

Голові спеціалізованої вченої ради  
Д 26.062.03 при Національному  
авіаційному університеті МОН України  
Харченку В. П.

### ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

д.т.н., професора, завідувача кафедри авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів Національного авіаційного університету Синеглазова Віктора Михайловича на дисертаційну роботу Боряка Богдана Радиславовича «Ноніусний адаптивний фільтр-предиктор – компенсатор запізнення в системах керування технологічними процесами», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.03 – «Системи і процеси керування»

**Актуальність теми.** Дослідження і оптимізація процесів керування технологічними процесами залишається актуальною задачею сьогодення. Першим кроком оптимізації роботи будь-якої системи залишається аналіз і визначення її недоліків. Зазвичай, позбутись від великої кількості негативних факторів, які впливають на роботу системи, можна шляхом покращення матеріально-технічного забезпечення, що вимагає чималих фінансових вкладень. Але даний метод не завжди забезпечує компенсацію впливу факторів, які зумовлені особливостями технологічного процесу, таки як робота у середовищі високих температур, наявності процесів горіння або неможливості розташування вимірювальних пристроїв безпосередньо поруч із вихідним виконавчим механізмом системи. У таких випадках актуальним залишається розробка та інтеграція методів обробки даних для визначення об'єктивної інформації про стан протікання технологічного процесу.

В умовах розвитку України як держави, вектор якої напрямлений на здобуття енергетичної незалежності, актуальним є розвиток технологій, які забезпечують керування процесами обробки, зберігання, транспортування сировини, а також її перетворення у різні види енергій. Такі процеси часто характеризуються наявністю як транспортного, так і ємнісного запізнення, а також наявністю спотворень сигналів вимірювальних пристроїв, що зумовлено неоднорідністю сировини. Вплив цих чинників може призводити до значного зменшення ефективності протікання того чи іншого технологічного процесу. Таким чином, актуальним і своєчасним є розробка прикладних методів компенсації впливу цих негативних факторів.

У даній дисертаційній роботі запропоновано методи адаптивної обробки сигналів в системах керування технологічними процесами. Застосування даних методів дозволяє визначати корисну складову сигналів керування і вимірювальних пристроїв у випадку, якщо вони спотворені шумами, та визначити прогнозовані значення сигналів, що дозволяє здійснити оцінку майбутнього стану системи і, як результат, частково чи повністю компенсувати запізнення.

Серед інших тенденцій, які мають місце в Україні та світі, виділяють процеси цифровізації та роботизації. Пристрої, які забезпечують зворотний зв'язок у робототехнічних комплексах, обладнані аналогово-цифровими перетворювачами

20.09.2019 N51.13/1



для можливості обробки даних мікроконтролерами. Це підтверджує необхідність реалізації методів обробки інформації, запропонованих у дисертаційній роботі, у вигляді програм, які інтегруються в керуючі пристрої робототехнічних комплексів.

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

– вперше розроблено модель фільтрації і прогнозування сигналів, яка, у порівнянні з іншими методами цифрової обробки сигналів, функціонує без використання апіорної інформації про особливості технологічного процесу та параметри шумів, здійснює фільтрацію та прогнозування в режимі реального часу;

– вперше розроблено метод адаптації коефіцієнта згладжування розробленої моделі, що використовує метод найменших квадратів для оцінки якості фільтрації, який, у порівнянні з іншими методами адаптації, функціонує без наявності інформації про тренд сигналу, характеризується високою швидкістю;

– вперше розроблено диференційний метод адаптації коефіцієнта згладжування розробленої моделі, який для визначення якості фільтрації передбачає використання двох та трьох контурів фільтрації, у порівнянні з відомими методами адаптації коефіцієнтів цифрових фільтрів, не потребує наявності апіорної інформації про зміну характеру корисного сигналу та параметрів шумів, характеризується високою якістю фільтрації та швидкістю;

– отримали подальшого розвитку модифікації моделі експоненціального згладжування у якості інструменту фільтрації та прогнозування в системах керування технологічними процесами.

Загалом, отримані наукові результати дозволяють вирішити важливу науково-технічну задачу покращення якості функціонування систем автоматичного керування технологічними процесами, а саме отримання об'єктивної інформації про поточний і майбутній стан системи з метою компенсації запізнення і підвищення точності отриманих параметрів технологічного процесу.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, їхня достовірність.** Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується за рахунок практичної реалізації запропонованих методів цифрової обробки сигналів, за допомогою сучасного інструментарію моделювання, а саме мови програмування Matlab, середовища моделювання Simulink та на основі апаратно-програмної платформи Arduino.

