

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Марчук Любові Романівни**

на тему

**«Адаптивна мехатронна система ударного руйнування гірських порід»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії**

в галузі знань **14 – Електрична інженерія**

за спеціальністю **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

### **Актуальність теми дисертації.**

Тема дисертаційної роботи є актуальною, оскільки дослідження і розробка адаптивних мехатронних систем для руйнування гірських порід мають суттєве значення для гірничодобувної промисловості. Глобальний перехід на відновлювані джерела енергії вимагає збільшення видобутку таких металів, як літій і кобальт, що є критичними для технологій відновлюваної енергетики. Вдосконалення методів руйнування гірських порід сприяє підвищенню ефективності та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- вперше визначено основні технологічні параметри, що впливають на формування мехатронної системи керування ударним пристроєм з адаптацією до умов робочого середовища, та електротехнічні характеристики електромагніту клапана, що забезпечують ефективне функціонування системи без підзарядки ресивера;
- вперше створено нелінійну модель процесу енергетичної розрядки пневмоаккумулятора та дискретно-неперервну математичну модель передачі ударного імпульсу, що враховує інерційно-хвильові взаємодії бойка та інструмента в процесі передачі енергії гірському масиву;
- вперше визначено параметри електромеханічної системи "електроживлення - електромагнітний клапан – ресивер - пневмоаккумулятор", що забезпечують її функціонування в автоматичному режимі без підзарядки ресивера, та оптимізовано параметри функціонування ударного пристрою для максимальної ефективності руйнування гірських порід;
- вперше створено імітаційну модель функціонування ударного пристрою віброковша в системі Matlab, що дозволяє визначити раціональні режими та пара-

метри функціонування, і запропоновано структуру та аналітично обґрунтовано параметри мехатронної системи керування адаптацією ударного пристрою до умов робочого середовища для підвищення енергоефективності.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання вирішене повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки **Марчук Л.Р.** повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка** та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми **Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям енергетика та енергоефективність.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота **Марчук Любов Романівни** є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

**Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана **українською** мовою.

Викладення матеріалу є послідовним, доступним, використано загальноприйнятту термінологію. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 198 сторінок, обсяг основного тексту 117 сторінок. **У вступі** окреслено актуальність теми, підкресливши важливість вирішення проблем гірничодобувної промисловості в контексті глобального переходу на відновлювані джерела енергії. Представлено основні положення, мету та завдання дослідження, що дозволяє зрозуміти загальний напрямок роботи. **У першому розділі** проведено аналіз сучасних мехатронних систем, акцентуючи увагу на необхідності вдосконалення процесів видобутку корисних копалин з використанням технологій ударного руйнування. Розглянуто електричні, гідравлічні та пневматичні приводи. **У другому розділі** досліджено ключові параметри, що впливають на ефективність ударного пристрою та енергетичні характеристики пневматичного акумулятора. Представлено статистичний аналіз, що



дозволяє визначити практичні діапазони функціонування системи, забезпечуючи розуміння взаємозв'язків між параметрами. **У третьому розділі** розроблено нелінійні моделі, які відображають процеси енергорозрядки та інерції в ударній системі. Запропоновано кінетостатичний метод для розрахунку сили інерції, що значно спрощує розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь, забезпечуючи точність і надійність моделей. **У четвертому розділі** розроблено імітаційну модель функціонування ударного пристрою у системі Matlab. Розрахунки дозволили визначити оптимальні режими та параметри роботи, а також сформулювати вимоги до системи керування, що демонструє можливості адаптації до змінних умов. **У п'ятому розділі** описано реалізацію мехатронної системи з електроживленням за трьома варіантами. Проведено розрахунки основних електротехнічних параметрів та оцінено ефективність функціонування системи, забезпечуючи необхідний рівень тиску в пневмоакумуляторі для тривалої роботи.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 10 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у наукометричній базі Scopus, віднесеного до квартиля Q3 відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 6 наукових фахових конференціях.

Науковий рівень публікацій здобувача є високим, оскільки публікація в журналі, індексованому у базах даних Scopus, свідчить про високу якість та наукову значущість проведених досліджень.

Здобувачка дотримувалася принципів академічної доброчесності, що підтверджується відсутністю плагіату у публікаціях. Всі використані в роботі ідеї, результати та тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела, що свідчить про самостійне проведення наукових досліджень і дотримання етичних норм у науковій діяльності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. В підрозділі 1.1 значна увага приділяється актуальності питань отримання літію, кобальту, нікелю, рідкоземельних елементів. В наступних розділах бажано

було б адаптувати отримані результати саме для технологічних процесів видобутку та переробки руд таких металів.

2. Потребує пояснення, якими фізико-механічними властивостями порід гірського масиву визначаються коефіцієнт жорсткості  $c_2$  та коефіцієнт дисипації  $b_2$  (розрахункова схеми ударного пристрою рис. 3.3).

3. При розробці дискретно-безперервної математичної моделі ударного пристрою з параметрами впливу на характеристики ударного імпульсу доцільно біло б врахувати частоту власних коливань гірського масиву (елементів порід масиву) та її вплив на ефективність руйнування.

4. При описі результатів підрозділів 5.2, 5.3 необхідно було б визначити залежності енергетичної ефективності роботи ударного пристрою адаптувавши до реальних умов його експлуатації (руйнування гірських порід різної структури, з різними фізико-механічними властивостями тощо).

5. У роботі не повністю розкрито питання масштабованості розробленої системи для різних типів гірських порід та умов експлуатації, також мало уваги приділяється дослідженням динаміки процесу роботи пристрою та руйнування гірських порід саме на часових інтервалах співвідносних до часу протікання таких процесів в реальних умовах.

6. В подальшому бажано підтвердити ефективність отриманих результатів шляхом проведення експериментальних лабораторних та промислових досліджень розробленого пристрою.

7. У роботі недостатньо уваги приділено техніко-економічному обґрунтуванню впровадження адаптивної мехатронної системи. Аналіз витрат на розробку та впровадження, а також порівняння з існуючими технологіями могли б зробити роботу більш практично орієнтованою.

8. Доцільно було б отримати патент на пристрій (спосіб) з обґрунтованими раціональними параметрами.

9. Є певні зауваження до оформлення та подання матеріалу:

- не всі рисунки і таблиці мають достатньо детальні підписи і пояснення, що викликає труднощі у розумінні представлених даних. Наприклад, рисунки 2.3 і 4.3 потребують більш детального пояснення їх змісту та значення;

- у списку літератури є кілька посилань, які оформлені не коректно або надано неповні відомості; деякі з посилань відсутні по тексту, що порушує вимоги до оформлення бібліографічних посилань. Наприклад, посилання [39] та [42] не мають чіткої вказівки на джерело;

- у дисертації використовуються спеціалізовані терміни, які не завжди мають переклад або пояснення при першому вживанні, що ускладнює сприйняття матеріалу. Наприклад, терміни "split Hopkinson pressure bar" і "контактна сила" не по-



яснені належним чином у тексті. Доцільно було б дати пояснення таких термінів в «Переліку умовних позначень ...» на початку дисертації.

Висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

#### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії **Марчук Любові Романівни** на тему «**Адаптивна мехатронна система ударного руйнування гірських порід**» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань **14 – Електрична інженерія**. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.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.

Здобувачка **Марчук Любов Романівна** заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань **14 – Електрична інженерія** за спеціальністю **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**.

#### **Офіційний опонент:**

Завідувач відділу вібропневматичних систем і комплексів, учений секретар Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, доктор технічних наук, професор



Володимир ШЕВЧЕНКО

«24» липня 2024 року