

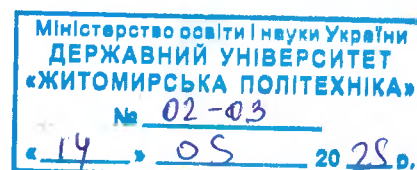
ВІДГУК

**офіційного опонента Темченка Олександра Анатолійовича на
дисертацію Закусила Романа Васильовича на тему:**

**“Наукові основи впровадження низькошвидкісних процесів детонації на
відкритих гірничих роботах”, подану на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.03–відкрита розробка
родовищ корисних копалин**

Актуальність теми дисертації.

Переважаючі тенденції розвитку наукових і прикладних аспектів гірничої вибухової справи спрямовані на подальше поглиблення теоретичних уявлень про механізм керованого формування інтенсивних силових полів в руйнованому гірському масиві, уніфікацію засобів ведення вибухових робіт і підвищення їх ефективності та безпеки ведення вибухових робіт на промислових підприємствах з відкритої розробки корисних копалин. Зважаючи на світові тенденції в розвитку засобів висадження, спрямованих на раціональне комплексне використання природних ресурсів, вітчизняна вибухова наука і гірнича практика разом з удосконаленням методів управління механічним ефектом вибуху не залишає поза увагою питання, пов'язані з розробкою вітчизняних засобів ведення вибухових робіт, які за ефективністю не поступаються світовим аналогам, а економічно і за безпекою – їх перевищують. Саме таке рішення дисертант вважає безумовно актуальним, а відповідні наміри взято дисертантом в якості ідеї рецензованої дисертаційної роботи. Коло наукових інтересів пошукувача високого наукового ступеня об'єднується питаннями, пов'язаними з розробкою наукових основ впровадження низькошвидкісних процесів детонації промислових зарядів в межах підприємств з відкритих гірничих робіт з адаптацією до сучасних можливостей вітчизняної практики і її вимог економічного та екологічного спрямування. До цього кола автор наукової розробки включив теоретичне обґрунтування і експериментальне



дослідження природи детонації у вітчизняних аналогах домінуючої у світовій вибуховій практиці неелектричної низькошвидкісної системи ініціювання, керуючись гіпотезою струсного механізму формування детонаційного процесу і трансляції детонаційного процесу в системі; приділив значну увагу перспективному і не освоєному практикою напрямкові вдосконалення засобів ініціювання свердловинних зарядів через розробку вибухових композицій з невибухових вихідних речовин для виготовлення проміжних детонаторів, метою якої є вилучення з обігу традиційних виробів на основі тротилу; включив до теми досліджень розробку з створення екологічно чистих сумішевих та емульсійних вибухових речовин (ЕВР) місцевого приготування з регульованою щільністю та швидкістю детонації; включив до комплексу досліджень напрямок, пов'язаний з розробкою та промисловим виготовленням зарядів вибухових речовин з низькою швидкістю детонації, придатних для енергетично ефективних, стабільних за детонаційною здатністю, екологічно необтяжливих вибухових речовин і їх композицій місцевого приготування, призначених для ощадливого відділення монолітів декоративного каменю без участі високочутливих і небезпечних у застосуванні нітроефірів. Виконаний дисертантом аналіз сучасного стану вітчизняної вибухової справи і наступні заявлені автором напрямки досліджень в окресленій сфері слід вважати актуальними, тобто такими, що безперечно сприятимуть прогресові вітчизняної вибухової справи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась в рамках держбюджетної теми Шосткинського інституту СумДУ № 0117U003110 «Розробка низькошвидкісних вибухових засобів та їх застосування при відкритих гірничих роботах», науково-дослідної теми № 117.09.06.17/2017/y/ТХО/486 «Вибір і обґрунтування оптимального варіанту використання наливних і патронованих емульсійних вибухових матеріалів в умовах кар'єру ПАТ «Південний ГЗК», міжнародної грантової науково-дослідної теми № 80.11-2020.01 «Науково-технічний супровід робіт та розробка директивно-проектної документації для створення хімічного

виробництва на ділянці ТОВ «D M Servis» (республіка Азербайджан), науково-дослідної теми № 80.11-2023.СП/02 «Розробка Директивного технологічного процесу виробництва по збиранню системи ініціювання неелектричної «Хвиля» на дільниці ПрАТ "Інтервибухпром" та розробка проекту Технічних умов «Система ініціювання неелектрична "Хвиля"», науково-дослідної теми № 117.05.10.12 "Розробка директивного технологічного процесу (ДТП) отримання модифікованого анозиту потужністю до 1000 т/рік із заданими характеристиками", науково-дослідної теми № 117.05.11.12 "Розробка способу отримання кристалічного анозиту із заданими характеристиками", науково-дослідної теми № 117.05.12.12 "Розробка, виготовлення та поставка обладнання дослідної установки кристалізації для отримання модифікованого анозиту із заданими характеристиками", науково-дослідної теми № 80.11-2024.СП/09 «Розробка технологічного регламенту на виробництво для ТОВ «ТЕХНОСТАРТ УА», науково-дослідної теми № 80.11-2024.СП/10 «Розробка технічних умов на продукт для ТОВ «ТЕХНОСТАРТ УА», в яких автор дисертації був науковим керівником або виконавцем за окремими розділами робіт.

