

## ВІДГУК

офіційного опонента щодо дисертаційної роботи  
Стрельчука Романа Михайловича “Наукові основи електроерозійного алмазного шліфування важкооброблюваних матеріалів зі змінною полярністю електродів”, подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – *процеси механічної обробки, верстати та інструменти*

Дисертація, що була надана до опонування, складається з вступу, восьми розділів з висновками наприкінці кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел (з 320 найменувань) та додатків на 80 стор. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 420 стор. (без списку використаних джерел) і містить 187 рисунків та 24 таблиці.

### ***1. Актуальність роботи та її відповідність планам наукових досліджень.***

Сучасні вироби промислового виробництва характеризуються високою часткою застосування в них нових композиційних матеріалів. Особливою увагою для отримання інструментальних, жаротривких та спеціального призначення виробів користуються такі композиційні матеріали, загартовані сталі та складнолеговані тверді сплави та їм подібні. Обробка цих матеріалів, насамперед алмазним інструментом, стикається із низкою складнощів, які обумовлюються наявністю в їх структурі високотвердих карбідів, що значно погіршує експлуатаційні показники алмазного інструмента. Особливо важкими є технологічні операції обробки поверхонь великої площі, наприклад, великих різців, коли є необхідність їх перезаточування. Враховуючи наведені вище складнощі, така обробка є достатньо тривалою. За час обробки алмазний інструмент внаслідок зношування змінює різальні властивості. Таке зношування не є однорідним і відбувається зазвичай у зонах, в яких умови обробки досить сильно відрізняються від умов усталеного різання. Саме для вирішення таких проблем і застосовуються різні засоби введення додаткової електричної енергії в зону обробки.

Свого часу цей напрямок досить активно розвивався в наукових роботах українських вчених А.І. Грабченка, М.К. Беззубенка, М.Д. Узуняна, Ю.Я. Савченка, П.Г. Матюхи, І.П. Захаренка, І.М. Піжова, Ю.Г. Гуцаленка, а власне і у роботах опонента. Чи є цей напрямок актуальним і нині? Так, і ми це можемо побачити і у сучасних (2025 року) дослідженнях закордонних дослідників. В статті (Investigation on dual-purpose electrolyte of electrolytic machining of M50 aviation bearing raceway and electrolytic in-process dressing of grinding wheel / Jianxing Wu, Huaichao Wu, Xu Huang, Lv Yang, Fang Lu. *Precision Engineering*. Volume 94, June 2025, Pages 130-148), показано, що дорожка кочення підшипника M50 була оброблена електрохімічною обробкою і електроправкою шліфувального круга, при цьому ефективність обробки і шорсткість поверхні були значно поліпшені у порівнянні із звичайним шліфуванням. В статті

(Experimental study on the wire electrical discharge machining of PCD with different grain sizes / Kechuang Zhang, Laifa Zhu, Zhongwei Chen, Jianyun Shen, Xuefeng Zhao, Xian Wu. *Diamond and Related Materials*. Volume 155, May 2025, 112331) показана ефективність електроерозійної обробки алмазних матеріалів PCD з різним розміром зерна за такими факторами, як швидкість зйому матеріалу, шорсткість поверхні і глибина електроерозійного шару.

Дослідження процесу електроерозійного алмазного шліфування різних матеріалів провадилися в НТУ «ХП», і про це здобувач вказує в розділі 1, але саме здобувачу вдалося узагальнити власні дослідження і розробити наукові основи електроерозійного алмазного шліфування важкооброблюваних матеріалів зі змінною полярністю електродів, що і подані у його дисертаційній роботі. Важливість такого напрямку підтверджує і те, що робота виконувалася у рамках робіт держбюджетної тематики МОН України М2247 «Розробка та дослідження екологічних безводних процесів алмазного шліфування важкооброблюваних матеріалів» (ДР № 0121U109541), М2249 «Розробка технологічних основ високошвидкісного алмазного шліфування важкооброблюваних матеріалів для виробів авіаційної техніки з використанням твердого змащування» (ДР № 0124U000678), М2301 «Формування і трансформація періодичних нановуглецевовмісних структур на поверхні металів короткоімпульсними лазерними, мікрохвильовими і плазмовими методами» (ДР № 0124U000481), виконаних на кафедрі "Інтегровані технології машинобудування" НТУ "ХП", у яких отримали подальший розвиток теоретичні та експериментальні обґрунтування технологічних закономірностей процесу електроерозійної алмазно-абразивної обробки високоміцних композиційних матеріалів. Тобто дана робота є актуальною та важливою.

