

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Харківського національного університету  
імені В. Н. Каразіна,  
доктору фізико-математичних наук,  
професору, професору кафедри  
інформаційних комп'ютерних технологій і  
математики Навчально-наукового інституту  
«Українська інженерно-педагогічна  
академія» Харківського національного  
університету імені В. Н. Каразіна  
**Нечуйвітер Олесі Петрівні**

## **РЕЦЕНЗІЯ**

кандидата технічних наук, доцента кафедри електротехніки та  
електроенергетики Навчально-наукового інституту «Українська інженерно-  
педагогічна академія» Харківського національного університету  
імені В. Н. Каразіна

**Буданова Павла Феофановича**

на дисертаційну роботу

**БАГАЄВА ІГОРЯ ОЛЕКСАНДРОВИЧА**

на тему «Удосконалення кваліметричних методів оцінювання ризиків якості  
технологічних процесів з застосуванням інформаційних технологій», подану  
на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 – Метрологія та  
інформаційно-вимірювальна техніка

На підставі вивчення матеріалів дисертації та опублікованих за  
дослідженою темою наукових праць здобувача, а також матеріалів, щодо  
апробації та практичного впровадження результатів виконаного Багаєвим

Ігорем Олександровичем наукового дослідження, можна констатувати наступне щодо актуальності, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, достовірності та наукової новизни одержаних результатів, повноти їх викладу в опублікованих працях та визначити загальну оцінку проведеного дисертаційного дослідження.

### **Актуальність теми дисертації та її зв'язок з науковою тематикою**

У сучасних умовах глобалізаційних процесів та швидкої технологічної еволюції оцінка ризиків у виробництві стає важливим інструментом для забезпечення стабільності та конкурентоспроможності економічних систем. Оцінка ризиків дозволяє не тільки мінімізувати можливі негативні наслідки, але й сприяє оптимізації управлінських рішень. Важливим аспектом є застосування кількісних методів для аналізу ризиків, серед яких кваліметричні методи, зокрема функціонально-залежні статистики, займають провідне місце. Вони дозволяють оцінити безрозмірні показники якості продукції, використовуючи, зокрема, логістичні функції, що надає можливість більш точно передбачити результати та забезпечити стабільність процесів.

Оцінка технологічних процесів через часові ряди показників якості відкриває нові можливості для аналізу їхнього випадкового характеру. Визначення таких характеристик, як випадковість, ергодичність, нормальність та стаціонарність є необхідним для адекватного опису і моделювання технологічних процесів. Особливо важливим у контексті ризик-менеджменту є стаціонарність технологічного процесу, оскільки її зміни можуть свідчити про виникнення ризиків, що потребують термінового коригування.

Тому однією з актуальних наукових задач є розробка нових методів оцінювання ризиків якості технологічних процесів з урахуванням їх стаціонарності. Враховуючи швидкий розвиток інформаційних технологій та їх успішне застосування в різних галузях промисловості, зокрема в високих технологіях, необхідно інтегрувати сучасні ІТ-рішення для підвищення ефективності оцінювання ризиків. Впровадження таких методів дозволить

значно покращити точність прогнозів та забезпечити надійний контроль якості.

Незважаючи на існуючі методи оцінки ризиків, потреба в удосконаленні та розширенні їхнього спектру залишається, що відкриває нові горизонти для досліджень і впровадження інноваційних підходів у практику. Розробка нових методів не тільки підвищить рівень точності оцінки ризиків, але й створить можливість для адаптації до специфічних умов кожного окремого виробничого процесу, що має вирішальне значення для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Таким чином, проведений аналіз сучасних наукових досліджень та літератури підтверджує необхідність подальших досліджень у цій сфері, що визначає актуальність теми дисертаційного дослідження та її важливість для розвитку наукових підходів до оцінки ризиків у виробничих процесах.

У роботі показано, що розвиток суспільного виробництва, його позиції на світовому ринку торгівлі, добробут нації та рівень життя тісно пов'язані з якістю продукції, послуг і соціально-економічних систем, таких як освіта, медицина, охорона довкілля та безпека праці. Управління якістю продукції існує з моменту становлення суспільного виробництва. Рівень якості продукції та послуг національного виробника впливає на зовнішню політику, національну безпеку, рівень життя та стабільність валюти.

Випуск якісної продукції залежить від технологічних процесів на всіх стадіях життєвого циклу її виготовлення, а будь-який процес супроводжується ризиками відхилення якості продукції від нормативів. Оцінювання ризиків залежить від специфіки галузі, зокрема, виробничих циклів та активів підприємств. Аналіз ризику дозволяє оцінювати його рівень та необхідність впровадження заходів з управління ризиками.

Існує понад 30 загальних методів оцінювання ризику, описаних в EN ІЕС 31010:2019, IDT. Процедура оцінювання ризиків допомагає особам краще розуміти потенційні ризики, що впливають на досягнення цілей, і оцінювати ефективність засобів контролю.

У другому розділі пропонується використовувати логістичну функцію для оцінювання якості об'єктів кваліметрії на безрозмірній шкалі, враховуючи мінімальні та максимальні допустимі значення. Логістична функція, з її точкою перегину, відображає принцип послаблення зміни функції на краях і підходить для випадків, коли загальна кількість обмежена, наприклад, поширення чуток або захворювань.

Третій розділ розглядає застосування методів прогнозування на основі ланцюгів Маркова для отримання якісних прогнозів для лінійних та нелінійних процесів. Цей метод ефективний для оцінювання ймовірнісних прогнозів у інженерних і фінансово-економічних системах. Прогнози є точними, якщо процес стаціонарний, випадковий і ергодичний.

Четвертий розділ пропонує використання штучного інтелекту для прогнозування якості та ризиків технологічного процесу, розробляючи нейромережеві моделі для оцінювання ризиків при нестабільності процесу. Моделі мають точність 90–96% та можуть використовуватись в автоматизованих системах для управління точністю процесу в режимі онлайн.

### **Оцінка обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій**

Дисертаційне дослідження Багаєва Ігоря Олександровича є ґрунтовною науковою працею, в якій обґрунтованість, достовірність і новизна результатів забезпечені системним підходом до вирішення проблем удосконалення кваліметричних методів оцінювання ризиків якості технологічних процесів з застосуванням інформаційних технологій.

Результати даного дослідження є значним науковим внеском у сферу управління якістю технологічних процесів. Застосування логістичної функції для оцінювання показників якості на безрозмірній шкалі, без використання експертних методів, є новаторським підходом. Геометричний принцип ділення відрізка у заданому відношенні робить цей метод універсальним та незалежним від природи об'єкта кваліметрії.

Метод оцінювання ризиків виготовлення продукції низької якості, оснований на теорії ланцюгів Маркова, надає можливість оцінювати ймовірність знаходження показників якості в заданих зонах регулювання, що є критично важливим для забезпечення стабільності та прогнозованості виробничих процесів. Цей підхід відзначається високою точністю та надійністю.

Застосування методів штучного інтелекту для оцінювання ризиків та прогнозування якості продукції є прогресивним рішенням, що дозволяє передбачати відхилення параметрів від нормативних значень у режимі онлайн. Нейромережеві моделі забезпечують високий рівень достовірності прогнозів, що є надзвичайно важливим для автоматизованих систем управління якістю.

