

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Харківського національного
університету радіоелектроніки

д.т.н., проф.

Юрій РОМАНЕНКОВ

2025 р.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Новоселова Сергія Павловича на тему: «Розподілені самоорганізовані процеси керування інтелектуальним виробництвом на основі інтеграції технології цифрових двійників», поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування

Рецензенти Цимбал О. М., доктор технічних наук, професор, професор кафедри Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки Харківського національного університету радіоелектроніки, Овчаренко В. Є., доктор технічних наук, професор, професор кафедри Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки Харківського національного університету радіоелектроніки, Ромашов Ю. В., доктор технічних наук, доцент, професор кафедри Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки Харківського національного університету радіоелектроніки, що призначені Вченою радою університету (протокол №5/5 від 31.03.2025р.), розглянувши дисертацію к.т.н., доц., проф. кафедри Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки Новоселова Сергія Павловича та наукові публікації, в яких висвітлені основні наукові результати дисертації, а також за результатами фахового семінару на базі кафедри КІТАР, яка визначена як профільна Вченою радою університету, підготували висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів докторської дисертації.

1. Актуальність теми дослідження

Актуальність даного дослідження полягає в необхідності підвищення ефективності виробничих процесів на інтелектуальних виробництвах за рахунок впровадження цифрових двійників в автоматизовану систему керування технологічними процесами. Використання технології промислового Інтернету речей в інтеграції з сучасними технологіями зв'язку та обробки великих даних в хмарному середовищі дає можливість

впровадити розподілену систему управління інтелектуальним виробництвом для відповідності концепції Industry 4.0 та Industry 5.0. Технологія цифрових двійників передбачає створення віртуальної моделі фізичного об'єкту, процесу або системи, яка може бути використана для моделювання, моніторингу, тестування та прогнозування можливого розвитку подій на основі інформації від розподіленої мережі сенсорів технологічного обладнання.

Успішне впровадження технології цифрових двійників в інтелектуальне виробництво у сполученні з хмарними обчисленнями та машинним навчанням спрямоване на досягнення цілей сталого розвитку, що наближає галузь індустрії до людини, щоб задовольнити потреби сучасного покоління без шкоди для майбутніх поколінь.

Цифрові двійники в інтелектуальному виробництві використовуються для вирішення великої кількості задач, серед яких можна виділити наступні: моніторинг стану технологічного процесу; моделювання та оптимізацію виробничого процесу; оптимізація технологічного процесу та прогнозування його стану для запобігання відмовам обладнання, а також підвищення ефективності та якості виробництва. Також цифровий двійник може бути використаний для оптимізації роботи кіберфізичної системи шляхом моделювання її поведінки та виявлення областей, де можна застосувати запропоновані ним вдосконалення.

Проблема розбіжності поведінки фізичної системи та моделі цифрового двійника є критичною в процесі орієнтації архітектури організації інтелектуального виробництва на інтеграцію з технологіями хмарних обчислень. Автоматизована виробнича система має ряд особливостей, що пов'язані зі змінами її властивостей в процесі експлуатації. Цифрова модель технологічних процесів та обладнання в більшості випадків є ідеальною та не враховує процеси старіння обладнання, вплив зовнішніх факторів, сезонні зміни логістичних маршрутів, та інше. В реальних умовах застосування архітектури розподілених систем управління ТП можна спостерігати розбіжності в реакціях фізичної системи та моделі цифрового двійника.

Одним з рішень даної проблеми є створення механізму динамічного оновлення моделі цифрового двійника для зменшення похибки в реакції фізичної системи та віртуальної. Оновлення моделі цифрового двійника в реальному часі розглядається в роботі, як задача її оптимізації.

Таким чином, впровадження цифрових двійників в автоматизовану систему керування технологічними процесами дозволить підвищити ефективність виробничих процесів на інтелектуальних виробництвах.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами та темами

Дисертаційна робота виконувалась автором на кафедрі комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки Харківського національного університету радіоелектроніки. Результати роботи знайшли своє відображення в держбюджетній науково-дослідній роботі

«Інтелектуальна багатоцільова мобільна робототехнічна платформа з удосконаленими маніпуляційними можливостями» (№ ДР 0121U109909); «Дослідження та проектування системи дистанційного керування для модернізації бульдозера Caterpillar D6 Dozer D6 LGP для виконання задач з гуманітарного розмінування» (Договір 24-01); «Модернізація системи дистанційного керування бульдозерам Caterpillar D6 Dozer D6 LGP для виконання задач з гуманітарного розмінування» (Договір 24-06); «Автоматизована система підбору компонентів холодильного обладнання для ПП «Хладоюг сервис»» (Договір 19-07); «Розроблення комплексної системи оперативно-диспетчерського керування виробничим підприємством ТОВ «ЗЕО СОКОЛ»» (Договір 14-04). Здобувач був провідним виконавцем зазначених НДР і є співавтором звітів з НДР.

3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

У дисертаційній роботі вирішено важливу теоретичну проблему зі створення нових ефективних методів децентралізованого управління виробничими процесами із застосуванням цифрових двійників, а саме, застосування автономних незалежних агентів, що самоорганізуються в комплексні структури для вирішення спільної задачі підвищення якості продукції, що виробляється.