## ***2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність.***

Наукові положення, які містяться в роботі, базуються на загальноновизначених підходах теорії різання матеріалів, теорії управління технічними системами, матеріалознавства, опору матеріалів, теорії пружності, теплофізики, теорії оптимізації та методології техніко-економічного аналізу процесів алмазно-абразивної обробки. Достовірність отриманих результатів підтверджується обґрунтованістю прийнятих допущень, коректним використанням математичного апарату, експериментальними дослідженнями та даними впроваджень.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету, об'єкт, предмет дослідження і задачі, які автор розв'язує в роботі. Наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Подано відомості про апробацію, публікації та структуру дисертаційної роботи. Зазначено особистий внесок здобувача.

У першому розділі проведений історичний аналіз умов застосування алмазного інструменту при обробці новітніх композиційних матеріалів. Як показав аналіз досліджень, присвячених управлінню ріжучими властивостями круга в процесі шліфування, найповнішою мірою їх розв'язано в роботах А.І.

Грабченка, В.Д. Дорофеева, П.І. Ящерицина, Koshy P., Yadava V., Ю.А. Пахаліна, П.Г. Матюхи, Е.Я. Гродзинського стосовно алмазного шліфування важкооброблюваних матеріалів. В основу управління ріжучими властивостями робочої поверхні круга електроалмазним шліфуванням покладено принцип рівності інтенсивності примусового видалення зв'язки та розмірного зносу зерен, які працюють у режимі руйнування, внаслідок чого в процесі шліфування підтримується відповідна висота виступання зерен над зв'язкою. У дослідженнях шліфування зі стабілізацією ріжучих властивостей робочої поверхні круга електроерозійним процесом, основний внесок у які внесли М.К. Беззубенко, М.Д. Узунян, Kozak J., Choudhury S.K., Jain V.K., Gupta M., розроблено низку нових способів керуючих впливів на робочу поверхню круга, вивчено їхні особливості та вплив керуючих впливів на технологічні показники обробки широкої гама оброблюваних матеріалів, розроблено конструкції верстатів і джерел технологічного струму. Визначено предмет і об'єкт досліджень, сформульовано мету і напрямки досліджень.

Другий розділ присвячено викладенню теоретичного аналізу фізичних процесів електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів (ЕАШ ЗП) – комбінованого методу обробки, що сполучає механічне мікрорізання алмазними зернами з електроерозійним впливом електричних розрядів. Цей підхід спрямований на підвищення ефективності обробки та зносостійкості інструменту. Дослідження зосереджується на зоні різання як складній комбінованій системі, де одночасно діють механічні, електрофізичні та термічні процеси, а також на впливові параметрів електричних розрядів і зміни полярності електродів на формування ріжучого рельєфу інструменту та продуктивність обробки. У розділі проаналізовано сили різання, механізми зносу алмазного інструменту, стружкоутворення та формування оброблюваної поверхні. На основі математичних моделей і теоретичних підходів сформульовано уявлення, що дозволяють оптимізувати технологічні параметри процесу для підвищення якості та ефективності обробки. Періодична зміна полярності дає змогу регулювати інтенсивність правки круга – при зворотній полярності електродів відбувається інтенсивніше видалення зв'язки, а за прямою – меншою мірою. Це дає можливість автору гнучко керувати станом робочої поверхні круга залежно від вимог до якості обробки деталі.

Третій розділ присвячено розробці нового процесу – електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів, який спрямований на підвищення ефективності обробки матеріалів. Введення електричної енергії в зону різання суттєво впливає на технологічні показники шліфування, такі як продуктивність обробки, знос інструменту та якість поверхні. Дослідження електричних режимів є ключовим для вдосконалення процесу, однак використання генераторів імпульсів ускладнює аналіз через велику кількість параметрів (напруга, струм, частота, шпаруватість тощо). Для спрощення експериментів запропоновано застосовувати джерело постійного струму, що дозволяє регулювати лише напругу, струм та полярність, зменшуючи кількість

змінних і підвищуючи достовірність результатів. Механізм переваг змінної полярності пояснюється комбінованим впливом ерозії та мікрорізання. Періодична зміна напрямку електронного та іонного потоків у зоні контакту інструмента з деталлю сприяє рівномірному розподілу енергії, що зменшує локальний перегрів і знос круга. Крім того, досліджено вплив частоти імпульсів на процес шліфування. Зі збільшенням частоти імпульсів спостерігалось зменшення розмірів ерозійних лунок і ерозійної продуктивності, що дозволяє точно регулювати процес обробки. Оптимальна частота забезпечує збалансовану ерозію круга та високу продуктивність зняття матеріалу з деталі.

