

**ВІДГУК**

офіційного опонента

на дисертацію ЛЯШЕНКА Сергія Олексійовича

“Автоматизація процесів керування технологічними відділеннями цукрового виробництва на основі нейромережевого підходу”,

яка подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування

**Актуальність обраної теми**

У зв'язку з низькою ефективністю виробництва цукру, що виробляється з буряка, і є характерним виробництвом для України, виникає потреба в автоматизації процесів керування технологічними лініями цукрового виробництва, і яка дасть можливість підвищити ефективність виробництва цукру. Вирішення цієї задачі можливе лише при застосуванні комплексного підходу: оновлення обладнання на цукрових заводах, втілення сучасних технологій виробництва, застосування комп'ютерної техніки і відповідного програмного забезпечення, а також АСУ ТП, які базуються на новітніх досягненнях науки.

При цьому треба відзначити, що на наш час цукрові заводи характеризуються наявністю роз'єднаних, різнорідних автоматизованих та інформаційних систем, оснащених технічною базою від різних виробників, що обумовлено неодноразовою автоматизацією різних технологічних відділень виробництва впродовж всього існування цукрових заводів.

В останній час все більшого поширення отримують штучні нейронні мережі, які є особливо ефективними при вирішенні задач моделювання, ідентифікації та керування складними об'єктами, що мають місце на виробництві.

Аналіз змісту дисертаційної роботи, виконаної у Харківському національному технічному університеті сільського господарства ім. П. Василенка здобувачем С.О. Ляшенко показав, що здійснювалась вона у відповідності до тематичного плану ряду науково-дослідних робіт, що виконувались в університеті у межах держбюджетних та госпдоговірних науково-дослідних наук, де автор роботи розробив та дослідив нові методи, удосконалив існуючі, а також отримали подальший розвиток методи керування ТП, нейромережеві методи побудови традиційних нелінійних моделей та моделі керування ТП.

Виходячи з цього, можна відмітити, що проблема використання технологій штучного інтелекту, зокрема штучних нейронних мереж, для підвищення ефективності цукрового виробництва, вирішенню якої присвячено дисертаційне дослідження здобувача Ляшенка С.О., є

актуальною, як для теорії, так і для практики розвитку сучасних систем керування ТП.

### **Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій**

На нашу думку, дослідження, які проведено у рамках рецензованої дисертаційної роботи, мають належний ступінь обґрунтованості. Припущення і положення, на яких ґрунтується побудова запропонованих моделей та методів є достатньо зваженими та коректними.

Запропоновані у дисертації методи синтезу моделей ТП та систем керування на базі нейронних мереж обґрунтовано шляхом проведення аналітичних та експериментальних досліджень. Відповідно мети роботи, на основі поставлених здобувачем завдань було обрано перспективні підходи щодо методів синтезу моделей та керування в АСУ ТП цукрового виробництва.

Достовірність отриманих результатів забезпечена ефективним застосуванням методів теорії експерименту, теорії систем керування, теорії ідентифікації, а також побудови штучних нейронних мереж.

При цьому, якість отриманих результатів підтверджується експериментальними дослідженнями технічних об'єктів та процесів, а також відповідністю результатів теоретичних і експериментальних досліджень. Наукові положення дисертації мають належне відповідне теоретичне обґрунтування. Матеріали дисертаційної роботи апробовані на численних міжнародних наукових конференціях, форумах та семінарах.

### **Стислий зміст дисертаційного дослідження**

Дисертаційна робота складається із вступу, 6 розділів, списку використаних джерел, висновків, 9 додатків з додатковими розрахунками, технологічними схемами та актами, що були впроваджені у навчальний процес та виробництво.

У **вступі** наведена мета та завдання дослідження, визначені наукові та практичні задачі, актуальність, сформульовано об'єкт, предмет та методи досліджень, наведено наукову новизну та практичне значення досліджень, особистий внесок здобувача у публікаціях, які виконано у співавторстві, апробацію роботи, кількість та якість публікацій по темі досліджень.

У **першому розділі** дисертації здобувачем було проведено аналіз систем автоматизації щодо керування технологічними процесами цукрового виробництва. Даний аналіз свідчить про те, що більшість існуючих в даний час розробок є морально застаріли і не враховують такі важливі особливості ТП, як їх багатомірність, нестационарність і нелінійність, наявність запізнювань по каналах керування та відсутність повної інформації.