У роботі вперше отримані такі наукові результати:

- вперше розроблена модель розподіленої АСК на інтелектуальному виробництві із застосуванням комплексних цифрових двійників, як додаткового компонента загальної системи керування виробничим процесом, що дає змогу забезпечити динамічну реконфігурацію системи керування відповідно до змін виробничих задач, конфігурації обладнання або режимів роботи;

- вперше запропоновано метод адаптивного керування технологічними процесами інтелектуального виробництва на основі розподілених кіберфізичних систем із застосуванням технології розповсюдження сигналів погодження, що надає можливість автономним агентам узгоджувати свої цілі, обмінюватись даними в реальному часі та колективно оптимізувати увесь виробничий процес;

- вперше запропоновано застосування методу децентралізованого управління кіберфізичною системою на основі розподілених контролерів що дає змогу описати реальний стан виробничого середовища у випадку, коли результати роботи одного об'єкта керування впливають на параметри роботи іншого;

- знайшов подальшого розвитку метод синхронізації моделі цифрового двійника та виробничого процесу кіберфізичної системи на основі ПД-регуляторів, що надає можливість динамічного оновлення моделі у відповідності до змін параметрів фізичного процесу для підвищення якості продукції, що виробляється;

- дістала подальшого розвитку модель адаптації цифрового двійника під зміни властивостей фізичного об'єкту, що забезпечує підвищення точності віртуальної моделі, адже вона еволюціонує разом з реальним об'єктом в реальному часі;

- удосконалено метод моделювання багатфакторних фізичних процесів за рахунок застосування уніфікованих функціональних модулів, що надає можливість створювати моделі цифрових двійників в різних програмних середовищах та інтегрувати їх у хмарні системи симуляції виробничих процесів;

- удосконалено метод побудови маршруту розповсюдження сигналів в бездротовій розподіленій сенсорній мережі ІоТ пристроїв, що надає можливість вирішення задачі адаптації мережі під динамічні зміни архітектури виробничого процесу на інтелектуальному виробництві.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій забезпечені чіткою постановкою та виконанням завдань, що широко апробовані та достатньо висвітлені в публікаціях. Обґрунтування розвинутих наукових положень базується на глибокому теоретичному аналізі методів децентралізованого управління виробничими процесами із застосуванням цифрових двійників, синхронізації моделей віртуального простору з фізичними процесами в АСК в режимі реального часу, організації обміну даними між інтелектуальними засобами автоматизації в розподіленому виробничому середовищі. Достовірність наукових положень та зроблених висновків підтверджується узгодженістю теоретичних досліджень та моделювання з отриманими результатами експериментів на реальних даних, а також впровадженням результатів дисертаційного дослідження на реальних об'єктах.

5. Практичне значення отриманих результатів роботи

Практичне значення отриманих теоретичних результатів дисертаційної роботи полягає у вирішенні проблеми самоорганізації автономних агентів в процесі виконання спільної виробничої задачі з впровадженням нових методів побудови розподілених систем керування виробничими процесами з використанням цифрових двійників в якості додаткового компонента загальної системи управління.

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані для вирішення широкого класу прикладних завдань і, перш за все, задач побудови розподіленої сенсорної мережі в системі зв'язку між засобами ІоТ, побудови складних програмно-технічних комплексів з використанням цифрових моделей засобів автоматизації та виробничих процесів в якості функціональних макетних блоків.

Розроблені методи моделювання виробничого обладнання у вигляді цифрового двійника роботизованого маніпулятора застосовані в процесі виконання держбюджетної теми № ДР 0121U109909 «інтелектуальна багатоцільова мобільна робототехнічна платформа з удосконаленими маніпуляційними можливостями». Виконана апробація запропонованого методу синхронізації рухів фізичного пристрою і віртуальної цифрової моделі. Отримані результати показали працездатність розробленого методу. Знайшов реалізацію метод локального позиціонування на основі визначення положення автономного транспортного робота по відношенню до розподіленої мережі базових станцій у виробничому приміщенні. Для керування рухом мобільної платформи використано метод розподіленого управління виконавчими пристроями та збирання даних з сенсорів автоматизованої системи. Побудова траєкторії руху автономного мобільного робота базується на застосуванні методу хмарних обчислень.

Запропоновані методи довели свою ефективність при створенні автоматизованої системи підбору компонентів холодильного обладнання для ПП «Хладоюг сервис» (Договір НДР 19-07). Для розрахунку діаграми робочого циклу (енталпії) використовується метод моделювання багатофакторних фізичних процесів за рахунок застосування уніфікованих функціональних модулів, що надає можливість створювати моделі цифрових двійників холодильних компресорів та інтегрувати їх у програмну систему симуляції процесів охолодження.

Результати досліджень використані при побудові розподіленої системи управління спеціальною технікою для вирішення задач гуманітарного розмінування (Договори НДР 24-01 та 24-06). Запропоновані результати дозволили реалізувати модульну систему управління автономним безпілотним транспортним засобом та побудувати адаптовану автоматизовану систему підтримки заданих режимів експлуатації.

Методи автоматизації розподілених виробничих процесів показали свою ефективність при розробленні комплексної системи оперативно-диспетчерського керування виробничим підприємством ТОВ «ЗЕО СОКОЛ» (Договори НДР 14-04). Запропонований метод розподіленого керування об'єктами промислової автоматизації, який побудований відповідно до вимог концепції Індустрії 4.0, дозволив ефективно розподіляти матеріальні і людські ресурси підприємства і вирішити задачу оптимального завантаження паралельних виробничих процесів. Запропонований алгоритм роботи програмного засобу для автоматизації роботи відділу обліку товарів дозволив ефективно розподіляти ТМЦ між різними технологічними процесами. Запропонований метод автоматизації обліку технологічних операцій на виробничому підприємстві дозволяє здійснювати моніторинг операцій в режимі реального часу, забезпечуючи актуальну інформацію про статус виконання кожного етапу виробництва, використання ресурсів та завантаження обладнання. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти відхилення, оптимізувати розподіл ресурсів і підвищувати загальну ефективність функціонування виробничої системи.