Четвертий розділ присвячений проведенню експериментального дослідження стану робочої поверхні алмазного круга та величини міжелектродного зазору в процесі електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів. Показано, що напруга запалювального імпульсу та амплітуда розрядного струму є основними факторами, що впливають на величину міжелектродного зазору, який зростає з їх збільшенням, забезпечуючи ефективніше видалення матеріалу. Частота та шпаруватість імпульсів мають менший вплив, зменшуючи зазор при їх зростанні. Встановлено, що міжелектродний зазор при ЕАШ ЗП на 74% менший, ніж при алмазно-іскровому шліфуванні (АІШ) з постійною полярністю, що підвищує продуктивність обробки. В цілому, процес ЕАШ ЗП формує розвинену ріжучу поверхню з більшим міжзерновим простором порівняно з процесом алмазно-іскрового шліфування, що сприяє ефективнішій обробці та зниженню зносу інструменту.

У п'ятому розділі досліджено теплові процеси під час електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів, порівняно з алмазно-іскровим шліфуванням. Для аналізу просторово-часового розподілу температурних полів у зоні обробки використано метод скінченних елементів. Модель базується на розв'язанні тривимірної нестационарної теплової задачі, яка враховує граничні умови, пов'язані з тепловими потоками від електричних розрядів і механічного різання. Рівняння теплопровідності, початкові та граничні умови сформульовано з урахуванням коефіцієнтів теплопровідності, теплоємності та густини обробного матеріалу. Результати моделювання, виконаного за допомогою програмного комплексу ANSYS Workbench 17.2, показали, що локалізоване нагрівання в зоні контакту призводить до утворення залишкових напружень і дефектів, таких як мікротріщини та сколи. Ці дефекти суттєво впливають на експлуатаційні характеристики твердосплавних пластин. Порівняння теоретичних даних з експериментальними показало розбіжність у межах 12–17%, що свідчить про достатню точність моделі для якісного опису процесу. Модель також враховує неоднорідність теплового потоку вздовж дуги контакту алмазного круга з пластиною, що дозволяє прогнозувати розподіл температур і напружень у поверхневому шарі.

Шостий розділ присвячений комплексному дослідженню якості поверхні твердого сплаву марки ВК6 після ЕАШ ЗП. Дослідження геометричних пара-

метрів ерозійних лунок проводилось на спеціальній установці, яка забезпечувала моделювання одиночного електричного розряду. Установка складалася з механічного пристрою для проведення розрядів та приставки для виділення одиночного імпульсу. Отримані результати свідчать про переваги ЕАШ ЗП над АШ у формуванні якісної поверхні та підвищенні зносостійкості інструменту. Вищі стискаючі напруження та менша шорсткість різальної кромки після ЕАШ ЗП сприяють зниженню зносу, що пов'язано з оптимізованою дією електричних розрядів та зміною полярності електродів. Силовий фактор домінує в процесі ЕАШ ЗП, що зменшує теплові впливи та сприяє стабільності обробки. Порівняння з літературними даними підтверджує, що стискаючі напруження підвищують міцність твердих сплавів, тоді як теплові фактори, характерні для АШ, можуть викликати розтягувальні напруження та мікропошкодження. Чисельне моделювання дозволило уточнити розподіл напружень і деформацій, що є важливим для прогнозування поведінки інструменту в реальних умовах. Адаптивність розробленої моделі дає змогу застосовувати її до інших композиційних матеріалів, що розширює її практичну цінність.

Сьомий розділ присвячений аналізу динаміки процесу електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів та розробці математичних моделей для підвищення ефективності його управління. Процес ЕАШ ЗП характеризується складністю через непередбачувані зміни характеристик зовнішніх впливів, властивостей керованих об'єктів, недостатню повноту інформації про інструмент і параметри режиму обробки, а також вплив випадкових чинників. Ці особливості ускладнюють формалізацію процесу і застосування традиційних систем керування, що налаштовуються лише на етапі проектування. Для подолання цих труднощів запропоновано методику створення трьох типів математичних моделей: моделі зовнішніх збурень, що враховує топологію робочої поверхні круга, електричної моделі міжелектродного зазору та електромеханічної моделі процесу ЕАШ ЗП.