Достовірність отриманих результатів забезпечується за рахунок проведення експериментів з метою дослідження ефективності фільтрації та прогнозування в різних умовах роботи запропонованих методів. Проведено моделювання роботи модифікацій адаптивного фільтра-предиктора загальною кількістю понад тридцять тисяч для кожного методу адаптації в умовах змін характеристик шумів і поведінки корисного сигналу. На основі проведених комп'ютерних експериментів підтверджено достовірність наукових положень. Результати моделювань та програмна реалізація запропонованих методів наведені в розділах дисертації та додатках.



### **Практичне значення отриманих результатів:**

- розроблено і реалізовано алгоритм фільтрації та прогнозування сигналів на основі апаратно-програмної платформи Arduino, мові програмування Matlab, середовищі моделювання Simulink;
- розроблено і реалізовано алгоритм адаптації коефіцієнта згладжування розробленої моделі до зміни інтенсивності шумів із використанням МНК на мові програмування Matlab;
- розроблено і реалізовано диференційний алгоритм адаптації моделі фільтрації до зміни інтенсивності шумів на основі апаратно-програмної платформи Arduino, мові програмування Matlab;
- удосконалено розроблені алгоритми адаптації параметрів фільтрації шляхом впровадження комбінованих методів адаптації параметрів фільтра-предиктора;
- інтегровано розроблений адаптивний фільтр-предиктор в систему визначення відстаней до перешкод моделі промислового робота;
- результати роботи використано під час виконання держбюджетної науково-дослідної роботи «Методи та засоби структурно-параметричної ідентифікації електротехнічних систем технологічної лінії із виробництва вітчизняного кабелю з полімерною ізоляцією на надвисокі напруги» (№ ДР–0116U003716);
- результати роботи впроваджено в навчальний процес Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» на кафедрі теоретичної електротехніки та Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка на кафедрі автоматики і електроприводу.

**Оцінка змісту роботи, публікацій та апробацій.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг дисертації становить 181 сторінку, з яких 19 сторінок містять додатки. Основна частина викладена на 151 сторінці друкованого тексту, містить 72 рисунка, 3 таблиці. Список використаних джерел містить 114 найменувань, які викладені на 11 сторінках.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 19 наукових працях: 7 статей у наукових фахових виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних (Index Copernicus, General Impact Factor, Ulrich's Periodicals Directory), 12 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Зміст автореферату повною мірою відображає основні положення дисертації та містить інформацію про особистий внесок здобувача, що доводить самостійність отримання усіх наукових та практичних результатів.

### **Зауваження:**

1. На стор. 29 вводиться поняття системи ідентифікації, але її компоненти не розкриті.
2. Не зрозуміло як буде працювати запропонований підхід у випадку багатьох запізнь, як у каналах керування так і стану.



3. Налаштування фільтру передбачає розв'язання оптимізаційної задачі, розв'язок якої може давати значну похибку, коли критеріальна функція не є унімодальною.

4. Відсутнє порівняння запропонованого підходу з відомими при розв'язанні модельних або реальних практичних задач.

5. Запропоновані методи адаптації у другому розділі дисертаційної роботи представлені у вигляді структурних схем. Було б доцільним зобразити їх у вигляді алгоритмічних схем.

6. У моделюванні, що наведене у четвертому розділі дисертаційної роботи, варто було врахувати можливість інтеграції адаптивного фільтра-предиктора у канали зворотного зв'язку.

7. У четвертому розділі дисертаційної роботи при розгляді можливості інтеграції адаптивного фільтра-предиктора в системи визначення відстаней до перешкод промислового робота не вказано який було використано алгоритм усунення аномальних даних.

Тим не менше зазначені недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації та цінність отриманих автором наукових і практичних результатів. Загалом робота виконана на високому теоретичному рівні і становить собою істотний вклад у вирішення науково-практичної задачі покращення якості роботи систем автоматичного керування.

**Висновок.** За актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованості, науковій та практичній цінності здобутих результатів дисертація Боряка Б.Р. на тему «Ноніусний адаптивний фільтр-предиктор – компенсатор запізнення в системах керування технологічними процесами» є завершеною науково-дослідною працею, результати якої мають наукову новизну і практичне значення, робота відповідає паспорту спеціальності та вимогам п. 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року №567 (зі змінами), а її автор, Боряк Богдан Радиславович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.03 – «Системи і процеси керування».

Офіційний опонент,  
д-р техн. наук, проф.,  
завідувач кафедри авіаційних  
комп'ютерно-інтегрованих комплексів,  
Національного авіаційного університету

Синеглазов В. М.

Підпис Синеглазова В. М. засвідчую



Синеглазова В. М.  
засвідчую  
Менший секретар  
Національного авіаційного університету  
Т. Савицька