**ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

***Кравчука Антона Романовича***

на тему «**Багаторівнева система початкового проєктування колаборативних роботизованих механоскладальних технологій**»,

поданої на здобуття ступеня доктора філософії

за спеціальністю 131 – Прикладна механіка

(галузь знань 13 – Механічна інженерія)

## 1. Загальна структура роботи

Структура опонованої дисертаційної роботи складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та 4 додатків. Загальний обсяг роботи становить 177 сторінок, з них 115 сторінок основного тексту, 3 таблиці, 68 рисунків, 72 інформаційних джерела та 4 додатки.

Дисертаційна робота виконана в Державному університеті "Житомирська політехніка".

*Мета досліджень* – підвищення ефективності роботизованих механоскладальних виробництв (РМСВ), що містять колаборативні промислові роботи (КПР), за рахунок підвищення обгрунтованості прийняття системних технологічних рішень, які базуються на розробці багаторівневого підходу початкових етапів проєктування колаборативних роботизованих механоскладальних технологій (КРМСТ), інформаційно-методичному та алгоритмічно-програмному забезпеченні його (підходу) реалізації як складової технологічної підготовки колаборативних роботизованих механоскладальних виробництв (КРМСВ).

*Об'єкт досліджень* – технологічна підготовка колаборативних роботизованих механоскладальних виробництв.

*Предмет дослідження* – колаборативні роботизовані механоскладальні технології.

## 2. Оцінка актуальності теми дисертації

Колаборативна робототехніка, що передбачає застосування колаборативних промислових роботів (КПР), є відносно новою гілкою загальновідомої та широко впроваджуваної "класичної" робототехніки. Термін "класична" робототехніка, який використовує автор в своєму дисертаційному дослідженні, має право на існування, так як ставить за мету підкреслити саме розвиток та впровадження нової її гілки. Вочевидь, що при цьому використовуються КПР.

Особливістю та одночасно складністю напрямку досліджень, який обрав автор, полягає в тому, що в Україні досліджень та відповідно публікацій з цього науково-практичного напрямку фактично немає. Приємним виключенням є науковці та дослідники Державного університету "Житомирська політехніка". Саме тут і проводив свої дослідження Кравчук Антон Романович.

Актуальність теми даної дисертаційної роботи визначається, по-перше, вказаною відносною новизною в сенсі тематики та напрямку досліджень і тому відсутністю глибоких напрацювань, які мають місце в "класичній" робототехніці. По-друге, колаборативну робототехніку можна розглядати як перспективний науково-практичний, можна сказати проміжний, але все ж самостійний напрямок досліджень на шляху до широкого впровадження когнітивної промислової робототехніки. Саме її доцільно розглядати як інтелектуалізовану промислову робототехніку майбутнього. По-третє, незважаючи на те, що темпи випуску КПР в абсолютних цифрах значно менші, ніж ПР, все ж динаміка їх випуску та впровадження у різні галузі виробництв в рази перевищує за цими показниками "класичні" ПР.

Крім того, актуальною є проблема методологічного підходу до розв'язування завдань цього напрямку досліджень, що певною мірою орієнтує дослідників-науковців та дослідників-практиків на системний та комплексний підхід детального розв'язування багатьох завдань при проєктуванні колаборативних роботизованих механоскладальних та інших технологій. Вказане в подальшому суттєво прискорить науково-практичні розробки в даній галузі.

В даній дисертаційній роботі запропоновано методологію багаторівневого підходу щодо реалізації початкових етапів проєктування, названого автором аванпроєктуванням, колаборативних роботизованих механоскладальних технологій. Він базується на методично обумовленому виконанні трьох рівнів: стратегічного, тактичного, виконавського.

Реалізація зазначених рівнів та їх подальший творчий розвиток надає можливість створення та закріплення науково-практичних умов проєктування та ефективної експлуатації роботизованих механоскладальних виробництв та їх технологічної підготовки.

З урахуванням викладеного *тема дисертаційної роботи є актуальною*, що також підтверджується потребами практичного та наукового сьогодення, публічними апробаціями, результатами експериментальних досліджень та публікаціями за темою даної дисертації.

### 3. Оцінка наукової новизни дисертації

*Наукова новизна* роботи визначається наступним.

1. Вперше з єдиних системних позицій запропоновано багаторівневий підхід реалізації початкових етапів проєктування колаборативних роботизованих механоскладальних технологій машино- та приладобудування, що комплексно враховує сутність колаборативних технологій, конструктивно-технологічні особливості КПР, конструктивно-технологічні властивості об'єктів виробництва.

2. Набула подальшого розвитку процедура системного прийняття технологічних рішень при визначенні завдань колаборативних роботизованих технологій як задач нечіткої багатокритеріальної оптимізації, що розв'язується з комплексним використанням методів аналізу ієрархій (МАІ) та нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив (НБВА).

3. Вперше розроблено новий підхід щодо дослідження технологічних можливостей ПР за рахунок розробки та проведення автоматизованої атестації метрики

маніпуляційних систем (МС) ПР як невід'ємної складової технологічної підготовки колаборативних механоскладальних виробництв, що підвищує ефективність та зменшує трудомісткість її (технологічної підготовки) виконання при проєктуванні нових та/або модернізації існуючих гнучких виробничих комірок машино- та приладобудування, в тому числі з використанням колаборативних промислових роботів.

Наведені результати є новими в такій мало дослідженій предметній галузі як, колаборативні роботизовані механоскладальні виробництва та технології, що в них реалізуються, внаслідок чого наукова новизна дисертаційної роботи є очевидною, обґрунтованою та змістовно позитивною.