Розроблено програмну систему імітаційного моделювання виробничих процесів на основі цифрових двійників технічних засобів автоматизації для використання під час підготовки здобувачів вищої освіти. Отримані теоретичні та практичні результати роботи використовуються в освітньому процесі для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти спеціальностей 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» і 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», в тому числі при підготовці бакалаврських і магістерських кваліфікаційних робіт.

Цифрові двійники стали основою конкурсної роботи «Досвід розроблення та впровадження віртуальних лабораторних макетів в навчальний процес для ефективного забезпечення змішаного навчання» у 2023 році, яка отримала Гран-прі у номінації «Імплементация онлайн інструментів для ефективного впровадження змішаного навчання в закладах вищої освіти» на Міжнародній онлайн виставці «Освіта та кар'єра – День студента 2023», а ХНУРЕ був відзначений Почесним званням «Лідер наукової та науково-технічної діяльності».

Опубліковано три навчальних посібники: «Застосування цифрових двійників технічних засобів автоматизації для розроблення програмно-технічних комплексів АСУ ТП»; «Node-RED та технологія промислового Інтернету речей»; «Промислові мережі та компоненти АСУ ТП». Посібник «Застосування Цифрових двійників технічних засобів автоматизації для розроблення програмно-технічних комплексів АСУ ТП» став лауреатом конкурсу Національної академії наук вищої освіти України «Краще видання 2024 року».

6. Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих наукових працях

Дисертація Новоселова С. П. містить отримані особисто здобувачем науково обґрунтовані результати, а кількість та якість наукових праць, опублікованих за його матеріалами, відповідають наказу МОН України №1220 від 23.09.2019 року «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук».

За результатами досліджень опубліковано 55 наукових праць, серед яких: 6 розділів в колективних монографіях, що видано за кордоном; 4 авторських свідоцтва; 19 статей у періодичних фахових виданнях з технічних наук, 4 з яких проіндексовано у наукометричній базі Scopus, 1 стаття категорії «А», 12 статей категорії «Б», 3 статті у періодичних виданнях країн Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), 1 стаття у закордонному виданні; 1 вітчизняна монографія, 25 доповідей у матеріалах міжнародних конференцій, 13 з яких включено до наукометричних міжнародних баз Scopus, Web of Science.

Список публікацій здобувача, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. H. Kuchuk, Y. Husieva, **S. Novoselov**, D. Lysytsia, and H. Krykhovetskyi, "Load Balancing of the Layers IoT FOG-Cloud Support Network," *Advanced Information Systems*, 2025, Vol. 9 (1), pp. 91-98, ISSN 2522-9052, DOI: 10.20998/2522-9052.2025.1.11 (Scopus, категорія «Б»).

2. I. Nevliudov, **S. Novoselov**, O. Sychova, V. Gopejenko, and N. Kosenko, "Decentralized Information Systems in Intelligent Manufacturing Management Tasks," *Advanced Information Systems*, 2024, Vol. 8 (3), pp. 100-110, ISSN 2522-9052, DOI: 10.20998/2522-9052.2024.3.12 (Scopus, категорія «Б»).

3. I. Nevliudov, **S. Novoselov**, and O. Sychova, "Modeling and Practical Implementation of the Optimal Wireless Security Gateway for the Industrial Automation Network," *Serbian Journal of Electrical Engineering*, 2022, Vol. 19 (3), pp. 303-327, eISSN 2217-7183, DOI: 10.2298/SJEE2203303N (Scopus).

4. I. Nevliudov, **S. Novoselov**, and A. Resnichenko, "Experimental Verification of Theoretical Foundations Making the Basis of the Substrate Roughness Surface Automated Control Technology," *Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika)*, 2012, Vol. 71 (19), pp. 1791-1799, ISSN 1943-6009, DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v71.i19.80 (Scopus).

5. **S. Novoselov**, O. Sychova, "Automation of the Group Formation Process for Education Applicants to Study Elective Educational Components," *Decision support systems in project and program management*, Collective monograph, Riga, ISMA, 2024, pp. 175-187, ISBN 978-9984-891-33-0, DOI: 10.30837/MMP.2024.175 (Розділ в колективній монографії).

6. I. Nevliudov, **S. Novoselov**, O. Klymenko, and M. Vzhesnievskyi, "Software Implementation of the Conveyor Digital Twin of the Technological Line," *Information systems in project and program management*, Collective monograph, Riga, ISMA, 2023, pp. 240-250, ISBN 978-9984-891-22-4, DOI: 10.30837/MMP.2023.240 (Розділ в колективній монографії).

7. **S. Novoselov**, O. Sychova, "Technology of Using Digital Twins in the Control of Industrial Equipment," *Information systems in project and program management*, Collective monograph, Riga, ISMA, 2023, pp. 281-289, ISBN 978-9984-891-22-4, DOI: 10.30837/MMP.2023.281 (Розділ в колективній монографії).

8. **S. Novoselov**, I. Nevliudov, "Technology of Distributed Management of Production Processes with the Use of a Service-Oriented Approach," *Innovative integrated computer systems in strategic project management*, Collective monograph, Riga, 2022, pp. 124-138, ISBN: 978-9984-891-24-8, DOI: 10.30837/MMP.2022.124 (Розділ в колективній монографії).

9. **S. Novoselov**, O. Sychova, and S. Tesliuk, "Multiflowed Software Motion Control Technology for a Two-Link Manipulator with four Degrees of Freedom," *Innovative integrated computer systems in strategic project management*, Collective monograph, Riga, ISMA, 2022, pp. 151-163, ISBN: 978-

9984-891-24-8, DOI: 10.30837/MMP.2022.151 (Розділ в колективній монографії).

10. I. Nevliudov, I. Zharikova, **S. Novoselov**, V. Nevliudova, "Determination of destruction conditions for substrates of flexible printed structures," *Theoretical and scientific foundations in research in Engineering*, Collective monograph, Boston, Primedia eLaunch, 2022, pp. 280-287, DOI: 10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.1 (Розділ в колективній монографії).