Загалом, дослідження демонструє високий науковий рівень, інноваційність та практичну значущість отриманих результатів. Запропоновані методики мають значний потенціал для подальшого впровадження у виробничі процеси та системи управління якістю.

### **Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Вперше отримано функціональну залежність між дійсними значеннями показників якості технологічного процесу та їх оцінками на безрозмірній шкалі яка, на відміну від існуючих, не потребує застосування експертних методів та побудована на геометричному принципі ділення відрізка у заданому відношенні.

Вперше розроблено метод оцінювання ризиків виготовлення продукції низької якості з використанням запропонованої функціональної залежності та теорії ланцюгів Маркова який, на відміну від існуючих, дозволяють отримати ймовірність знаходження оцінок показників якості у заданих зонах регулювання.

Вперше розроблено метод оцінювання ризиків виготовлення продукції низької якості на основі застосування методів штучного інтелекту та використання запропонованої функціональної залежності та, на відміну від існуючих, дозволяють прогнозувати знаходження оцінок показників якості у заданих зонах регулювання.

**Практичне значення результатів дисертаційного дослідження** полягає в тому, що запропоновано нову функціональну залежність між дійсними значеннями будь якого технологічного процесу та їх оцінками, яка дозволила розробити два методи оцінювання ризиків отримання продукції низької якості. Розроблені методи можна вважати універсальними, так як їх можна застосовувати при оцінюванні ризиків різних технологічних процесів.

Вибір того чи іншого методу залежить від стаціонарності результатів оцінювання якості технологічних процесів. У випадку стаціонарності оцінювання якості технологічних процесів пропонується застосовувати теорію ланцюгів Маркова. У випадку нестаціонарності процесу пропонується застосовувати інструменти штучного інтелекту.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень впроваджені в ТОВ "ООВ ПРОМСТАНДАРТ", фахівці якого випробували методику оцінювання процесів системи управління якістю кваліметричними методами відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 9001:2015. При цьому апробовано методику прогнозування оцінок якості функціонування соціально-економічних процесів. У разі стаціонарності, випадковості та ергодичності розсіювання показників якості процесу для його прогнозування з часом пропонується застосовувати теорію ланцюгів Маркова, яка дозволяє, використовуючи статистичні дані про якість процесу, отримати прогноз на кілька кроків вперед. Дана методика універсальна, так як може бути застосована при оцінюванні якості технологічних процесів та систем, що дає можливість впливати на них та корегувати їх.

У навчальний процес результати наукових досліджень запроваджені у навчальному процесі УІПА у вигляді: теоретичних матеріалів при вивченні

навчальних дисциплін: «Інформаційні системи оцінювання якості»; «Кваліметричні методи оцінювання інформаційно-вимірювальних систем»; «Управління якістю технологічних процесів»; практичної роботи з дисципліни «Управління якістю в системі технічного регулювання»; при виконанні курсових та дипломних проєктів магістрів для спеціальності 175 «Інформаційно-вимірювальні технології» освітньо-професійної програми «Якість, стандартизація та сертифікація».

### **Повнота викладу основних результатів дисертації, висновків і пропозицій в опублікованих працях здобувача**

Наукові результати дисертації висвітлені у 15 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 7 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus.

Також результати дисертації були апробовані на 7 наукових фахових конференціях. Таким чином, наукові результати, що подано в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Основні наукові результати, положення, стандарти, висновки та рекомендації, що виносяться на захист, є особистим авторським внеском у розробку обраної теми дисертаційної роботи. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, в дисертації використано лише ті ідеї та положення, котрі становлять індивідуальний внесок автора. Особистий внесок у працях, опублікованих у співавторстві, зазначено у списку публікацій.

### **Зауваження та дискусійні положення:**

1. Пропонований підхід до побудови функціональної залежності між дійсними значеннями показників якості технологічного процесу та їх оцінками на безрозмірній шкалі може бути обмежений лише певними типами технологічних процесів. Метод, заснований на геометричному принципі ділення відрізка у заданому відношенні, може не забезпечити достатньо

точних або надійних результатів для складних або високодинамічних виробничих процесів, де точність і адаптація до змінних умов є критично важливими. Оскільки цей підхід ще не отримав широкої практичної апробації, існує ризик, що результати оцінки за допомогою цього методу можуть мати значні похибки при застосуванні до реальних даних, що відрізняються від теоретичних умов дослідження. Пропонований метод потребує додаткових емпіричних досліджень для підтвердження його ефективності та надійності.

2. Визначення безрозмірних показників якості через геометричні принципи може бути обмеженим у контексті застосування складних багатфакторних моделей або нелінійних взаємозв'язків. Такий підхід може не забезпечити точного відображення складності реальних технологічних процесів, де важливими є взаємодії численних змінних. При цьому, хоча новизна методу, заснованому на геометричному принципі ділення відрізка у заданому відношенні, полягає в його відносній простоті, практичне застосування в умовах різних промислових секторів може вимагати додаткових адаптацій, оскільки в кожному окремому випадку можуть бути специфічні вимоги до точності та коригування оцінок на безрозмірній шкалі. Це підвищує складність впровадження методу в загальну практику.

3. В дисертації автором розглянуто метод, заснований на теорії ланцюгів Маркова, який зосереджується на ймовірностях переходу між станами якості процесу. Однак, з нашої точки зору, цей метод вносить обмеження у врахуванні додаткових факторів, а отже не може повною мірою враховувати зовнішні фактори, які можуть значно впливати на якість продукції, такі як зміни в ринку, технологічні інновації або людський фактор. Крім того, використання теорії ланцюгів Маркова для оцінки ймовірностей може бути складним у застосуванні до реальних виробничих процесів, де точне моделювання ймовірностей змін показників якості може бути ускладнене великою кількістю змінних і варіативністю даних. З нашої точки зору, було б доцільно, для точності результатів, значно спростити моделювання або вдосконалити методи оцінки.

4. В дисертації автором розглянуто метод штучного інтелекту, який має залежність від якості даних, що потребує великих обсягів точних і якісних даних для навчання моделей. У реальних умовах виробництва можуть виникати проблеми з якістю або повнотою даних, що суттєво знижує ефективність прогнозів. Недосконалість або відсутність даних може призвести до неточних оцінок ризиків, що обмежує застосування методу.

5. Прогнозування оцінок показників якості в заданих зонах регулювання є важливим етапом, однак точність визначення цих зон може бути проблемною, оскільки вони можуть варіюватися залежно від умов конкретного виробництва чи зміни технологічних параметрів. Визначення зон регулювання в реальних умовах виробництва може вимагати складних налаштувань та уточнень, що додає додаткову складність методу штучного інтелекту.

Вищевикладене дозволяє стверджувати, що висловлені зауваження не носять принциповий характер, не зменшують загальну наукову цінність, новизну та практичну значущість результатів дисертаційної роботи та не впливають на загальну високу її оцінку.

### **Загальний висновок**

Дисертація Ігоря Олександровича Багаєва на тему «Удосконалення кваліметричних методів оцінювання ризиків якості технологічних процесів з застосуванням інформаційних технологій», подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 - Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка у галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування, є завершеним дослідженням, що вивчає актуальні проблеми удосконалення кваліметричних методів оцінювання ризиків якості технологічних процесів з застосуванням інформаційних технологій. Результати дослідження дозволяють удосконалити сучасні методи оцінювання ризиків низької якості складних технологічних процесів, враховуючи нелінійність залежності виміряних значень одиничних показників якості продукції, як результат

функціонування технологічного процесу, та їх оцінками на безрозмірній шкалі та застосування ефективного математичного апарату інформаційних технологій. Запропоновані підходи мають потенціал для гнучкого розширення та адаптації в умовах змінюваних економічних і політичних умов, забезпечуючи сталий розвиток технологічних процесів з застосуванням інформаційних технологій.