**4. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень дисертації**

Теоретичні дослідження, що проведені автором в опонованій роботі, грунтуються на основних положеннях технології машинобудування, системного аналізу, теорії множин, графів, матриць, методів оптимізації, комп'ютерного моделювання.

Запропонована в роботі трирівнева система авапроєктування КРМСТ за своєю постановкою, змістом та інтерпретацією відтворює системний підхід не тільки до початкових етапів проєктування КРМСТ, а може бути основою комплексного підходу до технологічної підготовки КРМСТ та її автоматизованої реалізації.

При виконанні теоретичних та практичних досліджень автор використав такі методичні підходи як метод аналізу ієрархій (MAI), що стало основою розв'язування завдань, пов'язаних з індивідуальним та груповим (експертним) прийняттям рішень на рівні L1 та рівні L2; оригінальний програмний продукт FMCSA для розв'язування завдань обробки результатів використання MAI з множиною експертів та візуалізації отриманих результатів; загальнодоступні програмні продукти SolidWorks та RoboDK для реалізації оригінального підходу вивчення технологічних можливостей ПР/КПР в частині атестації метрики їх маніпуляційних систем та візуалізації отриманих результатів. Все це вказує на вміння автора творчо, плідно та ефективно працювати в різноманітних програмних середовищах та розв'язувати нагальні науково-практичні завдання.

Інформація, ідеї, підходи, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні інформаційні джерела.

**5. Практична цінність роботи**

Практична цінність отриманих результатів визначається наступним:

– розроблено підхід, що може бути використаний в реальних виробничих умовах при розв'язуванні задач проєктування КРМСТ на їх початкових етапах, який рекомендовано до використання в ГВК машино- та приладобудування в тому числі з використанням КПР;

– розроблено інженерну методику реалізації процесу атестації ПР та КПР, що придатна до використання при ТПг РМСВ, включаючи КРМСВ;

– результати роботи в частині визначення доцільності впровадження КПР прийняті для майбутніх впроваджень у СП ТОВ «RIF-1» (м. Житомир);

– методика автоматизованої атестації метрики МС ПР та КПР як складова проведених досліджень впроваджена в навчальний процес Державного університету «Житомирська політехніка».

Вказані складові, що характеризують практичну цінність результатів дисертаційного дослідження, безсумнівно, мають практичне інженерне спрямування та очевидні перспективи щодо його розширення та поглиблення.

**6. Апробація роботи та повнота викладу результатів в опублікованих працях**

Апробація результатів досліджень підтверджується участю автора у 8 міжнародних та вітчизняних конференціях.

Основні результати та наукові положення дисертації відображено в 13 наукових працях, що включають: 1 публікацію у виданні, що індексоване у міжнародній наукометричній базі Scopus та продубльоване в WoS; 3 статті у наукових фахових виданнях України, категорія Б; 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір; 8 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

**7. Зауваження та недоліки дисертаційного дослідження**

Вважаю за доцільне відмітити наступні *недоліки* та *зауваження* за змістом та поданням матеріалу проведених дисертаційних досліджень.

1. Не вказано, для якого типу виробництв відносяться розробки, що пов'язані з напрямком досліджень даної дисертаційної роботи.

2. В змісті роботи не висвітлено завдання, що пов'язане з участю людини в самому процесі технологічної підготовки колаборативних роботизованих виробництв.

3. В п. 2.2.2 доцільно було б представити матеріал щодо методу аналізу ієрархій (MAI) в загальному вигляді, а деталізацію представити в розділі 4, хоча отримані в роботі результати принципово не зміняться.

4. Робота виграла б, якби в ній більш детально були відображені завдання безпеки при безпосередній взаємодії складових колаборативної технологічної системи, а саме людина-КПР.

5. Слід було надати посилання на інформаційні джерела, які б пояснювали зміст та сутність ряду символів, наприклад, у виразі (2.3), а саме: →; × тощо.

6. Недостатньо детальним в роботі подано опис сутності SADT-представлення запропонованого трирівневого підходу при аванпроєктуванні КРМСТ.

Вказані зауваження та недоліки не носять принципового характеру і тому кардинально не впливають на зміст та важливість отриманих в опонованому дисертаційному дослідженні наукових та практичних результатів.

З певною мірою абстрагування деякі із зауважень можна розглядати більше як рекомендації для одного з можливих напрямків подальшої наукової роботи автора.

**8. Заключна оцінка дисертаційної роботи**

З урахуванням вище викладеного, вважаю, що дисертація Кравчука А.Р. є самостійною та закінченою науково-дослідною роботою автора. Вона містить наукові результати, які сприяють вирішенню проблеми розробки та реалізації початкових етапів проєктування колаборативних роботизованих технологій як різновиду "традиційних" промислових роботизованих технологій.

Зміст публікацій за темою дисертації достатньою мірою відтворює зміст дисертаційної роботи, підтверджує актуальність теми та завдань дослідження, наукову новизну та практичну цінність роботи.

За формальними ознаками опонована дисертаційна робота відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

*Вважаю, що* представлена дисертаційна робота "Багаторівнева система початкового проєктування колаборативних роботизованих механоскладальних технологій" є завершеною самостійною науковою працею, яка відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп. 6 – 9 «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 від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор *Кравчук Антон Романович заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 – Прикладна механіка, галузь знань 13 - Механічна інженерія.*

Офіційний опонент
д.т.н., доцент кафедри
інформаційних систем та технологій
Національного технічного університету України
"Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського" М. М. Поліщук
«02» листопада 2023 року

Підпис Поліщука М.М. засвідчую.
Вчений секретар КПІ ім. Ігоря Сікорського Валерія ХОЛЯВКО