Також у цьому розділі привертається увага, до створення різноманітних математичних моделей технологічного об'єкту, на базі яких можливе

створення систем керування. Проведено аналіз різноманітних існуючих систем керування, виявлені недоліки у класичних системах дозволяють привести обґрунтування для використання підходів, які базуються на інтелектуальних технологіях.

Здобувачем пропонується в якості інтелектуальних технологій використання нейромережевого підходу для синтезу систем керування ТП цукрового виробництва. Виходячи з проведеного аналізу здобувачем запропоновано використання штучних нейронних мереж для створення інтелектуальної системи керування, яка зможе забезпечити підвищення якості автоматизації, що приведе до підвищення продуктивності та поліпшення умов праці при виробництві цукру.

У другому розділі дисертаційної роботи наведено концептуальний підхід до автоматизованого керування цукровим виробництвом.

Приведений аналіз проблеми автоматизації ТП цукрового виробництва показав, що крім реалізації автоматичного керування відповідними ТП, мають місце і ряд технологічних особливостей, характерних для різних відділень виробництва. Визначено головні вимоги до систем автоматизації основних відділень.

На базі типової схеми роботи ТОВ «Кириківський цукровий завод», проведено аналіз який дозволяє представити технологічні процеси різних відділень цукрового виробництва, як об'єкти керування. На базі цього аналізу здобувачем запропоновані умови керування локальними технологічними процесами в основних відділеннях цукрового заводу. Наведено детальний опис інформаційних та керуючих сигналів, які забезпечують виконання технологічних умов функціонування відділень цукрового заводу.

Також розглянуто один з найбільш відповідальних етапів при моделюванні економічної ефективності - вибір і обґрунтування критерію оптимальності. У результаті аналізу технічних і економічних критеріїв визначені основні дані, необхідні для їх розрахунків. Здобувачем визначено критеріальні залежності між оптимальними діагностичними та регульовальними параметрами процесів дифузії, дефекосатурації, випарювання і кристалізації. Це дозволяє провести вибір оптимальних критеріїв, які можуть поліпшити створення систем керування при використанні автоматизації цукрового виробництва.

У третьому розділі розглядаються питання створення систем адаптивного керування на базі лінійних моделей.

Приведено аналіз регресійних моделей який показав, що вони мають ряд властивостей, які обмежують сферу їх застосування у задачах керування. Тому розглянуто питання побудови математичних моделей ТП цукрового виробництва, що відображають динаміку процесів і заснованих на використанні рівнянь матеріального та енергетичного балансів. Отримані моделі використовуються для реалізації систем керування ТП.

Зроблений аналіз існуючих динамічних моделей відділень цукрового виробництва та синтезу регуляторів на основі моделей у просторі станів свідчить про складність вирішення даної задачі на основі фільтра Калмана, у

зв'язку з необхідністю наявності досить великого обсягу апіорної інформації про властивості об'єкта, статистичних властивостей корисних сигналів і завад.

У зв'язку з тим, що дослідження динамічних властивостей ТП найчастіше ускладнюється внаслідок нелінійності об'єктів, що описані до того ж диференціальними рівняннями у приватних похідних. Це є основою для дослідження керування динамічними об'єктами за допомогою їх статичних моделей і оцінювання одержуваних при цьому втрат. Здобувачем ці втрати визначаються співвідношенням швидкості зміни необхідного значення вихідного сигналу і власних значень матриці стану об'єкта.

Нестаціонарність досліджуваних процесів і відсутність достатньо повною статистичної інформації можливі при реалізації адаптивного керування ТП з ідентифікатором. З цією метою запропоновано і досліджено алгоритм прискореної ідентифікації, який дозволяє збільшити швидкість збіжності, що підтвердилося при побудові моделей ТП цукрового виробництва.

**Четвертий розділ** присвячений питанням ідентифікації ТП цукрового виробництва, де в якості інтелектуальних технологій використовується нейромережевий підхід.

В розділі розглянуто особливості побудови моделей нелінійних динамічних об'єктів на базі нейромережевого підходу, заснованих на різних способах формування сигналу об'єкта, а також на різному вигляді представлення моделей, а також наведено структури нейромережевих моделей. Застосований підхід дозволяє формалізувати опис складних нелінійних технологічних об'єктів з метою їх ідентифікації.