Вважаю, що за новизною, актуальністю, обсягом та практичним значенням, дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 р, а її автор, Багаєв Ігор Олександрович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка у галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування.

**Рецензент:**

Кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри електротехніки  
та електроенергетики  
навчально-наукового інституту  
«Українська інженерно-педагогічна академія»  
Харківського національного університету  
імені В. Н. Каразіна

Павло БУДАНОВ

ПРОТОКОЛ  
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 13:26:13 08.04.2025

Назва файлу з підписом: 09.04..2025 - РЕЦЕНЗІЯ - БАГАЄВ - БУДАНОВ Павло Феофанович – копія.pdf.p7s

Розмір файлу з підписом: 418.7 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: 09.04..2025 - РЕЦЕНЗІЯ - БАГАЄВ - БУДАНОВ Павло Феофанович – копія.pdf

Розмір файлу без підпису: 401.5 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: БУДАНОВ ПАВЛО ФЕОФАНОВИЧ

П.І.Б.: БУДАНОВ ПАВЛО ФЕОФАНОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 2168516736

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 13:26:10 08.04.2025

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000B007A3013698C405

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CAdES enveloped)

Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAdES-X Long)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2025.02.05 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Харківського національного університету імені В. Н.  
Каразіна, доктору фізико - математичних наук,  
професору, завідувачці кафедри інформаційних  
комп'ютерних технологій і математики Навчально-  
наукового інституту «Українська інженерно-  
педагогічна академія» Харківського національного  
університету імені В. Н. Каразіна  
Олесі НУЧУЙВІТЕР

### **ВІДГУК**

доктора технічних наук, професора, професора кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національного університету «Львівська політехніка», Микийчука Миколи Миколайовича на дисертаційну роботу Багаєва Ігоря Олександровича на тему «Удосконалення кваліметричних методів оцінювання ризиків якості технологічних процесів з застосуванням інформаційних технологій», подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

#### **Обґрунтування вибору теми.**

Дисертаційна робота направлена на вирішення актуальних завдань забезпечення якості продукції та послуг, як ключового чинника соціально-економічного розвитку країни, її конкурентоспроможності на світовому ринку та підвищення рівня життя населення. Якість виробництва безпосередньо залежить від досконалості технологічних процесів, що характеризується ризиками відхилення показників якості продукції від встановлених нормативів. У зв'язку з цим виникає потреба у глибокому аналізі ризиків якості на всіх етапах життєвого циклу продукції. Поняття "ризик" є міждисциплінарним і активно досліджується в багатьох наукових сферах, таких як економіка, медицина, право, психологія, статистика тощо.

При оцінюванні ризиків особлива увага приділяється кваліметрії - науці про оцінювання якості. Важливим аспектом являється зв'язок між показниками якості та їх оцінкою на безрозмірній шкалі, оскільки ці зв'язки не завжди лінійні. Для ефективного управління якістю застосовуються статистичні методи аналізу, які дозволяють оцінити не тільки значення показників, а й особливості їх розподілу. Аналіз ризиків дозволяє глибше зрозуміти природу потенційних

відхилень, оцінити ймовірності та наслідки небажаних подій, а також ефективність існуючих засобів контролю. Проте в умовах нестачі даних або обмеженого доступу до інформації повноцінний кількісний аналіз може бути недоцільним, і тоді доцільно застосовувати якісне порівняльне оцінювання ризиків із залученням експертів.

Автори підкреслюють, що сучасна філософія оцінювання ризиків у виробництві повинна базуватися на застосуванні кваліметричних методів, включаючи використання функціонально-залежних статистик і логістичних функцій для обчислення безрозмірних оцінок. При цьому функціонування процесів розглядається як випадковий процес, що може мати характеристики ергодичності, стаціонарності, нормальності тощо. Стаціонарність процесу є особливо важливою при математичному моделюванні ризиків.

Зважаючи на вище сказане, вважаю, що тема дисертації актуальна, так як направлена на вирішення актуального наукового завдання, а саме розроблення методів оцінювання ризиків якості технологічних процесів з урахуванням їх стаціонарності, а також впровадження сучасних інформаційних технологій, які вже довели свою ефективність в інших галузях.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеності та якості оформлення.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний об'єм дисертаційної роботи становить 192 сторінки, з них обсяг основного тексту – 148 сторінок: 1 рисунок на 1-ій окремій сторінці, 46 рисунків по тексту, 1 таблиця на 1-ій окремій сторінці, 10 таблиць по тексту, 2 додатки на 10-ти сторінках, список використаних джерел із 149 найменувань на 16-ти сторінках.

Вступ обґрунтовує актуальність теми, визначає мету і задачі дослідження, об'єкт і предмет дослідження, методологічну основу, наукову новизну, практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, апробацію результатів та публікації за темою дисертації. Формулювання є чіткими та логічно пов'язаними.

*Перший розділ* присвячено огляду значної кількості наукових джерел, в якому підтверджено, що високий рівень якості продукції, послуг та функціонування соціально-економічних систем (освіти, охорони здоров'я, екології, безпеки праці тощо) безпосередньо впливає на розвиток національного виробництва, добробут населення та позиції країни на світовому ринку. Управління якістю продукції супроводжує розвиток суспільного виробництва, а її рівень впливає на зовнішню політику, стабільність валюти та безпеку

держави. Якість технологічних процесів на всіх етапах життєвого циклу продукції визначає її кінцеву якість, при цьому технологічні процеси супроводжуються ризиками, пов'язаними з можливими відхиленнями від нормативів. Підхід до оцінки ризиків формується залежно від галузі, що зумовлено специфікою виробництва. Аналіз ризиків допомагає ідентифікувати рівень загроз і визначити доцільні стратегії управління. В міжнародному стандарті EN ІЕС 31010:2019, ІДТ описано понад 30 методів оцінювання ризиків, які сприяють кращому розумінню загроз та ефективності засобів контролю. При цьому єдиного визначення поняття "ризик" не існує — література пропонує різні підходи: від імовірнісних до заснованих на поняттях небезпеки чи невизначеності.

*У другому розділі* обґрунтовано використання логістичної функції для перетворення одиничних показників якості об'єктів кваліметрії у безрозмірну шкалу. Такий підхід дозволяє будувати універсальні моделі оцінки якості незалежно від природи об'єкта, за умови знання граничних значень параметрів. Логістична функція, завдяки своїй S-подібній формі з точкою перегину, ефективно відображає уповільнення змін на межах шкали, що робить її особливо корисною для об'єктів із обмеженим ресурсом чи розміром популяції. Запропоновано приклади застосування цього підходу до оцінювання якості продукції (зокрема соняшникової олії), процесів і систем.