11. *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №92635* Програмний засіб управління рухом роботизованої платформи на основі міток з QR-кодом для автоматизації складських приміщень, автори: **Новоселов С.П.**, Теслюк С.І., Сичова О.В., Дата реєстрації 08.10.2019 р.

12. *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №90957* Комп'ютерна програма «Програмний засіб для автоматизації відділу обліку товарів», автори: **Новоселов С.П.**, Роменський В.І., Теслюк С.І., Дата реєстрації 23.07.2019 р.

13. *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №80304* Комп'ютерна програма «Автоматизація обліку технологічних операцій», автори: Невлюдов І.Ш., **Новоселов С.П.**, Сичова О.В., Донсков О.М. Дата реєстрації 16.07.2018 р.

14. *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №80305* Комп'ютерна програма «Автоматизація обліку співробітників на виробництві», автори: Невлюдов І.Ш., **Новоселов С.П.**, Сичова О.В., Донсков О.М. Дата реєстрації 16.07.2018 р.

15. **S. Novoselov**, I. Lobanova, "Modeling Principles of Multi-Agent Control Automated Assembly site of CEA," *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2011, Vol. 3/3(51), pp. 26-29, DOI: 10.15587/1729-4061.2011.1508 (Категорія «А», з 2015 р. індексується наукометричною базою Scopus).

16. I. Nevlyudov, **S. Novoselov**, and O. Sychova, "Method of Decentralized Control of Technological Processes in Intelligent Manufacturing," *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 2025, Vol. 1 (31), pp. 166-179, DOI: 10.30837/2522-9818.2025.1.166 (Категорія «Б»).

17. I. Nevlyudov, **S. Novoselov**, and K. Sukhachov, "Method of Simultaneous Localization and Mapping for Construction of 2.5D Maps of the Environment Using ROS," *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, 2023, Vol. 2 (24), pp. 145-160, DOI: 10.30837/ITSSI.2023.24.145 (Категорія «Б»).

18. I. Nevliudov, **S. Novoselov**, O. Sychova, and S. Tesliuk, "Determining the Coordinates of a Mobile Robot in an Industrial Space Using BLE Technology Based on RSSI Data Received from Base Stations," *Radiotekhnika*, 2022, Vol. 2 (209), pp. 185-191, DOI: 10.30837/rt.2022.2.209.18 (Категорія «Б»).

19. I. Nevlyudov, **S. Novoselov**, and O. Sychova, "Development and Study of the Operation of the Module for Determining the Orientation of the Manipulator Joint," *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, 2022, Vol. 2 (20), pp. 86-96, DOI: 10.30837/ITSSI.2022.20.086 (Категорія «Б»).

20. I. Nevliudov, V. Yevsieiev, N. Demska, and **S. Novoselov**, "Development of a Software Module for Operational Dispatch Control of Production Based on Cyber-Physical Control Systems", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 2020, Vol. 4 (14), pp. 155-168, ISSN 2524-2296, DOI: 10.30837/ITSSI.2020.14.155 (Категорія «Б»).

21. Невлюдов І.ІІІ., Демська Н.П., Разумов-Фризюк Є.А., **Новоселов С.П.** Контроль якості електричних міжз'єднань гнучких структур. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*, 2020, 1 (63), с. 103-112. DOI: 10.30748/zhups.2020.63.14. (Категорія «Б»).

22. **S. Novoselov**, O. Sychova, S. Tesliuk, and I. Hrinchenko, "Analysis of Industrial Automation Objects Interaction Using Internet of Things Technology," *Control, Navigation and Communication Systems*, Poltava, 2017, Vol. 2 (42), pp. 43-45, ISSN: 2073-7394 (Категорія «Б»).

23. **Новоселов С. П.**, Дудченко С. С. Дослідження методів динамічного спостереження за об'єктом на території, що охороняється за допомогою розподіленої системи відеоспостереження. *Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*, 2013, 26 (999), с. 44-48, ISSN 2079.5459 (Категорія «Б»).

24. **S. Novoselov**, E. Rak, "The Method of Constructing the Routing Tables for Wireless Sensor Networks," *Technology Audit and Production Reserves*, 2013, Vol. 2 (1(10)), pp. 42-44, DOI: 10.15587/2312-8372.2013.12958 (Категорія «Б»).

25. **S. Novoselov**, I. Lobanova, "The Investigation of Methods of REA Assembly areas Multiagent Control," *Radiotekhnika*, 2011, Vol. 164, pp. 139-143, (Категорія «Б»).

26. I. Nevliudov, **S. Novoselov**, and O. Sychova, "Control Automation of Assembly Operations Using a Computer Vision System in Intelligent Production," *Journal of natural sciences and technologies*, 2023, Vol. 2 (2), pp. 173-182, DOI: 10.5281/zenodo.8098567 (Стамбул, Туреччина, країна ОЕСР).

27. I. Nevliudov, S. Omarov, S. Tesliuk, **S. Novoselov**, and O. Sychova, "Robot Group Interaction Technology Using a Cloud Server," *Journal of Natural Sciences and Technologies*, 2023, Vol. 1 (1), pp. 85-92 (Стамбул, Туреччина, країна ОЕСР).

28. I. Nevlyudov, **S. Novoselov**, O. Klymenko, and M. Vzhesnievskyi, "Design and Study of Gateway Operating Modes for Industrial Intern of Things," *International independent scientific journal*, 2021, Vol. 33, pp. 75-78 (Краків, Польща, країна ОЕСР).