Здобувачем запропоновано використання різних видів активаційних і базисних функцій в нейронних мережах (багатошаровий перцептрон (БШП) та радіально-базисна мережа (РБМ)), які має вплив на загальну кількість параметрів, що визначають складність моделі, а також отримані процедури їх навчання в режимі on-line, що дозволяє отримувати необхідні моделі в реальному часі, що є необхідним при адаптивному керуванні ТП.

На основі отриманих одновимірних моделей Гаммерштейна у роботі розроблено багатовимірні адитивні і мультиплікативні нейромережеві моделі, що описують об'єкти з багатьма входами. Використання при цьому опису у вигляді рівняння псевдолінійної регресії дозволяє використовувати для навчання мереж алгоритм МНК.

Комп'ютерне імітаційне моделювання дозволило дослідити властивості отриманих нейромережевих моделей нелінійних об'єктів. Так при моделюванні одновимірної моделі Гаммерштейна, за допомогою РБМ необхідна точність ідентифікації досягалася: для лінійної частини моделі - за 250 ітерацій; для нелінійної частини - за 400 ітерацій. Таким чином можна сказати про ефективність даного метода має місце у системах керування ТП.

**У п'ятому розділі** розглянуті питання створенню інтелектуальних систем автоматизованого керування ТП цукрового виробництва за допомогою нейромережевого підходу.

Здобувачем розглянуті принципи побудови нейрорегуляторів та виявлені основні переваги і недоліки у цих схемах. Для всіх запропонованих схем нейрокерування розроблені алгоритми налаштування різноманітних параметрів на базі градієнтних процедур.

В розділі наведені особливості реалізації систем предикторного нейрокерування та розроблені схеми такого керування на основі РБМ і динамічних моделей у просторі станів.

Крім того, була розв'язана задача прогнозування технологічного процесу з використанням локально-рекурентного перцептрона, при побудові якого використовуються динамічні нейрони. Показано, що в цьому випадку завдання побудови нейромережевої прогнозуючої моделі зводиться до визначення параметрів БІХ-фільтра. Отриманий алгоритм навчання мережі є однією з реалізацій методу зворотного поширення помилки. Параметри алгоритму, що впливають на швидкість процесу навчання, повинні вибиратися, виходячи з умов конкретної розв'язуваної задачі.

В роботі здійснено комп'ютерне моделювання запропонованих схем нейромережевого керування, де використано ППП Neural Network Toolbox. Досліджено процес вирішення завдань адаптивного нейромережевого керування нелінійними динамічними об'єктами в різних умовах і показана ефективність використання для цього алгоритму Левенберга-Марквардта. По результатах моделювання зроблено висновок щодо доцільності використання при керуванні ТП NARMA - L2 Controller.

У шостому розділі розглянуті питання розробки комп'ютерного тренажера для підготовки диспетчерського персоналу відділу автоматизації.

Розроблена структура імітаційної навчальної моделі як центру автоматизованого тренажера. Запропоновано узагальнений алгоритм навчання на тренажері, що є досить універсальним і реалізований у вигляді компонента, що керує діалогом між учнем і імітаційною моделлю.

Розроблено програмно-алгоритмічне забезпечення модульного тренажера, побудоване за блочно-модульним принципом, що дозволяє зробити тренажер кроссплатформним і використовувати його для навчання операторів-технологів різних ТП.

Розглянуто склад і схема взаємодії програмних засобів імітаційної навчальної моделі. Для здійснення імітаційного моделювання обраної архітектури ШНМ, а також алгоритму навчання мережі розглянуто питання вибору ефективного нейросимулятора. Проведено аналіз найбільш широко поширених на цей час нейросимуляторів.

Проведені здобувачем теоретичні дослідження та комп'ютерне моделювання довели можливість застосування інтелектуального підходу щодо побудови математичних моделей та оптимізації ТП цукрового виробництва. Відповідно з результатами, отриманими в роботі, розроблено загальні принципи та структурна схема інтелектуального керування АСУ ТП цукрового виробництва, а також схеми локальних автоматизованих систем у дифузійному, сокоочисному, випарному та кристалізаційному відділеннях цукрового заводу.

В роботі є економічне обґрунтування запропонованих заходів та розробок, які було втілено в АСУ ТП ТОВ «Кириківський цукровий завод». Наведений розрахунок економічних показників від впровадження наукових результатів у ТОВ «Кириківський цукровий завод» показує ефективність запропонованих розробок, при цьому термін окупності є менш одного року.