У восьмому розділі розроблено оптимізаційний алгоритм для визначення режимів електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів, що забезпечують мінімальну собівартість обробки деталей при дотриманні вимог до якості. Алгоритм враховує стійкість алмазних кругів, штучний час та період перемикання полярності. Доведено, що процес електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів знижує витрати за рахунок підвищення стійкості інструменту, скорочення машинного часу та оптимізації режимів обробки. На прикладі торце-круглошліфувального верстата ХШ4-12Н показано скорочення штучного часу, збільшення періоду стійкості круга та зниження витрат на інструменти, з річним економічним ефектом 90519 грн. і терміном окупності 0,55 року (на прикладі одного верстата). Запропонований підхід до оптимізації режимів та оцінки економічної ефективності придатний для адаптації до інших процесів механічної обробки і підтверджує перспективність процесу електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів для підвищення продуктивності та економічної

ефективності у машинобудуванні.

Наукові розробки здобувача впроваджені у виробництво Акціонерного товариства «Українські енергетичні машини» та Акціонерного товариства «FED», що підтверджено актами, які є у додатках до дисертації. Результати наукових досліджень роботи використовуються також у навчальному процесі кафедри "Інтегровані технології машинобудування" НТУ "ХП" при підготовці фахівців з навчальної спеціальності «Прикладна механіка» та на кафедрі машинобудування, транспорту і зварювання «Української інженерно-педагогічної академії» з навчальної спеціальності «Професійна освіта (Машинобудування)». Акти, що це підтверджують, є у додатках до дисертації.

### **3. Наукова новизна роботи на погляд опонента полягає у наступному:**

1. Вперше доведено, що періодична зміна полярності електродів може взаємовиключно впливати на теплонпруженість процесу, збільшуючи її, внаслідок появи додаткових теплових імпульсів від електричних розрядів, та знижуючи її, внаслідок зменшення сили різання та тертя, завдяки формуванню розвинутого рельєфу ріжучої поверхні алмазного інструменту, що дає можливість віднайти умови зниження загальної теплонпруженості процесу порівняно зі шліфуванням з постійної полярністю.

2. Сформульовано наукове положення про представлення процесу видалення матеріалу обробленої поверхні в зоні різання у вигляді комбінації електроерозійної дії та мікрорізання з доведенням переваги зміни полярності у формуванні розвинутого рельєфу ріжучої поверхні алмазного інструменту, що сприяє сталості процесу та зниження зносу алмазних зерен.

3. Одержали подальший розвиток і поліпшення комплекс математичних моделей, які описують процес електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів:

– динамічна модель зносу алмазного круга, яка враховує випадковий розподіл абразивних зерен, їхню нерегулярну геометрію та вплив електричних розрядів під час зміни полярності на зв'язуюче алмазного інструмента;

– динамічна модель процесу електроерозійного шліфування зі змінною полярністю електродів, яка апроксимована нелінійною моделлю Гаммерштейна, що забезпечило стійкість автоматичного керування і виявлення екстремальних характеристик процесу;

– геометричні та математичні моделі механізму різання під час електроерозійного шліфування твердих сплавів, що включають опис зносу інструмента у вигляді гвинтового циліндроїда та імовірно-статистичну модель формування шорсткості з використанням методу Монте-Карло;

– електрична модель міжелектродного зазору на основі параметричної ідентифікації осцилограм, яка описує коливальні процеси в зазорі, що дозволяє підвищити точність керування процесом.

### **4. Практична значимість отриманих результатів.**

1. Запропоновано нові технічні рішення щодо виконання наступних задач:

комплексного вивчення фізичних процесів у зоні різання, дослідження вихідних показників процесу електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів, вивчення фізичних закономірностей, які відбуваються під час електроерозійного алмазного шліфування, дослідження теплових процесів під час електроерозійного шліфування.

2. Розроблені математичні моделі міжелектродного зазору, відстань між зернами та параметрів ерозійних лунок дають змогу оптимізувати електричні режими та характеристики алмазного інструменту, забезпечуючи максимальну продуктивність і якість обробки важкооброблюваних матеріалів, таких як тверді сплави. Встановлені закономірності підвищують стабільність процесу, мінімізують теплові дефекти і шорсткість поверхні, що особливо важливо для прецизійного виробництва.

3. Новий процес електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів збільшує продуктивність на 52 – 72%, знижує питомі витрати алмазних кругів на 65–85% і зменшує шорсткість поверхні на 50 – 54%, що скорочує час і витрати на виробництво різальних інструментів. Поліпшення стійкості інструменту на 53% за рахунок високих стискаючих напружень ( $\sigma = -3,8$  ГПа) підвищує надійність виробів.