29. I. Nevludov, M. Omarov, **S. Novoselov**, "Modeling and Selection of Optimal Parameters of Security Gateways to Protect Industrial Equipment from Cyberattacks," *Journal of Modern Technology and Engineering*, 2021, Vol. 6 (3), pp. 219-229 (Баку, Азербайджан).

30. Невлюдов І. ІІІ., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., **Новоселов С. П.**, Демська Н. П. Проектування мобільних маніпуляційних роботів: Монографія. – Х. : 2022. – 427 с. (Монографія).

31. O. Filipenko, O. Sychova, and **S. Novoselov**, "Modeling, decision support, and software for automated positioning of photonic crystal fiber," 2024

Proc. SPIE, Sixteenth International Conference on Correlation Optics, Vol. 12938 (1293806), 2024, DOI: 10.1117/12.3008982 (Scopus).

32. I. Nevliudov, **S. Novoselov**, O. Sychova, D. Mospan and O. Klymenko, "Modeling of a Decentralized System for Maintenance of Production Equipment Based on Transport Robots," 2023 *IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*, Kremenchuk, Ukraine, 2023, pp. 1-6, DOI: 10.1109/MEES61502.2023.10402485 (Scopus).

33. I. Nevliudov, **S. Novoselov**, O. Sychova and D. Mospan, "Multithreaded Software Control of Industrial Manipulator Movement," 2022 *IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*, Kremenchuk, Ukraine, 2022, pp. 1-6, DOI: 10.1109/MEES58014.2022.10005675 (Scopus).

34. I. Nevliudov, O. Sychova, O. Reznichenko, **S. Novoselov**, D. Mospan and V. Mospan, "Control System for Agricultural Robot Based on ROS," 2021 *IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*, Kremenchuk, Ukraine, 2021, pp. 1-6, DOI: 10.1109/MEES52427.2021.9598560 (Scopus).

35. I. Nevliudov, **S. Novoselov**, O. Sychova and S. Tesliuk, "Development of the Architecture of the Base Platform Agricultural Robot for Determining the Trajectory Using the Method of Visual Odometry," 2021 *IEEE XVIIth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*, Polyana (Zakarpattya), Ukraine, 2021, pp. 64-68, DOI: 10.1109/MEMSTECH53091.2021.9468008 (Web of Science, Scopus).

36. I. Nevliudov, O. Sychova, A. Andrushevich, **S. Novoselov**, D. Mospan and V. Mospan, "Simulation of the Sensor Network of Base Stations in a Local Positioning System in Intelligent Industries," 2020 *IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*, Kremenchuk, Ukraine, 2020, pp. 1-6, DOI: 10.1109/PAEP49887.2020.9240842 (Scopus).

37. **S. Novoselov** and O. Sychova, "Using Wireless Technology for Managing Distributed Industrial Automation Objects within the Concept of Industry 4.0," 2019 *IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 580-584, DOI: 10.1109/PICST47496.2019.9061333 (Scopus).

38. I. Nevliudov, **S. Novoselov** and O. Sychova, "Development of the Anisotropic Filtration Method for Automated Recognition of Authenticity of Banknotes by their Images," 2019 *IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL)*, Sozopol, Bulgaria, 2019, pp. 484-488, DOI: 10.1109/CAOL46282.2019.9019435 (Web of Science, Scopus).

39. **S. Novoselov**, O. Sychova and S. Tesliuk, "Development of the Method Local Navigation of Mobile Robot a Based on the Tags with QR Code and Wireless Sensor Network," 2019 *IEEE XVth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*, Polyana, Ukraine, 2019, pp. 46-51, DOI: 10.1109/MEMSTECH.2019.8817405 (Web of Science, Scopus).

40. **S. Novoselov**, "Wireless Sensor Network for Communication Between Base Stations in the Local Positioning System," 2018 *International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T)*, Kharkiv, Ukraine, 2018, pp. 383-386, DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632140 (Web of Science, Scopus).

41. **S. Novoselov** and O. Donskov, "Distributed Local Positioning System Using DWM1000 Location Chip," 2017 *4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T)*, Kharkiv, Ukraine, 2017, pp. 489-492, DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2017.8246445 (Web of Science, Scopus).

42. **S. Novoselov** and O. Donskov, "Study of Mobile Device Wireless Control Technology in the Visible Range of the Electromagnetic Radiation," 2016 *Third International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T)*, Kharkiv, Ukraine, 2016, pp. 123-124, DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2016.7905355. (Web of Science, Scopus).

43. I. Zharikova, **S. Novoselov**, V. Nevlyudova and O. Botsman, "Electromagnetic Compatibility Analysis of the Infocommunication Systems Components on the Flexible Structures Basis," 2015 *Second International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T)*, Kharkiv, Ukraine, 2015, pp. 101-103, DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2015.7357282 (Web of Science, Scopus).

44. С. Новоселов, І. Гладков І. Сучасний промисловий інтернет речей та хмарні технології. Виробництво & Мехатронні Системи: матеріали VII-ої Міжнародної конференції, Харків, 19-20 жовтня 2023 р., с 40-42.

45. I. Nevliudov, **S. Novoselov**, and O. Sychova, "A Method of Sorting Parts in an Intelligent Factory Based on a Manipulator with a Pneumatic Gripper in Combination with a Computer Vision System," *VI International Conference on Natural Science and Technologies, (ICONAT)*, 30th May-1st June 2024, Adrasan (Antalya)-Turkiye.

46. I. Nevliudov, **S. Novoselov**, and O. Sychova, "Control Automation of Assembly Operations Using a Computer Vision System in Intelligent Production," *V International Conference on Natural Science and Technologies Sunny Beach-Bulgaria, (ICONAT)*, 1st-3th June 2023, p. 15. ISBN: 978-625-00-1543-8.