*У третьому розділі* розглядається можливість використання методів прогнозування, зокрема на основі ланцюгів Маркова, для аналізу якості у часі. Технологічний процес розглядається як складна система, що потребує постійного контролю, аналізу та прогнозування. Використання ланцюгів Маркова можливе лише за умови дотримання вимог до стаціонарності, випадковості й ергодичності реалізації процесу. Було розроблено методику і програмне забезпечення для прогнозування похибок на основі обмеженої перехідної матриці (9–12 кроків), що дозволило обґрунтувати доцільність короткострокового прогнозування (до 4–5 кроків). Встановлено, що автоматизація процесів контролю якості може зменшити варіативність показників якості до 16%.

*Четвертий розділ* присвячено застосуванню методів штучного інтелекту для прогнозування ризиків у технологічних процесах. Розроблено методику використання нейронних мереж для аналізу ризиків якості у випадку нестабільності процесів. Проведено обчислювальні експерименти, які підтвердили ефективність запропонованих моделей. Результати свідчать, що

нейромережеві алгоритми забезпечують точність прогнозу стабільності та точності механічної обробки деталей типу «вал» на рівні 90–96%. Розроблені моделі можуть бути інтегровані в автоматизовані системи управління для своєчасного коригування параметрів процесу з метою запобігання відхиленням від нормативних вимог.

Висновки до дисертації логічно впливають зі змісту роботи, узагальнюють основні наукові та практичні результати, отримані автором, та підтверджують досягнення поставленої мети і вирішення завдань дослідження. Сформульовані висновки відповідають змісту розділів дисертації.

Список використаних джерел охоплює сучасні праці вітчизняних та закордонних дослідників і підтверджує, що здобувач ознайомлений з сучасними здобутками та оптимально використовує їх у своїх дослідженнях.

Отже, дисертація Багаєва Ігоря Олександровича є завершеною науковою працею, яка за змістом і оформленням відповідає вимогам “Порядку присудження ступеня доктора філософії ” (Постанова Кабінету Міністрів України від 12.01 2022 р. № 44) та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **3. Зв’язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.**

Дисертаційна робота виконана в рамках наукових досліджень Української інженерно-педагогічної академії, зокрема за темами:

«Удосконалення кваліметричних методів оцінювання ризиків при забезпеченні якості виробів медичного призначення» (ДР № 0122U200930);

«Удосконалення кваліметричних методів оцінювання безпеки та гігієни праці на промисловому підприємстві» (ДР №0119U101873);

«Адаптація та передача методики здійснення діяльності щодо оцінки відповідності у сфері дії технічних регламентів та методик здійснення діяльності щодо стандартів» (НДР №23-01, НДР №24-01).

### **4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Основні результати наукових досліджень Багаєва Ігоря Олександровича викладені у 15 наукових працях, серед них: 7 статей у наукових фахових виданнях; 1 стаття у наукових виданнях Scopus, 7 публікацій апробаційного характеру у виді тез доповідей в збірниках конференцій. Опубліковані праці у повній мірі відображають основний зміст та положення дисертаційної роботи, наукову новизну та рівень апробацій результатів наукових досліджень.

Наукові положення дисертації базуються на відомих теоретичних засадах та підкріплені як аналітичними розрахунками, так і результатами експериментальних досліджень. Висновки логічно випливають із змісту роботи та відповідають поставленим завданням. Використані методи дослідження є адекватними меті та завданням роботи. Достовірність результатів підтверджується коректним застосуванням математичного апарату, результатами експериментальних досліджень та апробацією на реальному виробничому об'єкті, а також публікаціями автора у наукових виданнях та доповідями на конференціях.

## **5. Основні наукові результати, отримані здобувачем, та їх наукова новизна.**

Теоретичні дослідження базуються на фундаментальних принципах теорії кваліметрії, методах теорії математичної статистики, теорії ланцюгів Маркова та елементів штучного інтелекту. Для отримання функціональної залежності між дійсними значеннями показників якості технологічного процесу та їх оцінками на безрозмірній шкалі застосовується геометричний принцип ділення відрізка у заданому відношенні (Афінні перетворення). Для розроблення методу оцінювання ризиків виготовлення продукції низької якості з використовується теорія ланцюгів Маркова та теорії штучного інтелекту. Для апробації запропонованих методів використовувались статистичні дані реалізації технологічних процесів та програмне забезпечення опрацювання результатів.

У результаті роботи над дисертацією автором отримано такі наукові результати, які являються науковою новизною:

Вперше отримано функціональну залежність між дійсними значеннями показників якості технологічного процесу та їх оцінками на безрозмірній шкалі яка, на відміну від існуючих, не потребує застосування експертних методів та побудована на геометричному принципі ділення відрізка у заданому відношенні.

Вперше розроблено метод оцінювання ризиків виготовлення продукції низької якості з використанням запропонованої функціональної залежності та теорії ланцюгів Маркова який, на відміну від існуючих, дозволяють отримати імовірність знаходження оцінок показників якості у заданих зонах регулювання.

Вперше розроблено метод оцінювання ризиків виготовлення продукції низької якості на основі застосування методів штучного інтелекту та використання запропонованої функціональної залежності та, на відміну від існуючих, дозволяють прогнозувати знаходження оцінок показників якості у заданих зонах регулювання.

## **6. Практичне значення отриманих результатів.**

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що запропоновано нову функціональну залежність між дійсними значеннями будь якого технологічного процесу та їх оцінками, яка дозволила розробити два методи оцінювання ризиків отримання продукції низької якості. Розроблені методи можна вважати універсальними, так як їх можна застосовувати при оцінюванні ризиків різних технологічних процесів.

Вибір того чи іншого методу залежить від стаціонарності результатів оцінювання якості технологічних процесів. У випадку стаціонарності оцінювання якості технологічних процесів пропонується застосовувати теорію ланцюгів Маркова. У випадку не стаціонарності процесу пропонується застосовувати інструменти штучного інтелекту.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень впроваджені в ТОВ "ООВ ПРОМСТАНДАРТ", фахівці якого випробували методику оцінювання процесів системи управління якістю кваліметричними методами відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 9001:2015. При цьому апробовано методику прогнозування оцінок якості функціонування соціально-економічних процесів. У разі стаціонарності, випадковості та ергодичності розсіювання показників якості процесу для його прогнозування з часом пропонується застосовувати теорію ланцюгів Маркова, яка дозволяє, використовуючи статистичні дані про якість процесу, отримати прогноз на кілька кроків вперед. Дана методика універсальна, так як може бути застосована при оцінюванні якості технологічних процесів та систем, що дає можливість впливати на них та корегувати їх.

У навчальний процес результати наукових досліджень запроваджені у навчальному процесі УІПА у вигляді:

- теоретичних матеріалів при вивченні навчальних дисциплін: «Інформаційні системи оцінювання якості»; «Кваліметричні методи оцінювання інформаційно-вимірювальних систем»; «Управління якістю технологічних процесів»;
- практичної роботи з дисципліни «Управління якістю в системі технічного регулювання»;
- при виконанні курсових та дипломних проектів магістрів для спеціальності 175 «Інформаційно-вимірювальні технології» освітньо-професійної програми «Якість, стандартизація та сертифікація».

**7. Дотримання академічної доброчесності.** За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Наявні запозичення – це надруковані праці здобувача, які мають відповідні посилання у тексті.

**8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.**

Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертаційних досліджень, її наукову та практичну цінність, слід зазначити зауваження та питання дискусійного характеру:

1. У першому розділі дисертації багато уваги приділено філософському поняттю «ризик» та «невизначеність», але вартувало би детальніше оцінити існуючі методи та програмне забезпечення щодо застосування штучного інтелекту для прогнозування якості технологічних процесів або інших об'єктів кваліметрії.