4. Розробки захищені трьома патентами України на корисну модель (Пат. UA 131894 U УКРАЇНА, Пат. UA 138656 U УКРАЇНА, Пат. UA 138657 U УКРАЇНА), які наведені у додатках до дисертації.

5. Розроблені практичні рекомендації щодо реалізації одержаних результатів впроваджено у виробничих умовах на підприємствах м. Харкова: Акціонерне товариство «Українські енергетичні машини» та Акціонерне товариство «FED». Результати досліджень використовуються у навчальному процесі кафедри "Інтегровані технології машинобудування" НТУ "ХП" при підготовці фахівців з навчальної спеціальності «Прикладна механіка» та на кафедрі машинобудування, транспорту і зварювання «Української інженерно-педагогічної академії» з навчальної спеціальності «Професійна освіта (Машинобудування)»

### ***5. Повнота викладення основних результатів роботи.***

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 58 наукових працях, з них: 6 статей, що входять до міжнародної бази даних Scopus, 25 статей у фахових виданнях України, 4 у закордонних періодичних наукових журналах, 23 тез доповідей на наукових конференціях, отримано 3 патенти України на винахід. Визначено особистий внесок здобувача в роботах, надрукованих у співавторстві.

Опубліковані роботи досить повно відбивають основні положення дисертації і не суперечать її головним висновкам.

Участь автора у 23 Міжнародних і українських науково-технічних конференціях і семінарах є достатньою для апробації роботи.

## **6. Оцінка змісту дисертації та її завершеність в цілому.**

Дисертація представляє завершену наукову роботу, яка має внутрішню єдність, сукупність наукових теоретичних положень і експериментальних результатів, що свідчать про суттєвий індивідуальний внесок здобувача в науку.

## **7. Зауваження по змісту і оформленню дисертації.**

1. Дисертаційна робота чомусь не має наскрізної нумерації сторінок: після 20 стор. йде знову стор. 2, доходить до 19 стор., і знову стор. 2, доходить до 46 стор. і наступна стор. 68., а далі стор. 48. Це трохи дратує і плутає. Як наслідок, здобувач в рефераті вказує, що дисертаційна робота викладена на 541 стор., що так і є, а в самій дисертації, внаслідок відсутності наскрізної нумерації, остання стор. – 504.

2. Розділ 1 має назву «СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛМАЗНОГО ШЛІФУВАННЯ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ», але викладений більше не у сучасному, а як би історичному аспекті. З 74 посилань – 64 відносяться до публікацій минулого сторіччя, особливо радянського періоду. Хоча слід відзначити, що з 10 посилань на публікації після 2000 року, 4 – публікації за останні 10 років. Тобто, мало, але все ж таки є.

3. На жаль здобувач другим розділом не подав – методичний розділ. Як наслідок, важко зрозуміти які матеріали піддавалися обробці, які алмазні круги, які враховувалися показники і їх обрахування, яке обладнання застосовувалося. В подальших розділах можливо знайти все це, але воно рівномірно розмазане і це не додає чіткості у донесенні думки здобувача.

4. Наслідком відсутності такого методичного розділу є і плутанина в термінах. На стор. 25 дисертації є термін «засалювання» круга і там же термін засолювання ріжучої поверхні круга. На наш погляд, засолювання – це затримання якихось солей, а засалювання, це певний сленг про втрату ріжучої здатності круга. Але здобувач надалі приймає термін засолювання ніяк це не пояснюючи і не обґрунтовуючи. Аналогічне і до терміну «обратна». На стор. 127 здобувач вказує, що є пряма полярність і є обратна. Чому обратна, а не зворотна? А отак.

5. Другим наслідком відсутності такого методичного розділу є і плутанина у показниках алмазного інструменту. На стор. 76 є термін «концентрація алмазного круга», на стор. 77 «концентрацією 4», на стор. 156 знову «К – концентрація алмазного круга». Все це не так, ніяк це не концентрація алмазного круга. Насправді: К – це відносна концентрація алмазів в алмазовмісному шарі алмазного круга. За 100% прийнятий вміст алмазів у 25% за об'ємом у алмазовмісному шарі алмазного круга. 4 – це не концентрація, а індекс, що відповідає концентрації у 100%. Тепер про «питомі витрати алмазів» (стор. 76, 131, 150, 155 і т.д.). Насправді показник мг/г – це відносні витрати алмазів в крузі при шліфуванні, а питомі витрати алмазів мають показник – мг/см<sup>3</sup>). Чому в докторській дисертації здобувач плутає ці

показники опоненту незрозуміло, адже в авторефераті кандидатської у нього все вірно – мг/г це відносні витрати алмазів.