47. **Новоселов С. П.**, Сичова О. В. Принцип використання віртуальних приладів в управлінні промисловим обладнанням. *Міжнародна науково-практична конференція «Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проєктами та програмами»*, Коблево, 12-15 вересня 2023 р., с.155-158.

48. **Новоселов С. П.**, Сичова О. В., Теслюк С. І. Багатопотокове програмне керування рухом промислового маніпулятора. *Міжнародна науково-практична конференція "Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проєктами та економіці в умовах воєнного стану"*, Коблево, 13-16 вересня 2022 р., с. 92-95.

49. I. Nevliudov, **S. Novoselov**, and O. Sychova, "Motion Control of the Angular Type Educational Manipulator Using Visual Components," *Challenges*

and Reality of the IT-space: Software Engineering and Cybersecurity. International Conference (SECS), October 25-26th 2022, pp. 72-86.

50. **С. Новоселов, В. Іванов.** Вирішення задачі управління багатоланковим маніпулятором. *Виробництво & Мехатронні Системи: матеріали VIII-ої Міжнародної конференції*, Харків, 25-26 жовтня 2024 р, с. 132-134.

51. **S. Novoselov, O. Sychova,** "Digital Twin of the Educational Equipment "Sorting Station"," *V International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA-2023)*, Kharkiv, Ukraine, June 22-23, 2023, pp. 11-14. DOI: 10.35598/mcfpga.2023.002.

52. **S. Novoselov, O. Sychova, and S. Tesliuk,** "Algorithm for Finding the Optimal Way to Move a Mobile Platform Among Indefinite Obstacles," *IV International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA-2022)*, Kharkiv, Ukraine, June 23-24, 2022, pp. 21-23. DOI: 10.35598/mcfpga.2022.007.

53. **S. Novoselov, O. Sychova, and Y. Pashchenko,** "Automated Module for Product Identification by their Visual Characteristics," *III International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA-2021)*, Kharkiv, Ukraine, June 24-25, 2021, pp. 25-28.

54. **S Novoselov, S. Tesliuk,** "Study of the Method of Information Transfer to LED Matrix According to the ModBus Protocol," *III International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA-2021)*, Kharkiv, Ukraine, June 24-25, 2021, pp. 32-36.

55. **I. Nevludov, S. Novoselov, O. Sychova, and S. Tesliuk,** "Production Workspace Obstacle Avoidancemobile Robot Trajectory Modeling," *Fifth International Scientific and Technical Conference «Computer and information systems and technologies»*, Kharkiv, April 22-23, 2021, pp. 61-62, DOI: 10.30837/csitic52021232778.

7. Особиста участь автора в отриманні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі

Всі наукові і практичні результати отримані автором особисто. У роботах, опублікованих зі співавторами, здобувачеві належать:

[1] – запропоновано метод розрахунку середнього часу відгуку для окремих компонентів різних шарів мережі підтримки IoT для оптимізації процесу розвантаження хмарних обчислень;

[2] – запропоновано метод децентралізованого керування фізичними процесами на інтелектуальному виробництві з незалежними контролерами і виконавчими пристроями;

[3] – запропоновано метод для автоматизації визначення оптимальної конфігурації режимів шлюзу Інтернету речей;

[4] – запропоновано метод реалізації цифрової моделі методу порогового розділення при розпізнаванні та відновлення інтерференційного сигналу відбитого від поверхні функціональної електроніки;

[5] – запропоновано метод автоматичного аналізу та розподілення інформації на основі цифрової моделі об'єкта;

[6] – запропоновано метод створення цифрового двійника конвеєра технологічної лінії для вирішення задачі дистанційного моніторингу стану основних вузлів конвеєра за допомогою середовища розробки технологічного програмного забезпечення Codesys;

[7] – запропоновано метод використання цифрового двійника технологічного обладнання в автоматизованій системі керування;

[8] – запропоновано метод розподіленого управління інтелектуальним виробництвом з використанням веб-сервісів;

[9] – запропоновано метод багатопотокового програмного керування рухом дволанкового маніпулятора з чотирма ступенями вільності.

[10] – розроблено метод та конструкція дослідного стенду автоматизованого тестування гнучких структур, що становлять основу функціональної електроніки, на надійність;

[11] – запропоновано метод управління рухом роботизованої платформи на основі міток з QR-кодом для автоматизації процесу переміщення вантажів в складських приміщеннях;

[12] – запропоновано алгоритм роботи програмного засобу для автоматизації відділу обліку товарів;

[13] – запропоновано метод автоматизації обліку технологічних операцій на виробничому підприємстві;

[14] – запропоновано метод автоматизації обліку співробітників на виробництві;

[15] – запропоновано метод мультиагентного управління розподіленої мережею виконавчих пристроїв, автономних роботів та верстатів з ЧПК із застосуванням технології розповсюдження сигналів погодження, що надає можливість автономним агентам узгоджувати свої цілі, обмінюватись даними в реальному часі та колективно оптимізувати увесь виробничий процес;

[16] – запропонована архітектура розподіленої автоматизованої системи управління технологічним процесом на інтелектуальному заводі з інтеграцією технології промислового інтернету речей та цифрового двійника виробничого процесу;

[17] – запропоновано одночасне використання методів лазерного сканування (2D LRF) та глибинного відтворення зображень (RGB-D) для локалізації інтелектуального робота в виробничому просторі та побудови 2.5D мапи середовища;

[18] – запропоновано метод локального позиціонування мобільного автономного робота в виробничому середовищі із застосуванням технології BLE на основі даних RSSI, отриманих від базових станцій;

[19] – запропоновано метод визначення орієнтації суглобу промислового маніпулятора і дослідження його роботи з метою визначення придатності конструкції для тривалого використання;

[20] – запропоновано метод побудови автоматизованої системи для оперативно-диспетчерського управління виробництвом на основі кіберфізичних систем управління;