2. У другому розділі дисертації пропонується застосовувати новий вид функціональної залежності, розроблено методiku її застосування і показано її апробацію на декількох об'єктах кваліметрії, але важливо зрозуміти, чим краща запропонована залежність у порівнянні з існуючими?

3. У другому розділі дисертації автор приводить детальний аналіз існуючих функціональних залежностей, але такий аналіз вартувало би помістити до першого розділу, де логічно визначають завдання досліджень.

4. Запропонований метод прогнозування стану технологічного процесу обґрунтована та базується на фундаментальних знаннях у галузі математичної статистики, але без автоматизації процесу розрахунків має слабе застосування. Вартувало би розробити комп'ютерну програму для автоматизації та швидкого приймання управлінських рішень.

5. При застосуванні методу прогнозування ризиків якості технологічних процесів на основі теорії ланцюгів маркова не зрозуміло оптимальної кількості вимірювань. Відсутній зв'язок між кількістю існуючої статистичної інформації та достовірністю результату прогнозування. Такий зв'язок підсилив би значення та ефективність застосування запропонованого методу.

6. Застосування сучасних інформаційних технологій до оцінювання та прогнозування ризиків якості технологічних процесів являється актуальним науковим та прикладним завданням, але не достатньо обґрунтовано вибір інструменту, а саме комп'ютерної програми BrainMaker Professional для

створення нейромережевої моделі. Цінним було би проведення глибокого аналізу можливостей, переваг та недоліків інших комп'ютерних програм.

7. Зазначені зауваження мають переважно дискусійний характер і спрямовані на окреслення можливих напрямів подальшого розвитку дослідження. Вони не ставлять під сумнів наукову цінність та практичну значущість отриманих результатів і загалом не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

#### **9. Загальний висновок.**

Дисертація Багаєва Ігоря Олександровича «Удосконалення кваліметричних методів оцінювання ризиків якості технологічних процесів з застосуванням інформаційних технологій» є самостійною науковою працею, яка за своїм змістом, рівнем новизни та практичними значеннями одержаних результатів відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 № 44, та вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами), а її автор, Багаєв Ігор Олександрович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

Офіційний опонент -

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри інформаційно –  
вимірювальних технологій, Національного  
університету «Львівська політехніка»

Микола МИКИЙЧУК

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ  
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 13:21:49 14.04.2025

Назва файлу з підписом: Відгук Багаєву Микийчук.pdf.p7s  
Розмір файлу з підписом: 17.2 КБ

Перевірені файли:  
Назва файлу без підпису: Відгук Багаєву Микийчук.pdf  
Розмір файлу без підпису: 27.2 МБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: МИКИЙЧУК МИКОЛА МИКОЛАЙОВИЧ  
П.І.Б.: МИКИЙЧУК МИКОЛА МИКОЛАЙОВИЧ  
Країна: Україна  
РНОКПП: 2363109695  
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА  
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 13:21:48 14.04.2025  
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"  
Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000008343C401DE723906  
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145  
Тип підпису: Удосконалений  
Тип контейнера: Підпис та дані в окремих файлах (CAAdES detached)  
Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAAdES-X Long)  
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2025.02.05 13:00

Голові разової спеціалізованої ради  
Харківського національного університету  
імені В. Н. Каразіна, доктору фізико-  
математичних наук, професору,  
завідувачці кафедри інформаційних  
комп'ютерних технологій і математики  
навчально-наукового інституту  
Української інженерно-педагогічної  
академії Харківського національного  
університету імені В. Н. Каразіна  
Олесі НЕЧУЙВІТЕР

### **ВІДГУК**

офіційного опонента, доктора технічних наук, доцента, начальника  
метрологічного центру державного підприємства «Львівський  
науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації»

РУДИКА Юрія Івановича на дисертаційну роботу здобувача

БАГАЄВА Ігоря Олександровича на тему «Удосконалення  
кваліметричних методів оцінювання ризиків якості технологічних  
процесів з застосуванням інформаційних технологій» на здобуття

наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 15 –

Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 152 –

Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка

**1. Обґрунтування вибору теми.** Оцінювання якості має важливе  
значення для ефективного підтримання заходів, спрямованих на підвищення  
ефективності виробничих процесів і надання послуг. Сучасні аспекти  
використання у більшості вітчизняних методик для оцінки властивостей  
лінійних залежностей, а в багатьох зарубіжних - нелінійних, показує  
перспективу алгоритмізації кваліметричних процесів. Незважаючи на велику  
кількість методик, необхідність у розробці більш точних і достовірних  
моделей залишається актуальним завданням.

Оцінка якості виробничих процесів, особливо на прикладі  
машинобудування, дає можливості підвищити їх ефективність та  
економічність. Зазначені процеси оцінювання дуже різноманітні, тому  
якнайбільше врахувати всі складові можливо лише з використанням сучасних  
інформаційних технологій, таких як нейронні мережі, що й зробив з успіхом  
дисертант.

**2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності та якості оформлення.** У структурному вигляді дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури (з окремим показом власних праць і здобутків) і двох додатків.

Загальний обсяг роботи становить 192 с., з них основного тексту, включаючи ілюстрації та таблиці, 148 с. Текст добре ілюстровано 47 рисунками, 11 таблицями. Список літератури містить 149 джерел, з них більше половини англомовних. У додатку 1 подано власні наукові праці здобувача. Їх загальна кількість 15, з цього числа одна праця у реферованому виданні НМБД Scopus, сім у виданнях, що входять до переліку категорії Б. У додатках представлено дві довідки про впровадження результатів роботи у науково-дослідній роботі у ТОВ ООВ «ПРОМСТАНДАРТ» у вигляді методики оцінювання процесів системи управління якістю (СУЯ) відповідно до вимог міжнародних стандартів ДСТУ ISO 9001:2015 та у навчальному процесі навчально-наукового інституту Української інженерно-педагогічної академії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

У вступі подано обґрунтування вибору теми дослідження, подано установчі основи проведеного дослідження.

У розділі 1 проведено аналіз наукового поняття «ризик» та наукових підходів до оцінювання ризиків якості продукції. Автором пропонується використання оцінювання на усіх стадіях життєвого циклу її виготовлення. Будь який технологічний процес пов'язаний з ризиками відхилення нормованих показників якості продукції від ідеальних, тобто тих, які регламентовані нормативними документами та технічними регламентами.

У розділі 2 подано застосування логістичної функції, за яким отримано математичну залежність, що забезпечує оцінки показників якості на безрозмірній шкалі, незалежно від природи об'єкту кваліметрії. Для цього необхідно знати мінімальне та максимальне допустимі значення об'єктів кваліметрії. Для апробації методики застосування запропонованої функціональної залежності для оцінювання якості об'єктів різної природи приведені приклади оцінювання продукції, процесу та системи.

У розділі 3 автором проведено застосування одним з методів прогнозування на основі ланцюгів Маркова. Цей метод дає можливість отримати якісні прогнози для лінійних та нелінійних процесів. Актуальною є задача оцінювання ймовірнісних прогнозів, потреба в яких швидко зростає в

інженерних застосуваннях. Розділ 3 завершується експертною оцінкою розроблені методика для передбачення похибки виробництва на конкретного технологічного процесу перехідна матриця виявилася обмеженою (9-12 кроків). Це означає, що передбачення на 9 кроків вперед мало корисної інформації для системи управління якістю. Тому в умовах такої обмеженої якості виробництва доцільно проводити прогноз лише на 4-5 кроків вперед.

