесах", 2016

## ЗМІСТ

### ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МЕТРОЛОГІЇ, ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

|  |    |
|--|----|
| <b>С.А. КРАВЧЕНКО.</b> ИСХОДНЫЕ МЕРЫ В ГОСУДАРСТВЕННОМ ЭТАЛОНЕ ГЭТ61-88 В ОБЛАСТИ ФАЗОМЕТРИИ.....  | 7  |
| <b>В.Т. КОНДРАТОВ.</b> ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА УРАВНЕНИЙ ИЗБЫТОЧНЫХ И СВЕРХИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ. СООБЩЕНИЕ 1 ..... | 17 |

### ОПТИЧНІ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

|  |    |
|--|----|
| <b>В.В. СТРЕЛЬБИЦКИЙ, С.Л. ГОРЯЩЕНКО.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕМПИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАМЫ ВИБРОУПРОЧНЯЮЩЕЙ УСТАНОВКИ .....   | 27 |
| <b>В.Ю. КУЧЕРУК, П.І. КУЛАКОВ, О.М. ВОЗНЯК, Т.В. ГНЕСЬ, О.Г. АНТИПОВ, У.С. МЕЛЬНИЧУК, Р. С. БІЛЄНКО.</b> РОЗВИТОК МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ІНТЕНСИВНОСТІ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ .....   | 31 |
| <b>О.М. ВАСІЛЕВСЬКИЙ.</b> МЕТОДИКА КАЛІБРУВАННЯ ФТОРИД-СЕЛЕКТИВНИХ ЕЛЕКТРОДІВ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ГРАДУЮВАЛЬНОГО ГРАФІКА .....  | 37 |
| <b>А.П. СТАХОВА.</b> РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ПРИ РУЙНУВАННІ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ МАТЕРІАЛІВ З ПРОТІКАННЯМ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ.....  | 41 |
| <b>О.В. БОНДАРЕНКО, Д.Г. БАГАЧУК, Д.М. СТЕПАНОВ, О.М. СТАЩУК.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАГАСАННЯ СИГНАЛУ В СПІРАЛЬНО ВИГНУТОМУ ОДНОМОДОВОМУ ОПТИЧНОМУ ВОЛОКНІ .....   | 44 |
| <b>Ю.Г. ПАЛЕННЫЙ, Л.М. ПЕРПЕРИ, В.П. ГУГНИН, А.М. ГОЛОБОРОДЬКО.</b> МАГНИТНЫЙ ДАТЧИК БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ВИБРОПЕРЕМЕЩЕНИЙ .....   | 49 |
| <b>Г.М. КЛЕЩЁВ, А.А. ГОНТАРЬ, К.В. КРУЧЕК, С.Ф.ВОЛОСЮК, С. Д. ШКОРУПЕЕВ, И.В. ПОЛИТУЧИЙ.</b> МЕТОДОЛОГИЯ АКТИВНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ЛАЗЕРНЫМИ ПРИБОРАМИ И КОРРЕКТИРОВКА ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ШТАМПОВ ПО «НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ» ..... | 54 |

### ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ТА РАДІОТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

|  |    |
|--|----|
| <b>О.В. ОСАДЧУК, А.Ю. САВИЦЬКИЙ, О.С. ЗВЯГІН.</b> ВИМІРЮВАННЯ РІЗНИЦІ ФАЗ ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ .....  | 59 |
| <b>Г.Г. БОРТНИК, М.В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ, О.Г. БОРТНИК.</b> СПЕКТРАЛЬНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ .....              | 63 |
| <b>Н. А. ФИЛИНЮК, Л. Б. ЛИЩИНСКАЯ, О. В. ВОЙЦЕХОВСЬКА, В. П. СТАХОВ.</b> МОНОИММИТАНСКИЙ ЛОГИЧЕСКИЙ R-ЭЛЕМЕНТ «И» .....  | 68 |
| <b>О.В. ОСАДЧУК, В.В. МАРТИНЮК, О.М. ЖАГЛОВСЬКА.</b> ПЕРЕТВОРЮВАЧ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ОСНОВІ МАГНІТОДІОДА ТА АКТИВНО – ІНДУКТИВНОГО ЕЛЕМЕНТА .....              | 75 |
| <b>О.В. ОСАДЧУК, В.В. МАРТИНЮК, О.О. СЕЛЕЦЬКА.</b> ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ОСНОВІ МАГНІТОТРАНЗИСТОРА ТА АКТИВНО – ІНДУКТИВНОГО ЕЛЕМЕНТА..... | 79 |

### ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ І КОМПЛЕКСИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

|  |     |
|--|-----|
| <b>Р.М. PAVLENKO, V.V. TRETIAK, S.V. TOLBATOV, A.V. TOLBATOV, H.A. SMOLYAROV, О.В. VIUNENKO, V.A. TOLBATOV.</b> INFORMATION TECHNOLOGY FOR DATA EXCHANGE BETWEEN PRODUCTION PURPOSE INTEGRATED AUTOMATED SYSTEMS ..... | 83  |
| <b>С.В. МАРЧЕНКОВА.</b> ПРИНЦИП МАКСИМАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ТА ВРАХУВАННЯ ПЕРЕДІСТОРІЇ В ДІАГНОСТИЧНОМУ ПРОЦЕСІ.....   | 87  |
| <b>М.О. КАТАЄВА.</b> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОБУДОВИ ТРАЕКТОРІЇ РУХУ СЕНСОРА ПО ПОВЕРХНІ ДЕТАЛІ .....  | 91  |
| <b>Ю.Б. КОВАЛЕНКО.</b> НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ (ССТС) В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ .....  | 95  |
| <b>О.Ю. ЗАКОВОРОТНИЙ.</b> РОЗРОБКА N-НАПРАВЛЕНОЇ ДИСКРЕТНОЇ АСОЦІАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ ...   | 101 |
| <b>Е.Е. ФЕДОРОВ, М. ЮНИС.</b> МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ .....   | 109 |
| <b>О.О. ШЕЛУХА.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ .....  | 113 |

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

*В роботі розглядаються приклади систем спостереження за рухомими об'єктами. Здійснюється вибір схеми фільтрації параметрів рухомих об'єктів для вирішення задач їх супроводу з урахуванням параметрів існуючих систем спостереження та можливостей об'єктів до маневрування. Запропоновано виділення ознаки інтенсивного маневру. Аналіз ефективності використання системи згладжування проведено шляхом статистичного моделювання.*

*Ключові слова: система спостереження, експоненціальне згладжування, супровід об'єктів, математичне моделювання.*

О.О. SHELUKHA

National aviation university, Kyiv.

### RESEARCH OF METHODS OF INFORMATION PROCESSING IN MOVING OBJECTS TRACKING SYSTEMS

*Abstract – In solving problems of analysis of information management systems is necessary to use certain mathematical methods and algorithms. This will improve the quality and performance of tracking systems.*

*The tracking system with the directional control object is considered in this article. Active selection circuit filtering parameters of moving objects for solving their support within the parameters of existing surveillance systems and opportunities to maneuvering objects. A selection of features of intensive maneuvering. Analysis of the efficiency of the system smoothing conducted by statistical modeling.*

*For further development of this topic the optimization model with considering additional parameters are proposed.*

*Keywords: tracking system, exponential smoothing, maintenance facilities, mathematical modeling.*

### Вступ

На даний час існує велика кількість проектів щодо спостереження за рухомими об'єктами (РО). Зазвичай для цього використовуються нерухомі стаціонарні фіксуючі пристрої. Такі системи можуть супроводжувати об'єкт передаючи дані на сервер з різних камер та фіксуючи його траєкторію. Ці системи добре підходять для спостереження за певними периметрами, проте мають такий недолік як обмеженість поля зору, тому можлива втрата об'єкта спостереження, що у певних випадках неприпустимо. Різноманітність таких систем спостереження пояснюється відмінністю розв'язуваних ними завдань:

- завдання спостереження об'єктів на поверхні Землі за допомогою штучних супутників землі, літаків з метою картографування, виявлення особливостей окремих об'єктів з метою їх розпізнавання, розвідки і т.п.;
- завдання оперативного спостереження за станом різних об'єктів з метою визначення їх розташування і стану за допомогою малої авіації, вертольотів і безпілотних літальних апаратів;
- завдання спостереження за різними військовими об'єктами (рухомими і нерухомими) в конфліктних ситуаціях за допомогою різних рухомих засобів (автомобілі, бронемашини, танки, безпілотні літальні апарати);
- завдання радіомоніторингу нерухомих і рухомих джерел радіовипромінювання за допомогою мобільних станцій радіоспостереження;
- завдання спостереження за натовпом, стеження чи переслідування поліцією зловмисника або автомобіля-порушника на вулицях міста, тощо.