[21] – описано результати дослідження застосування методу контроль якості електричних між'єднань гнучких структур для засобів робототехніки;

[22] – запропоновано метод адаптивного керування технологічними процесами інтелектуального виробництва на основі автономних незалежних агентів багатоагентної системи;

[23] – запропоновано метод динамічного спостереження за рухомими об'єктами на виробничій території за допомогою розподіленої системи відеоспостереження;

[24] – запропоновано метод побудови таблиць маршрутизації для бездротових сенсорних мереж;

[25] – запропоновано метод мультиагентного управління ділянкою складання радіоелектронної апаратури на інтелектуальному виробництві;

[26] – запропоновано метод контролю монтажних операцій на конвеєрній лінії інтелектуального виробництва із застосуванням системи комп'ютерного зору;

[27] – запропоновано метод навігації групи роботів за допомогою хмарного сервісу, який збирає інформацію з датчиків роботизованого обладнання та використовує її для побудови карти робочого простору;

[28] – запропоновано метод побудови захищеного шлюзу для розподіленої мережі пристроїв IoT;

[29] – проведено моделювання та запропоновано метод вибору оптимальних параметрів шлюзу безпеки для захисту промислового обладнання від кібератак;

[30] – запропоновано метод управління переміщення мобільного робота спеціального призначення з використанням ROS, запропонована архітектура автоматизованої системи управління мобільним роботом;

[31] – запропонована концептуальна архітектура об'єднання компонентів автоматизованої системи в єдиний апаратно-програмний комплекс, запропоновано алгоритм роботи програми цифрової моделі системи;

[32] – запропоновано метод організації руху інтелектуальних автономних мобільних роботів, який поєднує принцип виділеної смуги руху для транспортних роботів та сітки опорних точок, через які можна прокласти шляхи багатьох можливих траєкторій;

[33] – запропоновано метод застосування незалежних процесів для створення цифрової моделі промислового маніпулятора;

[34] – запропоновано метод децентралізованого управління роботизованою мобільною платформою з використанням ROS;

[35] – запропоновано метод візуальної одометрії для рішення задачі орієнтації мобільної роботизованої платформи в просторі;

[36] – запропоновано метод симуляції розповсюдження сигналу в розподілених бездротових сенсорних мережах;

[37] – запропоновано метод розподіленого керування об'єктами промислової автоматизації, який побудований відповідно до вимог концепції Індустрії 4.0;

[38] – запропоновано використання методу анізотропної фільтрації в процесі розпізнавання зображень;

[39] – запропоновано метод визначення місцезнаходження мобільної платформи з використанням базових станцій та навігаційної системи на основі QR-кодів, а також одометричного позиціонуального пристрою з використанням тахометрів.

[40] – запропоновано метод побудови таблиці маршрутизації, можливість її адаптації залежно від зміни конфігурації мережі;

[41] – запропоновано метод локального позиціонування автономного мобільного робота в виробничому приміщенні з використанням радіомодулів DWM1000;

[42] – проаналізовано поширені в робототехніці технології бездротової передачі даних, технології використання оптичного каналу для обміну інформацією між різними пристроями;

[43] – описані результати дослідження вимог до проектування компонентів інфокомунікаційних систем на основі гнучких друкованих плат з урахуванням їх електромагнітної сумісності;

[44] – описано принцип роботи ІоТ на інтелектуальному підприємстві та методи застосування хмарних обчислень, а також показано переваги і недоліки їх застосування;

[45] – запропоновано метод сортування деталей на виробничій лінії за допомогою маніпулятора з пневматичним захопленням у поєднанні з системою комп'ютерного зору;

[46] – запропоновано метод автоматизованого визначення похибки розташування компонентів на платі радіоелектронного модуля після завершення складальної операції;

[47] – запропоновано метод створення цифрового двійника модуля вводу аналогових сигналів в технічних засобах автоматизації;

[48] – запропоновано метод візуалізації процесу моделювання руху механічних частин промислового маніпулятора у режимі реального часу;

[49] – запропоновано метод створення цифрового двійника промислового маніпулятора для розрахунку та візуалізації роботи маніпулятора, який може бути реалізований будь-якою візуальною мовою програмування;

[50] – запропоновано метод управління багатоланковим маніпулятором;

[51] – запропоновано метод створення цифрового двійника для вирішення задачі сортування деталей на виробничій лінії;

- [52] – запропоновано метод прокладення оптимальної траєкторії руху мобільним роботом у виробничому середовищі з динамічними перешкодами;
- [53] – запропоновано метод розпізнавання деталей на виробничій ділянці інтелектуального виробництва за їх візуальними ознаками;
- [54] – запропоновано метод передавання інформації між засобами контролю та виконавчими пристроями;
- [55] – запропоновано метод визначення траєкторії руху мобільного робота всередині виробничого простору серед перешкод.

8. Апробація результатів дисертаційної роботи.