У розділі 4 розроблена методика застосування нейронних мереж для оцінювання ризиків якості технологічних процесів у випадку його не стаціонарності. Апробована відповідна методика у вигляді обчислювального експерименту. Здобувачем узагальнено та обґрунтовано, що застосування розроблених нейромережових моделей дозволяє отримати прогнозні оцінки стабільності та точності технологічних процесів механічної обробки деталей типу вал з достовірністю 90%.

**Висновки і рекомендації**, наведені в дисертації, відповідають результатам досліджень. Їхня вірогідність ґрунтується на обраних методиках проведення досліджень, підтверджена відповідними показниками статистичного аналізу.

Список використаних джерел охоплює сучасні праці вітчизняних та закордонних дослідників і підтверджує, що здобувач ознайомлений з сучасними здобутками у галузі технічних наук та використовує їх у своїх дослідженнях.

Отже, дисертація БАГАЄВА Ігоря Олександровича є завершеною науковою працею, яка за змістом і оформленням відповідає вимогам “Порядку присудження ступеня доктора філософії ” (Постанова Кабінету Міністрів України від 12.01 2022 р. № 44) та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

**3. Зв’язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.** Як зазначено у вступній частині, дисертаційне дослідження виконувалось в рамках реалізації науково-дослідних робіт «Удосконалення кваліметричних методів оцінювання ризиків при забезпеченні якості виробів медичного призначення» (ДР № 0122U200930); Удосконалення кваліметричних методів оцінювання безпеки та гігієни праці на промисловому підприємстві» (ДР №0119U101873); «Адаптація та передача методики здійснення діяльності щодо оцінки відповідності у сфері

дії технічних регламентів та методик здійснення діяльності щодо стандартів» (НДР №23-01, НДР №24-01).

**4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Обґрунтованість наукових положень дисертації підтверджується 15 науковими працями здобувача. Положення дисертаційної роботи пройшли апробацію на семи наукових конференціях і семінарах. Розроблення, обґрунтування, і практична апробація методики оцінювання показників якості виробів та процесів машинобудівного виробництва базується на глибокому і різнобічному математичному апараті теорії ймовірності та матстатистики (зокрема, із застосуванням критеріїв Романовського, «серій», Ліпніца), та є розвитком кваліметричних методів із застосуванням інформаційних технологій.

Вищевикладені положення дозволяють зробити висновок про достатню обґрунтованість і достовірність представлених у дисертаційній роботі наукових положень і висновків.

**5. Основні наукові результати, отримані здобувачем, та їх наукова новизна.** До основних результатів дисертаційного дослідження, які визначають ступінь і характер наукової новизни, належать:

*вперше:*

- отримано функціональну залежність між дійсними значеннями показників якості технологічного процесу та їх оцінками на безрозмірнісній шкалі яка, на відміну від існуючих, не потребує застосування експертних методів та побудована на геометричному принципі ділення відрізка у заданому відношенні;

- розроблено метод оцінювання ризиків виготовлення продукції низької якості з використанням запропонованої функціональної залежності та теорії ланцюгів Маркова, який, на відміну від існуючих, дає можливість отримати імовірність знаходження оцінок показників якості у заданих зонах регулювання;

- розроблено метод оцінювання ризиків виготовлення продукції низької якості на основі застосування методу нейронних мереж та використання запропонованої функціональної залежності та, на відміну від існуючих, дає можливість прогнозувати знаходження оцінок показників якості у заданих зонах регулювання.

**6. Практичне значення отриманих результатів.** Результати роботи використано у реалізації НДР кафедри навчально-наукового інституту Української інженерно-педагогічної академії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що запропоновано нову функціональну залежність між дійсними значеннями будь якого технологічного процесу та їх оцінками, яка дозволила розробити два методи оцінювання ризиків отримання продукції низької якості. Розроблені методи можна вважати універсальними, так як їх можна застосовувати при оцінюванні ризиків різних технологічних процесів.

Вибір того чи іншого методу залежить від стаціонарності результатів оцінювання якості технологічних процесів. У випадку стаціонарності оцінювання якості технологічних процесів пропонується застосовувати теорію ланцюгів Маркова. У випадку не стаціонарності процесу пропонується застосовувати програмні засоби нейронних мереж.

**7. Дотримання академічної доброчесності.** За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Наявні запозичення – це надруковані праці здобувача, які мають відповідні посилання у тексті.

**8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.**

1. На С.44, 56 розміщені невідредаговані вставки аналізу концепції ризику без посилання на джерело.

2. У гл. 1.2 значна увага надана лінгвістичному аналізу поняття «ризик», який далі в роботі не використовується.

3. У гл. 1.4 (С.54-59) значна увага надана економічному аналізу поняття «ризик», який далі в роботі не використовується.

4. При виведенні математичної моделі кваліметричної методики оцінювання формули (2.11-2.13) дублюються як формули (2.14), (2.15), (2.18), (2.23), що можна замінити відповідним посиланням.

5. На С.87 невірне посилання на формули (2.1-2.5) замість (2.23-2.27).

6. У підписі рис.2.6 (С.92) має бути посилання на формулу (2.30).

7. На рисунках 2.12-2.22 відсутній графічний вид залежностей.

8. На С.120 відсутні в переліку джерела [10. 11. 12], на які зроблені посилання.

9. Посилання як на авторські формули (2.13), (2.14) на С.121 невідповідне, оскільки адресує до запозичених.

10. Є розбіжність у поданій оцінці зменшення розкиду оцінок показників якості на 18% (С.147) чи на 16% (С.149)?

11. На С.152 (перший абзац) відсутнє посилання на джерело наведених даних та його неповний переклад.

12. На С.155 відсутнє значення, запозичене з джерела [9].

13. У гл.4.1 (С.158) стверджено, що наявність автокореляції та трендів визначає нестационарність процесів у часі та веде до певної неправомірності використання класичних статистичних методів для прогнозування якості продукції. Для отримання достовірних прогнозів необхідно враховувати істотний вплив автокореляції та використовувати різні процедури згладжування часових рядів досліджуваних показників з метою виділення регулярної складової часового ряду. Чи не буде це суперечити умові стаціонарності для застосування ланцюгів Маркова при оцінюванні якості запропонованою методикою?

14. На С.166 відсутній п'ятий етап методу прогнозування ризиків якості технологічного процесу з використанням нейронної мережі.

15. У тексті гл.4.3 і в таблиці 4.1 результати вимірювання усіх послідовно оброблюваних деталей подані без одиниці вимірювання.

16. На С.175 є посилання на ненаведений рисунок 13.2.

17. Із тексту четвертого розділу незрозуміло, чим обґрунтоване вказання у висновках до розділу значення верхньої межі достовірності прогнозної оцінки стабільності та точності технологічних процесів механічної обробки деталей типу вал 96 %?

18. У тексті доволі часто трапляються лексичні, стилістичні та синтаксичні помилки, також помічені одруки, що впливає на сприйняття тексту.

Наведені дискусійні положення та зауваження не є домінуючими і не зменшують вартості роботи, її наукової цінності, актуальності та практичного значення і не впливають на позитивну оцінку проведеного дослідження.