При управлінні платформою з пристроями, що потребують відповідного наведення на рухомий об'єкт та фіксації лінії візування для дослідження цього об'єкту, для прийняття рішення щодо впливу на власну систему чи об'єкт, необхідно мати конкретні дані про параметри та характер руху пари платформа-спостережуваний РО. Якщо дані про рух платформи можуть бути отримані з власних датчиків (гіротахметри, навігаційні прилади тощо), то дані про РО необхідно обчислювати з результатів візуального спостереження. При обробці даних створюється математична модель поведінки такого об'єкту, та використовуються методики згладжування вимірюваних результатів.

Завданням роботи є застосування інформаційно-математичних методів [1-3] для супроводу РО рухомими системами спостереження, що дозволить їм забезпечувати виконання своїх функцій під час руху та впливу дестабілізуючих факторів зовнішнього середовища.

### Викладення основного матеріалу

При виборі схем фільтрації необхідно враховувати, що ефективність обраної схеми залежить не тільки від маневрових можливостей РО, а й від параметрів системи спостереження. Тобто, при моделюванні

руху РО слід розглядати процес руху об'єктів разом з процесом вимірювання системою спостереження параметрів цього руху. Характер руху більшості РО можемо визначити як сукупність ділянок руху без інтенсивних змін траєкторії та з маневруванням. При цьому ділянки маневрування є нетривалими, а це дозволяє значно підвищити якість фільтрації параметрів на ділянках без змін траєкторії. Отже, модель має бути розрахована на рух РО без маневру за деяким шумом невисокої інтенсивності, та на маневр, що визначатиметься впливом високої інтенсивності. Зміну траєкторії РО представимо як шум з нульовим математичним очікуванням, та дисперсією, що визначається інтенсивністю маневрування, максимальне значення якої визначається з максимально можливих маневрових можливостей РО за правилом «трьох сигм».

Математична модель траєкторії спостережуваного РО створюється у вигляді набору опорних точок в певній системі координат і з заданими параметрами руху. Необхідно вказати умови і обмеження математичної моделі РО: рух РО розглядається як рух матеріальної точки - центру мас РО, а моделювання виконується в межах обраної системи координат.

Одним з методів вирішення проблеми впливу шумів зовнішнього середовища є згладжування курсу РО. Враховуючи, що коефіцієнт взаємної кореляції між площинними координатами при невеликому куті місця приймає значення менше 0.1 [4], розділимо курс РО на вертикальний та горизонтальний канали, кожний з яких зможемо опрацювати окремо без відчутних втрат точності.

Для вирішення цієї задачі у [1-3] пропонується застосування методу експоненціального згладжування, оскільки цей метод є достатньо простим та ефективним. У загальному вигляді спрощене рівняння експоненціального згладжування (на n-му кроці спостереження  $\hat{Q}_n$ ) має вигляд [5]:

$$\hat{Q}_n = \alpha Q_n + (1 - \alpha)\hat{Q}_{n-1},$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт експоненціального згладжування;  $Q_n$  – виміряне значення курсу РО на n-ому кроці.

За цією ж формулою згладжувалися й окремі показники окремих координат  $x$  та  $y$ .

Перевагою такого методу є відсутність необхідності збереження передісторії оцінювання курсу окрім попереднього значення.

Слід зазначити, що при зміні траєкторії РО ефективність експоненціального згладжування знижується, в основному за рахунок зростання систематичної складової похибки оцінки курсу. На рис. 1 відображено результати моделювання для різних значень коефіцієнта  $\alpha$ .

Проте, результати згладжування можуть бути покращені за рахунок виділення керуючого сигналу про зміну траєкторії (рис. 2). За ознакою зміни траєкторії значення  $\alpha$  змінювався на  $1-\alpha$ . На рис. 3 видно, що затримка фільтрації майже відсутня.