6. Третім наслідком відсутності методичного розділу є плутанина із коефіцієнтом шліфування. Насправді коефіцієнт шліфування – це відношення об'єму знятого матеріалу до об'єму зношеного абразивного круга. Здобувач активно користується цим показником, але лише на 183 стор. ми визнаємо, що це у нього відношення  $P_z/P_y$ . Таке відношення має назву коефіцієнт різання, або для шліфування – коефіцієнт абразивного різання. Здобувач прийняв це як коефіцієнт шліфування і відразу попав у низку невідповідностей. Яскравим прикладом є стор. 132 (табл. 3.2). третім пунктом в табл. є так звана питома продуктивність, яка вираховується як відношення об'єму знятого матеріалу до об'єму зношеного круга за одиницю часу, тобто це і є справжній коефіцієнт шліфування, а ніяка не питома продуктивність. Тепер далі в таблиці п. 6 ( $P_z$ ) та п. 5 ( $P_y$ ) і п. 7 так званий коефіцієнт шліфування  $K_{ш}$ . Якщо ми поділемо  $P_z=400$  на  $P_y=242$ , то отримаємо 1,65, а зовсім не 0,61. А наслідком цього є саме і відсутність окремого методичного розділу.

7. Список використаних джерел у здобувача є цілком пристойним – 320 найменувань. На жаль є певний перекис у той радянський період, що нами вказаний вище, адже третина посилань саме на період до 1991 року. Разом з тим, за останні 5 років наведені 48 посилань, правда з них 23 посилання на публікації самого здобувача, але 25 все ж залишаються, що не так і погано. Але, крім іншого, на жаль, здобувач не уважно віднісся до посилань. Так, книжка Бакуля В.Н. 1971 р. з співавторами (посилання 5) надалі повторюється (посилання 13, 96, 166), стаття Грабченка А.И. 1981 р. (посилання 35) повторюється (посилання 100), книжка Гостева В.В. 1974 р. (посилання 40) повторюється (посилання 97), книжка Душинського В.В. 1977 р. із співавторами (посилання 177) повторюється (посилання 248).

## **8. Висновки по дисертаційній роботі.**

1. Дисертаційна робота Стрельчука Романа Михайловича “Наукові основи електроерозійного алмазного шліфування важкооброблюваних матеріалів зі змінною полярністю електродів”, є завершеною науковою роботою і містить нові науково обґрунтовані теоретичні результати, які мають велике практичне значення для вирішення задачі підвищення ефективності алмазно-абразивної обробки сучасних важкооброблюваних матеріалів.

2. Наукові положення, отримані в роботі, достовірні і достатні для обґрунтування зроблених висновків. Незважаючи на наведені вище недоліки, дисертація у цілому виконана на достатньо високому науковому рівні. Її нові теоретичні і практичні розробки актуальні, цікаві та достовірні. Оформлення, стиль і мова викладення роботи, хоча і мають певні недоліки, але в цілому достатні для донесення думки автора до читача дисертації.

3. Основний зміст роботи достатньо повно викладено в 58 наукових публікаціях, що відповідають Наказу МОН України № 1220 від 23.09.2019 р.

"Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук".

4. Матеріали кандидатської дисертації Стрельчука Р.М. «Визначення особливостей і раціональних умов алмазно-іскрового шліфування твердих сплавів з нанорозмірних зерен монокарбіду вольфрама», захищеної у 2011 році, в докторській дисертації не застосовувалися.

5. Зміст реферату відображає основні положення роботи.

6. На підставі вище викладеного вважаю, що представлена дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти та вимогам "Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук" затвердженого Постановою Кабінету міністрів України № 1197 від 17.11.2021 р., що надаються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор Стрельчук Роман Михайлович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти.

Офіційний опонент,  
завідувач відділу  
алмазно-абразивної і фізико-технічної обробки  
Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля  
НАН України,  
професор, доктор технічних наук



Валерій ЛАВРІНЕНКО

20.08.25 р.

Підпис доктора технічних наук, професора В.І. Лавріненка засвідчую :

Т.в.о. вченого секретаря  
ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України,  
канд. техн. наук



Тетяна КОВАЛЕНКО