## **9. Загальний висновок.**

Дисертаційна робота здобувача БАГАЄВА Ігоря Олександровича на тему «Удосконалення кваліметричних методів оцінювання ризиків якості технологічних процесів з застосуванням інформаційних технологій» на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 15 –

Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка, є актуальною науковою роботою, яка повністю відповідає «Вимогам до оформлення дисертації», що затверджені наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», що затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Зазначений доробок є вагомою підставою для присудження здобувачу БАГАЄВУ Ігорю Олександровичу наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

Офіційний опонент –

доктор технічних наук, доцент,  
начальник метрологічного центру,  
державного підприємства  
«Львівський науково-виробничий  
центр стандартизації, метрології та  
сертифікації»

Юрій РУДИК

ПРОТОКОЛ  
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 10:23:57 12.04.2025

Назва файлу з підписом: Багаєв відгук опонента РудикF.pdf.p7s  
Розмір файлу з підписом: 325.2 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Багаєв відгук опонента РудикF.pdf  
Розмір файлу без підпису: 308.0 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: РУДИК ЮРІЙ ІВАНОВИЧ

П.І.Б.: РУДИК ЮРІЙ ІВАНОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 2643316317

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 10:23:56 12.04.2025

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F0400000044D54F0121F80E06

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CAdES enveloped)

Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAdES-X Long)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2025.02.05 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Харківського національного університету  
імені В.Н. Каразіна, доктору фізико-  
математичних наук, професору,  
професору кафедри інформаційних  
комп'ютерних технологій і математики  
Навчально-наукового інституту  
«Українська інженерно-педагогічна  
академія» Харківського національного  
університету імені В.Н. Каразіна  
**Нечуйвітер Олесі Петрівні**

## **ВІДГУК**

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, професора кафедри інформаційних технологій Уманського національного університету садівництва КУЧЕРУКА Володимира Юрійовича на дисертаційну роботу БАГАЄВА Ігоря Олександровича на тему «Удосконалення кваліметричних методів оцінювання ризиків якості технологічних процесів з застосуванням інформаційних технологій», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 152 – метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка у галузі знань 15 – автоматизація та приладобудування

**1. Обґрунтування вибору теми.** Рівень розвитку суспільного виробництва, добробут нації та конкурентоспроможність країни залежать від якості продукції, послуг і соціально-економічних систем (освіта, медицина, безпека тощо). Якість продукції визначається ефективністю технологічних процесів, які мають ризики відхилення від нормативних показників.

Концепція ризику вивчається різними науками, зокрема теорією ймовірностей, математичною статистикою, економікою та медициною. Ризик можна аналізувати як суспільне явище або з прикладної точки зору, оцінюючи конкретні процеси.

У кваліметрії важливо встановити залежність між показниками якості та їх оцінкою на безрозмірній шкалі, що не завжди є лінійною. Для управління якістю застосовуються статистичні методи, а також аналіз ризику, який допомагає оцінити наслідки, ймовірності та ефективність контролю.

Не завжди можливий повний кількісний аналіз через брак даних або високу вартість досліджень, тому використовують якісне ранжування ризиків. Оцінювання ризиків виробництва є новим підходом в економіці, де пропонуються кваліметричні методи та логістична функція для розрахунку безрозмірних показників якості.

Процеси можна описати часовими рядами, які мають характеристики випадкових процесів (наприклад, стаціонарність). Важливим науковим

завданням є розробка методів оцінки ризиків технологічних процесів залежно від їх стаціонарності, з використанням сучасних інформаційних технологій.

Розширення методів оцінки ризиків сприятиме прийняттю оптимальних рішень для конкретних завдань.

**2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності та якості оформлення.** У структурному плані дисертація складається з вступу, чотирьох основних розділів, висновків, переліку використаних джерел (окремо виділено авторські публікації та здобутки) та двох додатків.

Загальний обсяг роботи становить 192 сторінки, з яких основна частина, що включає текст, ілюстрації та таблиці, займає 148 сторінок. Матеріал супроводжується 46 рисунками та 10 таблицями.

Список використаних джерел налічує 149 позицій. У додатку А представлено 15 наукових публікацій автора, серед яких одна - у рецензованому виданні категорії А (Scopus), та сім - у виданнях, що входять до переліку категорії Б. Додаток Б містить документи, що підтверджують впровадження основних результатів дослідження в діяльність ТОВ «Орган з оцінки відповідності «ПРОМСТАНДАРТ»» та в освітній процес Української інженерно-педагогічної академії.

У вступі подано обґрунтування вибору теми дослідження, подано установчі основи проведеного дослідження.

У першому розділі наведено інформаційне трактування ризику та невизначеності, сформульована концепція ризику, її походження, проведено огляд сучасних методів оцінювання ризиків, проведено аналіз підходів до трактування змісту поняття ризику якості продукції.

У другому розділі розглянуті існуючі лінійні та нелінійні залежності функції якості, які застосовуються у кваліметрії, описані їх переваги та недоліки. Запропоновано дослідити та застосовувати логістичну функцію для отримання оцінок одиничних показників якості будь-яких об'єктів кваліметрії на безрозмірній шкалі. Це дає змогу отримувати математичну залежність, що забезпечує оцінки показників якості на безрозмірній шкалі, незалежно від природи об'єкту кваліметрії. Як об'єкт кваліметрії приведено приклад показників якості одного із процесів олійного виробництва. Вибраний процес - «Надходження соняшника на підприємство». Також розглянуто результати застосування запропонованих методів оцінювання діяльності кафедр університету, з метою подальшого управління.

В третьому розділі розглядається можливість застосування методів прогнозування на основі ланцюгів Маркова, що дає можливість отримати якісні прогнози для лінійних та нелінійних технологічних процесів. Запропоновано досліджувати метод автоматичного виготовлення виробів, оскільки планується застосовувати методи математичної статистики для прогнозування якості технологічних процесів. Розроблені методика та програмне забезпечення для

передбачення похибки виробництва на конкретного технологічного процесу перехідна матриця виявилася обмеженою (9-12 кроків). Це означає, що передбачення на 9 кроків вперед мало корисної інформації для системи управління якістю. Тому в умовах такої обмеженої якості виробництва доцільно проводити прогноз лише на 4-5 кроків вперед.

В четвертому розділі за результатами обчислювальних експериментів доведено, що застосування розроблених нейромережових моделей дозволяє отримати прогнозні оцінки стабільності та точності технологічних процесів механічної обробки деталей типу вал з достовірністю 90%–96%. Розроблені нейромережові моделі можуть бути використані в автоматизованих системах для формування керуючого впливу та попередження відхилень параметрів деталей від регламентованих значень в режимі онлайн під час управління точністю процесу механічної обробки деталей.

Висновки і рекомендації виробництву, наведені в дисертації, відповідають результатам досліджень. Їхня вірогідність ґрунтується на обраних методиках проведення досліджень, підтверджена відповідними показниками статистичного аналізу. Список використаних джерел охоплює сучасні праці вітчизняних та закордонних дослідників і підтверджує, що здобувач ознайомлений з сучасними здобутками у даній галузі та опціонально використовує їх у своїх дослідженнях.