Така схема дозволяє проводити згладжування курсу РО, та не потребує великого об'єму пам'яті чи складних обчислень. При цьому, інертність фільтрації може бути виправлена застосуванням ознаки зміни траєкторії.

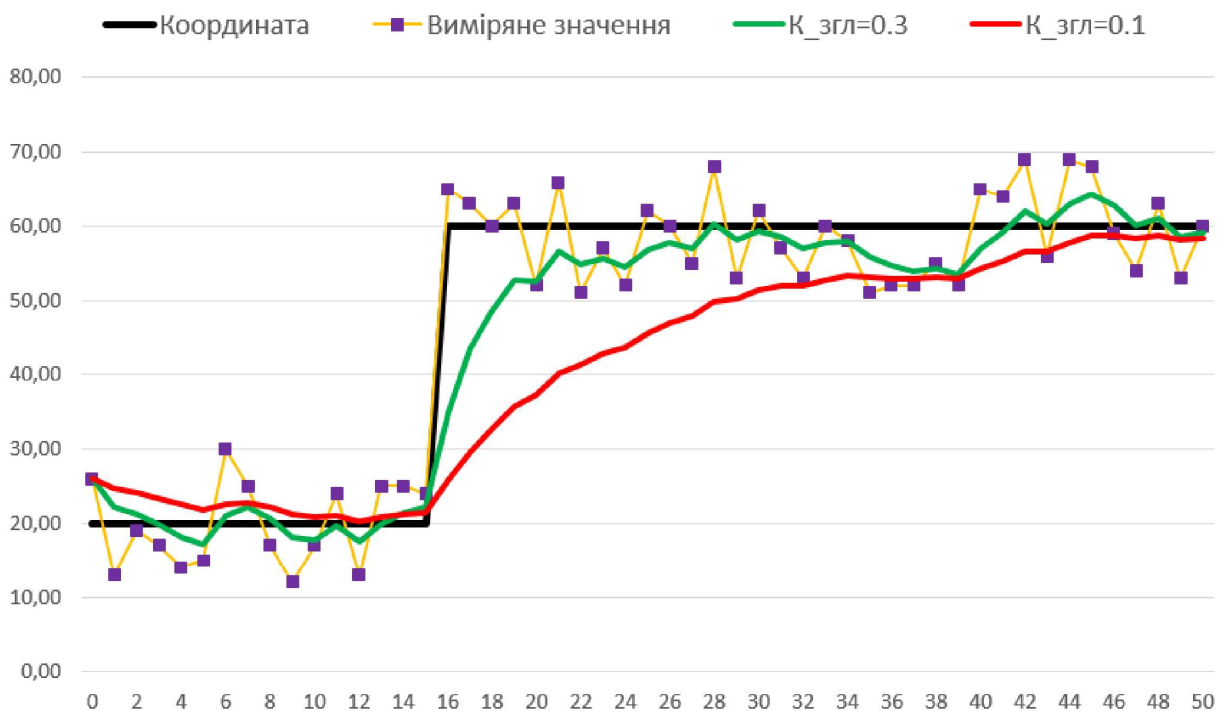


Рис. 1. Згладжування курсу РО з інтенсивним маневром

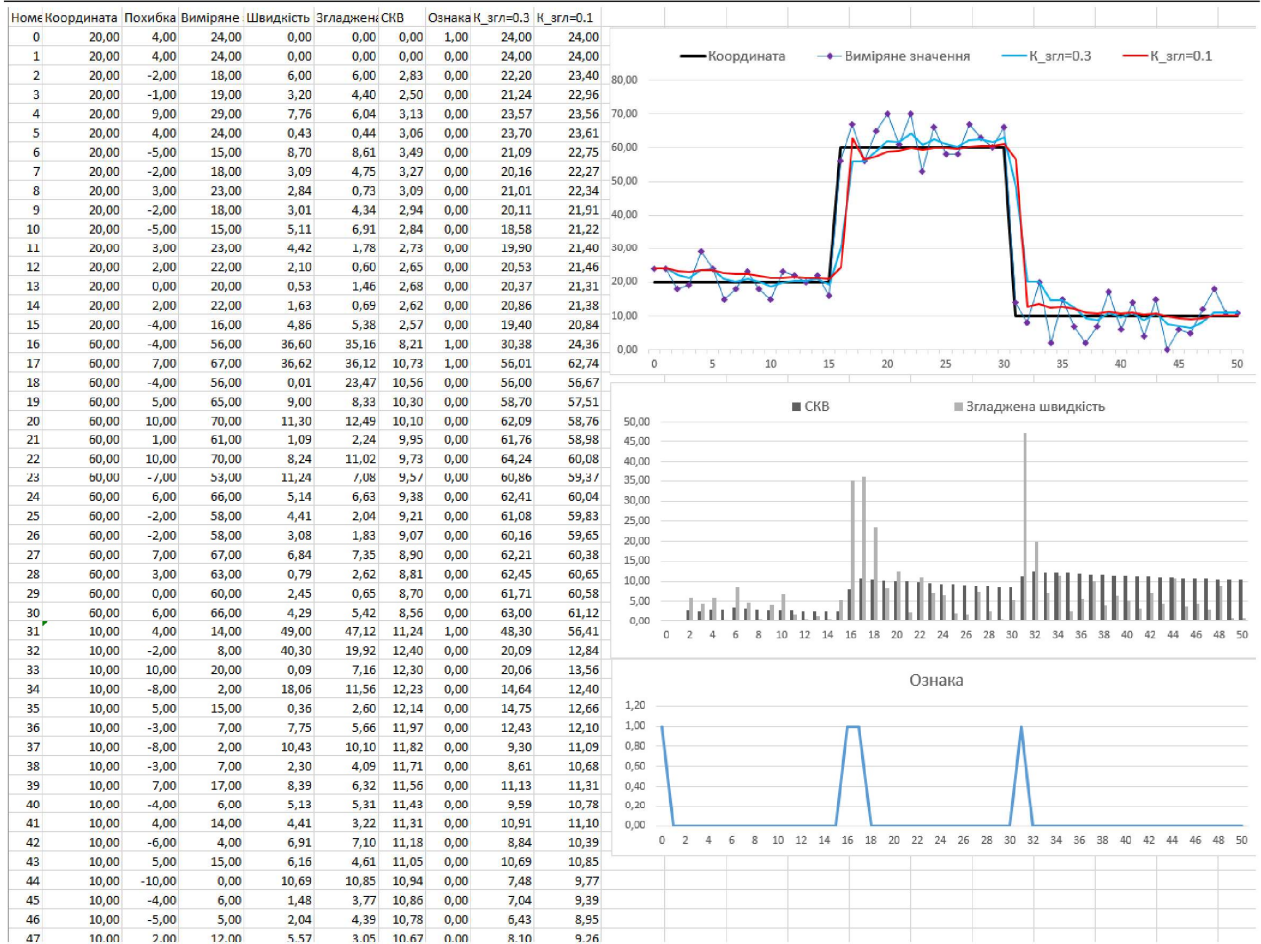


Рис. 2. Результати згладжування з виділенням ознаки маневру

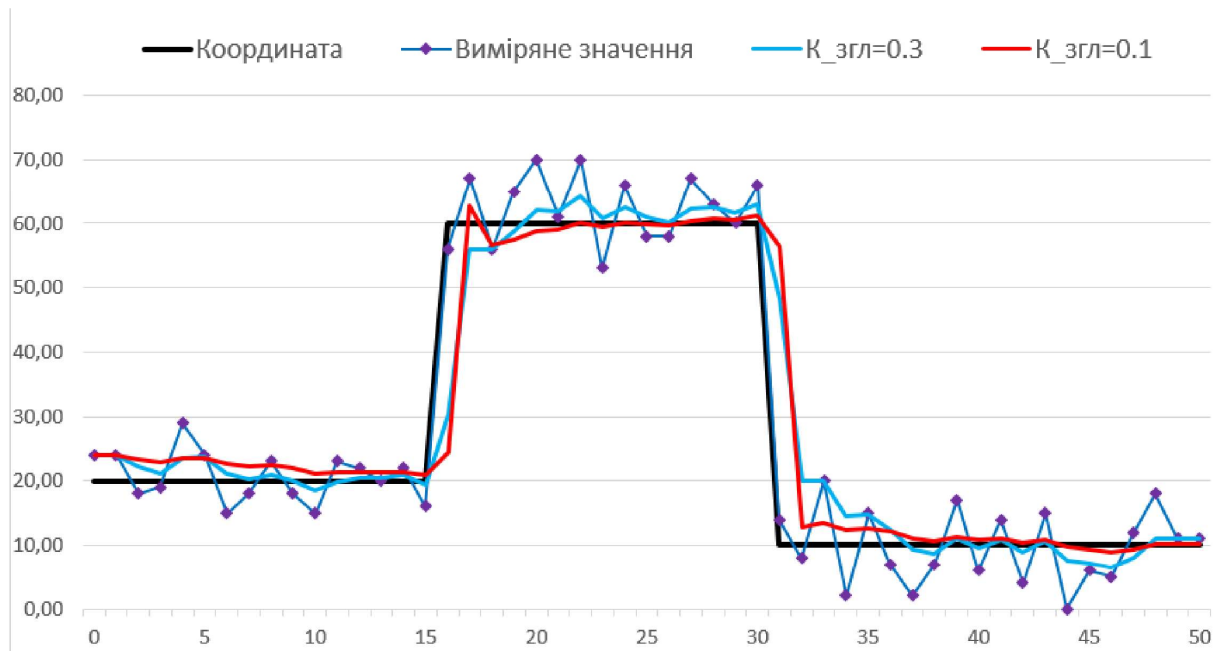


Рис. 3. Результати згладжування курсу РО, що рухається з інтенсивним маневром з використанням ознаки зміни траєкторії

### Висновки

У статті розглянуто приклади систем спостереження за рухомими об'єктами. Здійснено вибір схеми фільтрації параметрів рухомих об'єктів для вирішення задач їх супроводу з урахуванням параметрів існуючих систем спостереження та можливостей об'єктів до маневрування. Запропоновано виділення ознаки інтенсивного маневру. Аналіз ефективності використання системи згладжування проведено шляхом статистичного моделювання.