У **висновках** здобувач навів одержані в роботі нові наукові та практичні результати, визначив їх новизну та практичну значущість.

У **додатках** наведено таблиці, схеми та рисунки, що доповнюють матеріал основної частини дисертації, а також допоміжні теоретичні та практичні результати досліджень, щодо розроблених методів і програмних засобів, а також копії актів впровадження результатів наукових досліджень.

### **Основні наукові результати досліджень та їх наукова новизна**

Наукова новизна, що відображена у дисертаційній роботі полягає у вирішенні актуальної науково-практичної проблеми щодо створення теоретичних основ автоматизації процесів керування технологічними лініями цукрового виробництва, що функціонують в умовах суттєвої поточної невизначеності, на основі нейромережевого підходу, а саме:

– вперше запропоновано новий метод синтезу моделей ТП цукрового виробництва на основі адаптивного підходу з урахуванням нестационарності розглянутих процесів, який автоматично налаштовує параметри моделей, що дозволяє спростити їх структуру, підвищити рівень узагальнення і збільшити швидкість роботи системи керування.

– вперше запропоновано новий метод побудови нейромоделей ТП, що описані нелінійними різницеви́ми або диференціальними рівняннями, який на основі статичних ШНМ прямого поширення автоматично, за вибіркою даних, будує модель, яка адекватно відображає властивості об'єкта, що дозволяє підвищити ефективність процесу керування та рівень достовірності прогнозування ходу ТП.

– вперше запропоновано новий метод синтезу нейромережевого та нейромережевого предикторного ПД-регуляторів, в яких на основі розробленого алгоритму керування в автоматичному режимі визначаються параметри цих регуляторів, що дозволяє спростити їх реалізацію та підвищити ефективність керування.

– вперше запропоновано нову нейромережеву модель прогнозування ходу ТП на основі динамічного персептрона, яка дозволяє більш адекватно відображати динамічні властивості досліджуваних ТП, що сприяє підвищенню точності прогнозування.

– удосконалено рекурентний метод побудови нестационарної регресійної моделі, призначений для роботи у контурі ідентифікації адаптивної системи керування в умовах, коли параметри об'єкта змінюються у часі, а корисні сигнали вимірюються із завадами, що дає можливість підвищити ефективність керування.

– удосконалено організацію інформаційного та програмного забезпечення комп'ютерного тренажера за рахунок використання запропонованих методів щодо побудови блоків керування, оптимізації та синтезу моделей ТП, що дозволяє моделювати різні технологічні режими і забезпечує підвищення ефективності підготовки операторів ТП цукрового виробництва.

– отримав подальший розвиток метод керування динамічними об'єктами за допомогою їх статичних моделей, що дозволяє спростити процес побудови загальної моделі та її використання для оптимізації режимів роботи відділень цукрового виробництва.

– отримали подальший розвиток нейромережеві методи побудови традиційних нелінійних моделей Вінера та Гаммерштейна, які удосконалено шляхом застосування ШНМ прямого поширення з використанням простих процедур навчання, що дозволяє підвищити рівень автоматизації і швидкість процесу побудови моделей, а також поліпшити їх інтерпретованість.

– отримали подальший розвиток адаптивні моделі нестационарних ТП цукрового виробництва, які модифіковано шляхом використання для їх побудови рекурентних алгоритмів з підвищеною швидкістю збіжності, що дозволяє скоротити час побудови математичних моделей керованих процесів.

### **Практичне значення результатів дисертаційної роботи**

Теоретична та практична цінність отриманих здобувачем Ляшенко С.О. результатів полягає у розробці комплексу методів синтезу систем керування та ідентифікації ТП на основі нейромережевих технологій. Крім того, особливо необхідно відмітити, що практична цінність отриманих здобувачем результатів полягає і у тому, що розроблені методи та моделі синтезу є досить універсальними, що дає можливість вирішувати задачі автоматизованого керування динамічними нестационарними виробничими процесами, в умовах відсутності повної інформації або коли недостатньо даних щодо статистичних властивостей зовнішніх збурень.