Отже, дисертація БАГАЄВА Ігоря Олександровича є завершеною науковою працею, яка за змістом і оформленням відповідає вимогам “Порядку присудження ступеня доктора філософії” (Постанова Кабінету Міністрів України від 12.01 2022 р. № 44) та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

**3. Зв’язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.** Дисертаційна робота виконана в рамках наукових досліджень Української інженерно-педагогічної академії, зокрема за темами: «Удосконалення кваліметричних методів оцінювання ризиків при забезпеченні якості виробів медичного призначення» (ДР № 0122U200930); «Удосконалення кваліметричних методів оцінювання безпеки та гігієни праці на промисловому підприємстві» (ДР №0119U101873); «Адаптація та передача методики здійснення діяльності щодо оцінки відповідності у сфері дії технічних регламентів та методик здійснення діяльності щодо стандартів» (НДР №23-01, НДР №24-01).

**4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.** Обґрунтованість наукових положень дисертації підтверджується 15 науковими працями здобувача, у тому числі 1 статтею в журналі, що входить у наукометричну базу Scopus. Положення дисертаційної роботи пройшли апробацію на 7 наукових конференціях і семінарах. Як зазначено у третьому пункті відгуку, роботу виконано в рамках

наукових досліджень Української інженерно-педагогічної академії, при роботі у яких здобувач отримав досвід проведення наукових досліджень. Практичну складову досліджень впроваджено у навчальному процесі Української інженерно-педагогічної академії, а також в ТОВ «Орган з оцінки відповідності «ПромСтандарт». Вищевказане дозволяє зробити висновок про достатню обґрунтованість і достовірність представлених у дисертаційній роботі наукових положень і висновків.

**5. Основні наукові результати, отримані здобувачем та їх наукова новизна.** До основних результатів дисертаційного дослідження, які визначають ступінь і характер наукової новизни, належать:

- Вперше отримано функціональну залежність між дійсними значеннями показників якості технологічного процесу та їх оцінками на безрозмірній шкалі яка, на відміну від існуючих, не потребує застосування експертних методів та побудована на геометричному принципі ділення відрізка у заданому відношенні.

- Вперше розроблено метод оцінювання ризиків виготовлення продукції низької якості з використанням запропонованої функціональної залежності та теорії ланцюгів Маркова який, на відміну від існуючих, дозволяють отримати імовірність знаходження оцінок показників якості у заданих зонах регулювання.

- Вперше розроблено метод оцінювання ризиків виготовлення продукції низької якості на основі застосування методів штучного інтелекту та використання запропонованої функціональної залежності та, на відміну від існуючих, дозволяють прогнозувати знаходження оцінок показників якості у заданих зонах регулювання.

**6. Практичне значення отриманих результатів.** Практична значущість отриманих результатів полягає в тому, що в роботі запропоновано нову функціональну залежність між фактичними значеннями параметрів будь-якого технологічного процесу та їх оцінками. Це дало змогу розробити два підходи до оцінювання ризику виготовлення продукції неналежної якості. Розроблені методи мають універсальний характер, оскільки їх можна адаптувати до різних типів технологічних процесів. Вибір конкретного методу залежить від того, чи є процес оцінювання якості стаціонарним. У разі стаціонарного характеру оцінювання доцільно застосовувати апарат теорії марковських ланцюгів. Якщо ж процес не є стаціонарним, ефективним є використання засобів штучного інтелекту.

Теоретичні положення та результати експериментальних досліджень були впроваджені на підприємстві ТОВ «ООВ ПРОМСТАНДАРТ». Його фахівці протестували розроблену методику оцінювання якості функціонування процесів у системі управління якістю з використанням кваліметричних підходів, відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 9001:2015. Також апробовано методику прогнозування оцінок якості соціально-економічних процесів. У

випадках, коли показники якості процесу мають властивості стаціонарності, випадковості та ергодичності, для прогнозування їх динаміки пропонується використовувати теорію марковських ланцюгів. Цей підхід дозволяє на основі статистичних даних будувати прогнози на кілька етапів уперед. Запропонована методика є універсальною, оскільки може застосовуватись як для оцінювання, так і для корегування якості функціонування різних технологічних процесів і систем.

Окрім того, результати проведених наукових досліджень впроваджені в навчальний процес Української інженерно-педагогічної академії.

**7. Дотримання академічної доброчесності.** За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Наявні запозичення – це надруковані праці здобувача, які мають відповідні посилання у тексті.

#### **8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.**

1. В першому розділі наводиться багато історичних відомостей про трактування поняття «ризик», які не мають безпосереднього відношення до мети роботи.

2. У першому розділі слід більше уваги приділити огляду і аналізу існуючих кваліметричних підходів до оцінювання якості продукції.

3. На сторінці 113 вказується, що «логістична функція особливо підходить там, де загальна кількість має верхню межу...», але не пояснюється, як це пов'язано із оцінкою якості в кваліметрії.

4. Технологічні процеси часто залежать від багатьох змінних (наприклад, температури, вологості, зношування обладнання, зміни в сировині, помилки персоналу). Не зрозуміло, як це враховано в перехідній матриці?

5. Не обґрунтовано використовуваний тип нейронної мережі (наприклад, багатошарова перцептронна мережа або рекурентна мережа).

6. Не описані методи очищення, нормалізації та обробки даних перед подачею їх до нейромережі.

7. Відсутня інформація про період випередження прогнозу, що критично важливо для оцінки точності методу прогнозування.

8. Не вказано, який алгоритм навчання використовується (наприклад, зворотне поширення помилки, градієнтний спуск).

9. Не зазначено, як оцінюється якість навчання мережі – чи використовується тестова вибірка або метрики точності прогнозу (MSE, RMSE).

10. Не зазначено, чи враховує метод прогнозування на основі нейромережі можливість зміни технологічного процесу, тобто чи зможе нейромережа адаптуватись до нових умов виробництва без повного перенавчання.

Наведені дискусійні положення та зауваження не є принциповими і жодним чином не зменшують високої оцінки роботи, її наукової цінності,

актуальності та практичного значення і ніяким чином не впливатимуть на позитивну оцінку проведеного дослідження.

### **9. Загальний висновок.**

Дисертаційна робота здобувача БАГАЄВА Ігоря Олександровича на тему «Удосконалення кваліметричних методів оцінювання ризиків якості технологічних процесів з застосуванням інформаційних технологій», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка, є актуальною науковою роботою, яка повністю відповідає «Вимогам до оформлення дисертації», що затверджені наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», що затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Зазначений доробок є вагомим підставою для присудження здобувачу БАГАЄВУ Ігорю Олександровичу наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

Офіційний опонент –  
доктор технічних наук,  
професор, професор кафедри  
інформаційних технологій  
Уманського національного  
університету садівництва

Володимир КУЧЕРУК

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ  
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 22:33:40 08.04.2025

Назва файлу з підписом: Відгук Багаєв.pdf.asice  
Розмір файлу з підписом: 136.3 КБ

Перевірені файли:  
Назва файлу без підпису: Відгук Багаєв.pdf  
Розмір файлу без підпису: 138.7 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: КУЧЕРУК ВОЛОДИМИР ЮРІЙОВИЧ  
П.І.Б.: КУЧЕРУК ВОЛОДИМИР ЮРІЙОВИЧ  
Країна: Україна  
РНОКПП: 2512604218  
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА  
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 22:33:40 08.04.2025  
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"  
Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000BB431B014E246305  
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145  
Тип підпису: Удосконалений  
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)  
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)  
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2025.02.05 13:00