Основні теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи були представлені та обговорені на таких наукових міжнародних конференціях: Proc. SPIE, Sixteenth International Conference on Correlation Optics, 18-21 September 2023, Chernivtsi, Ukraine; 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2023; 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022; IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2021; IEEE XVIIth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Polyana (Zakarpattya), Ukraine, 2021; IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine, 2020; IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, 2019; IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL), Sozopol, Bulgaria, 2019; IEEE XVth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Polyana, Ukraine, 2019; International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine, 2018; 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine, 2017; Third International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine, 2016; Second International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine, 2015; VI International Conference on Natural Science and Technologies, (ICONAT), 30th May-1st June 2024, Adrasan (Antalya)-Turkiye; V International Conference on Natural Science and Technologies Sunny Beach-Bulgaria, (ICONAT), 1st-3th June 2023; Міжнародна науково-практична конференція «Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проєктами та програмами», Коблево, 12-15 вересня 2023; Міжнародна науково-практична конференція "Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проєктами та економіці в умовах воєнного стану", Коблево, 13-16 вересня 2022; Challenges and Reality of the IT-space: Software Engineering and Cybersecurity. International Conference (SECS), October 25-26th 2022; VIII Міжнародна конференція «Виробництво & Мехатронні Системи»,

Харків, 25-26 жовтня 2024; VII Міжнародна конференція «Виробництво & Мехатронні Системи», Харків, 19-20 жовтня 2023; V International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA-2023), Kharkiv, Ukraine, June 22-23, 2023; IV International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA-2022), Kharkiv, Ukraine, June 23-24, 2022; III International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA-2021), Kharkiv, Ukraine; III International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA-2021), Kharkiv, Ukraine, June 24-25, 2021; Fifth International Scientific and Technical Conference «Computer and information systems and technologies», Kharkiv, April 22-23, 2021.

9. Оцінка змісту дисертації

Всі положення дисертації, що виносяться на захист, отримані автором особисто. Зміст дисертації викладено доступною мовою з використанням стандартних та загальноприйнятих наукових понять. Назва дисертації відповідає її змісту.

Дисертація є цілісною, логічно завершеною науковою працею, що за своєю структурою і змістом відповідає вимогам МОН України (наказ № 40 від 12.01.2017р. (із змінами, внесеними згідно з наказом МОН № 759 від 31.05.2019р.)) до докторських дисертацій, та паспорту спеціальності 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

10. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Новоселова С. П. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації та плагіату.

У докторській дисертації «Розподілені самоорганізовані процеси керування інтелектуальним виробництвом на основі інтеграції технології цифрових двійників» наукові результати та матеріали кандидатської дисертації «Спеціальна тема» Новоселова Сергія Павловича не використовувались.

11. Відповідність дисертації паспорту спеціальності, за якою вона представлена до захисту

Робота відповідає вимогам паспорту спеціальності 05.13.07 – автоматизація процесів керування, а саме: моделювання об'єктів і систем керування (статичні та динамічні, стохастичні й імітаційні, логіко-динамічні моделі тощо); розроблення методів моделювання і планування,

математичного, алгоритмічного та програмного забезпечення задач аналізу/синтезу складних розподілених у просторі гнучких інтегрованих систем, що відрізняються фізичними принципами реалізації, конструктивною та технологічною базами виконання, складом функціональних засобів і устаткування, технічним призначенням і методами керування на різних рівнях ієрархічної структури.

За результатами попередньої експертизи вважаємо що:

Дисертація Новоселова Сергія Павловича «Розподілені самоорганізовані процеси керування інтелектуальним виробництвом на основі інтеграції технології цифрових двійників», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук є завершеною кваліфікаційною науковою працею, виконаною здобувачем самостійно. За своїм науковим рівнем, практичною і теоретичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам п.7 та п.9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року №1197.

У 55 наукових публікаціях повністю відображені результати дисертації, у тому числі у 6 розділах в колективних монографіях, що видано за кордоном; у 4 авторських свідоцтвах; 20 статтях у періодичних фахових виданнях з технічних наук, 4 з яких проіндексовано у наукометричній базі Scopus, 1 стаття категорії «А», 12 статей категорії «Б», 3 статті у періодичних виданнях країн Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), 1 стаття у закордонному виданні; в 1 вітчизняній монографії; 25 доповідях у матеріалах міжнародних конференцій, 13 з яких включено до наукометричних міжнародних баз Scopus, Web of Science.

Дисертація підготовлена за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування, відповідає паспорту спеціальності 05.13.07 – автоматизація процесів керування (Перелік наукових спеціальностей, затверджений Наказом Міністерства освіти і науки України 14 вересня 2011 року № 1057), а саме: моделювання об'єктів і систем керування (статичні та динамічні, стохастичні й імітаційні, логіко-динамічні моделі тощо); розроблення методів моделювання і планування, математичного, алгоритмічного та програмного забезпечення задач аналізу/синтезу складних розподілених у просторі гнучких інтегрованих систем, що відрізняються фізичними принципами реалізації, конструктивною та технологічною базами виконання, складом функціональних засобів і устаткування, технічним призначенням і методами керування на різних рівнях ієрархічної структури.

З урахуванням актуальності теми дисертаційного дослідження, наукової новизни, теоретичного та практичного значення отриманих результатів, впровадження їх у практику, обґрунтованості висновків на основі отриманих достовірних результатів, особистого внеску здобувача у вирішення важливої теоретичної проблеми, достатньої повноти викладення матеріалів дисертації,

що характеризується єдністю вмісту, відповідності принципам академічної доброчесності, а також беручи до уваги наукову зрілість та професійні якості Новоселова Сергія Павловича, рекомендувати дисертацію «Розподілені самоорганізовані процеси керування інтелектуальним виробництвом на основі інтеграції технології цифрових двійників» для подання до розгляду у спеціалізованій вченій раді Д 64.052.04 на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

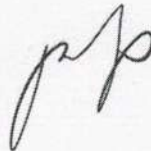
Рецензенти:

професор кафедри Комп'ютерно-інтегрованих технологій,
автоматизації та робототехніки
ХНУРЕ, д.т.н., проф.



Олександр ЦИМБАЛ

професор кафедри Комп'ютерно-інтегрованих технологій,
автоматизації та робототехніки
ХНУРЕ, д.т.н., проф.



Віталій ОВЧАРЕНКО

професор кафедри Комп'ютерно-інтегрованих технологій,
автоматизації та робототехніки
ХНУРЕ, д.т.н., доц.



Юрій РОМАШОВ