Значний науковий та практичний інтерес становлять також отримані у роботі результати експериментальних досліджень властивостей і характеристик розроблених методів, що показали, як надані нейромережеві методи за рахунок використання додаткової інформації про об'єкт дозволяють скоротити процес синтезу адаптивної системи керування, а також забезпечити урахування вимог користувача щодо їхніх властивостей. Економічна ефективність, отримана від впровадження результатів дисертаційної роботи в ТОВ «Кириківський цукровий завод» дозволяє зробити висновок, що запропоновані методи синтезу дозволяють підвищити ефективність систем керування безперервними ТП на цукрових заводах.

Синтезовані в дисертації структури, моделі та алгоритми можуть бути використані при створенні тренажерних систем для професійної підготовки операторів відділу автоматизації заводу.

Достовірність теоретичних та практичних положень дисертаційної роботи підтверджено впровадженням отриманих результатів у ряді цукрових заводів Харківської та Сумської областей (ТОВ «Кириківський цукровий завод», ТОВ «Сільськогосподарське підприємство «Білий колодязь»», ТДВ «Новоіванівський цукровий завод»). При цьому на цих підприємствах було втілено і методику проведення інтелектуальної ідентифікації параметрів технологічних процесів цукрового виробництва, що здійснювалась на базі нейромережових технологій.

Наукові положення, висновки і практичні рекомендації, що викладені у дисертаційній роботі, використовуються і у навчальному процесі Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка.

### **Рекомендації щодо використання отриманих результатів у дисертаційній роботі**

Виходячи із актуальності проблеми та якості отриманих наукових і практичних результатів, стає доцільним розвиток розглянутої тематики, щодо синтезу інтелектуальних систем керування в безперервних ТП, в наукових та проектних організаціях, а також і у навчальному процесі ВНЗ України при підготовці фахівців напрямів “Програмна інженерія” та “Комп’ютерна інженерія”.

Вважаю за доцільним продовжити дослідження з розробки та використання інтелектуальних методів у Харківському національному технічному університеті сільського господарства ім. П. Василенка і для інших технічних об’єктів та технологій, що мають місце у сільськогосподарському виробництві. Запропоновані С.О. Ляшенком методи та програмні засоби можуть бути використані і у наукових роботах, що пов’язані із необхідністю побудови моделей складних нелінійних об’єктів та процесів, що характеризуються невизначеністю.

### **Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях**

Основні положення та результати дисертації надруковані в 58 друкованих роботах, де 34 статті, з яких 32 статті в фахових виданнях України з технічних наук (14 одноосібних), серед яких 7 - у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз і 4 статті у закордонних наукових спеціалізованих виданнях, 2 статті в інших виданнях та 24 публікації у збірниках праць наукових конференцій, форумів та семінарів.

Матеріали викладені здобувачем у докторській роботі не мають перетинань з виконаною ним кандидатською дисертацією (Математичні моделі роторів у системах діагностики обертаючих вузлів сільськогосподарських машин, спеціальність 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи).



Всі положення та результати дисертації отримані здобувачем особисто і повністю викладені в опублікованих наукових роботах.

Зміст автореферату у повній мірі відповідає змістові дисертації.

### Зауваження

Відзначаючи якість представленої дисертаційної роботи, а також повноту та новизну отриманих здобувачем наукових та практичних результатів, вважаю за необхідне надати наступні зауваження:

1. У першому розділі дисертації проведено детальний аналіз існуючих штучних нейронних мереж та алгоритмів їх навчання. Було б корисним наведення порівняльного аналізу різноманітних сучасних інтелектуальних технологій.

2. Другий розділ присвячено концепції автоматизації керування технологічними процесами цукрового виробництва, але не зовсім зрозумілим є вибір технічних критеріїв оптимізації технологічного процесу (п. 2.4.3).

3. У підрозділі 3.4 проведено порівняльний аналіз роботи регуляторів для різноманітних випадків та визначені умови, при яких вони є найефективнішими. Слід, однак, відзначити, що синтезовані регулятори засновані на використанні математичних моделей у вигляді опису у просторі станів зі стаціонарними параметрами. Для синтезу таких регуляторів необхідно досить велика кількість апріорної інформації про властивості самого об'єкта, і яка не завжди є у наявності.

4. У третьому розділі (п. 3.6.2) було запропоновано алгоритм, що поєднує властивості РМНК і градієнтного алгоритму з матричним коефіцієнтом посилення, при цьому результати отримані за умов відсутності завад. Корисним було б оцінити обчислювальні витрати для реалізації запропонованого алгоритму.