**Література**

1. Таха, Х.А. Введение в исследование операций, 7-е издание.: Пер. С англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
2. Кузьмин С. З. Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации / С. З. Кузьмин. М.: «Сов. радио», 1974. – 432 с.
3. Экспериментальная механика: в 2-х кн.: Кн. 2. Пер с англ. / Под ред. А. Кобаяси. – М., Мир, 1990. – 552 с.
4. Жук С.Я. Адаптивная фильтрация параметров движения маневрирующего объекта в прямоугольной системе координат / С.Я. Жук, В.И. Кожешкурт, В.В. Юзefович // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2009. — Т. 11, № 2. — С. 12–24.
5. Шелуха О.О. Інформаційна технологія обробки даних в системах спостереження технічних об'єктів / О.О. Шелуха. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2015 №4. С. 202-205.

**References**

1. Takha, K.H.A. Vvedeniye v issledovaniye operatsiy. Moscow, Izdatel'skiy dom «Vil'yams», 2005, 912 p.
2. Kuz'min S. Z. Osnovy teorii tsifrovoy obrabotki radiolokatsionnoy informatsii / S. Z. Kuz'min. M.: «Sov. radio», 1974. – 432 p.
3. Eksperimental'naya mekhanika: v 2-kh kn.: Kn. 2. Ed. by A. Kobayasi. Moscow, “Mir”, 1990, 552 p.
4. Zhuk S.YA. Adaptivnaya fil'tratsiya parametrov dvizheniya manevriuyushchego ob"yekta v pryamougol'noy sisteme koordinat / S.YA. Zhuk, V.I. Kozheshkurt, V.V. YUzefovich // Reèstratsiya, zberigannya i obrob. danikh. — 2009. — T. 11, № 2. — P. 12–24.
5. Shelukha O.O. Ínformatsiyana tekhnologíya obrobki danikh v sistemakh sposterezhennya tekhníchnikh ob'èktív / O.O. Shelukha. // Vimíryuval'na ta obchislyuval'na tekhnika v tekhnologíchnikh protsesakh. 2015 №4. P. 202-205.

Рецензія/Peer review : 23.2.2016 р.

Надрукована/Printed : 25.3.2016 р.