5. У четвертому розділі значну увагу приділялося реалізації моделей Гаммерштейна та Вольтерра, але не проведено аналізу, щодо можливого використання інших нейромережових моделей при синтезі інтелектуальних систем керування технологічним процесом

6. П'ятий розділ присвячено синтезу нейромережних стратегій прогнозування та керування, але не зовсім розуміло, принцип вибору архітектури нейронних мереж та не показані значні переваги РБМ та персептрону над іншими нейронними мережами. Також у розділі було б доцільно привести програмне забезпечення, яке дозволяло б на практиці створювати штучні нейронні мережі з різною архітектурою та різними параметрами.

7. В п'ятому розділі проведено моделювання керування дифузійним відділенням, за допомогою різноманітних нейрорегуляторів, але не приведені результати моделювання керування іншими відділеннями цукрового виробництва, що може визивати питання щодо якісних показників керування іншими технологічними об'єктами.

8. В розділі шість здобувачем пропонується створення комп'ютерних тренажерів для навчання операторів, які керують технологічними процесами. Не зрозумілим є вибір та використання операційної системи (ОС) для роботи тренажера. Не представлено характеристики ОС, такі як: надійність, стійкість до завад та безпека передачі даних у комп'ютерній мережі.

9. У дисертації та авторефераті є друкарські, редакторські помилки (автореферат – стор. 17), а також некоректний перенос ПБ авторів у публікаціях (автореферат, стор. 30, п. 15, дисертація – стор. 319, п. 89, стор. 333, п. 224). Крім того деякі рисунки в четвертому розділі дисертації не мають чіткості (рис. 4.12 - 4.18).

10. В висновках дисертації бажано б було навести кількісні показники щодо отриманих результатів досліджень. Такі показники наведено лише у висновках розділів, а у загальному висновку такі дані не відмічено.

Вважаю, що наведені зауваження не впливають на загальну позитивну характеристику дисертаційної роботи здобувача, і не зменшують її актуальності, наукової новизни та практичної значимості.

### **Висновок**

У дисертаційній роботі, здобувач Ляшенко Сергій Олексійович запропонував розв'язання науково-прикладної проблеми щодо створення теоретичних основ автоматизації процесів керування технологічними відділеннями цукрового виробництва, що функціонують в умовах суттєвої поточної невизначеності, на основі нейромережевого підходу.

Отримані в роботі наукові та практичні результати дозволяють будувати адаптивні системи керування на основі нейромережевого підходу, що мають більш високий рівень узагальнення та інтерпретованості, а також мають спрощену структуру. Адаптивні методи характеризуються високим рівнем автоматизації та дозволяють підвищити швидкість обчислень, при цьому не знижуючи якість керування. Отримані здобувачем результати мають наукове та практичне значення для розвитку теорії інтелектуальних систем керування, а також теорії штучних нейронних мереж.

Виходячи з наведених нових наукових результатів, їх значення для теорії та практики, вважаю, що дисертаційна робота здобувача Ляшенко Сергія Олексійовича є завершеним науковим дослідженням, присвяченим розробці методів побудови інтелектуальних систем керування технологічними процесами у відділеннях цукрового заводу, що базуються на застосуванні нейромереж, і які дають можливість підвищити ефективність цукрового виробництва.

Назва та зміст дисертаційної роботи відповідає вимогам пунктів: 1. Методи створення АСК процесами та комплексами різного призначення, 3. Моделювання об'єктів та систем керування (статичні та динамічні, стохастичні та імітаційні, логіко-динамічні тощо моделі), 4. Інформаційне та

програмне забезпечення АСК організаційно-технічними об'єктами та комплексами, 5. Ідентифікація та контроль параметрів об'єктів керування в різних галузях народного господарства, 7. Системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності при керуванні організаційно-технічними об'єктами і комплексами різного призначення.

На основі викладеного вважаю, що рецензована дисертація є закінченою науково-дослідною роботою і відповідає науковій спеціальності 05.13.07 – автоматизація процесів керування, та задовольняє вимогам пунктів 10, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567, а Ляшенко Сергій Олексійович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Декан факультету інформаційних технологій  
ДВНЗ «Національний гірничий університет»,  
доктор технічних наук, професор

 М. О. Алексеев

Підпис Алексеева М.О.  
Засвідчує  
вчений секретар

вченої ради ДВНЗ "НГУ" 