Структура, зміст та оформлення дисертації.

Дисертаційна робота складається з вступу, 7 розділів, висновків, викладених на 283-х сторінках машинопису, включаючи 18 таблиць і 88 рисунків. До роботи додано список використаних джерел з 272 найменувань і 19 додатків на 59-ти сторінках. Разом об'єм роботи склав 347 машинописних сторінок.

У **вступі** обґрунтовано актуальність сформульованої наукової проблеми, що ґрунтується на комплексних теоретичних дослідженнях і прикладних розробках сучасної низки ефективних і безпечних у виготовленні та експлуатації низькошвидкісних вітчизняних детонуючих систем для відкритих гірничих робіт, показано зв'язок з науковими програмами, планами і темами, сформульовано мету та основні задачі досліджень, висвітлено наукову новизну і практичну цінність результатів досліджень.

В першому розділі розглянуто сучасний стан досліджень з тенденціями вдосконалення засобів та способів ведення вибухових робіт в гірництві. Належну увагу відведено розробці вітчизняних засобів висадження місцевого приготування, більша частина компонентів яких не є по суті вибуховими речовинами чи вибуховими матеріалами, зниженню швидкості детонаційних процесів в елементах вибухових систем для підвищення безпеки проведення вибухових робіт на відкритих розробках родовищах корисних копалин.

Другий розділ присвячено аналізу результатів теоретичних і експериментальних досліджень механізму зародження і розвитку детонаційних процесів в головному елементі сучасної неелектричної ініціюючої системи - трубчастому детонуючому хвилеводі, завданням якого є передача стійкого ініціюючого імпульсу від стартера до промислового заряду в безпечному низькошвидкісному режимі.

В розділі 3 викладено методичні засади та аналіз результатів лабораторних досліджень динамічних параметрів неелектричної ініціюючої системи, які базуються на використанні чутливих датчиків з п'єзокераміки та осцилографічної реєстрації.

Четвертий розділ присвячено розробці сумішевого складу і конструкції проміжного детонатора на основі вихідних матеріалів, які окремо не є вибуховими речовинами, з метою впровадження в практику БВР техніки безпечного виготовлення бойовиків на місці виконання робіт, що є актуальним з економічних і екологічних міркувань.

Розділ 5 присвячено дослідженням в роботах, пов'язаних з створенням прогресивних вітчизняних промислових речовин як об'єкта прикладання низькодетонаційних засобів їх ініціювання.

В розділі 6 висвітлюються результати виконаних автором досліджень, спрямованих на створення вітчизняного аналога системи ощадливого відділення блоків декоративного каменя шпуровим методом, в основу якої покладено технологію низькодетонаційних режимів К-зарядів.

В розділі 7 наведено матеріали, пов'язані з прикладними аспектами реалізації результатів дисертаційних досліджень в гірничій практиці.

Стиль викладення матеріалу та оформлення дисертаційної роботи зауважень не викликають.

Основні наукові результати та їх новизна.

Наукову новизну отриманих результатів представлено науковими положеннями, в яких вперше:

- дано теоретичне обґрунтування специфічних хвильових ефектів в трубчастому детонуючому хвилеводі з нанесеним на внутрішню поверхню шаром вибухової речовини докритичної маси;
- досліджено умови струшування напиленої вибухової речовини зі стійким детонаційним розкладом пилоповітряної вибухової суміші і дотриманням деформацій оболонки хвилеводу в пружному режимі;
- встановлено механізм трансляції детонаційного процесу в трубчастому хвилеводі та в комутаційних вузлах системи ініціювання в стабільному режимі їх функціонування;
- визначено детонаційні характеристики низькошвидкісних сумішевих вибухових композицій на невибухових вихідних з сенсibilізаторами та стабілізуючими домішками;
- науково та експериментально обґрунтовано ефективний склад безпечної вибухової суміші для спорядження вітчизняного аналога К-труб на місці виконання вибухових робіт із застосуванням гетерогенних малочутливих низькошвидкісних вибухових сумішей місцевого приготування на основі невибухових матеріалів для якісного і безпечного відбивання блочного каменю;
- розроблено ізогідричний метод сфероїдизації кристалів перхлоратів та октогену для отримання оптимальних за технологічними властивостями округлих кристалів заданих розмірів в кількості не менше 90 % від маси кристалізованої речовини.

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків і

рекомендацій підтверджуються коректністю поставлених завдань, застосуванням основних положень і практики відкритих гірничих робіт, збіжністю результатів теоретичних й експериментальних досліджень із технологічними параметрами на кар'єрах та діючих або побудованих завдяки результатам дисертації підприємствах, що підтверджуються низкою розроблених технологічних процесів та технічних умов, актами впровадження розроблених методичних положень від українських та закордонних виробничих організацій.

Практичне значення одержаних результатів роботи:

Розроблено безпечну вітчизняну низькошвидкісну систему ініціювання, відпрацьовано технологічні параметри процесу реалізації елементів системи.

Розроблено та впроваджено у виробництво технологічний процес виготовлення вітчизняної неелектричної системи ініціювання «Хвиля».

Запропоновано технологічні рішення з конструювання вибухової мережі розосереджених свердловинних зарядів на масових вибухах шляхом використання трубчастого безкапсульного комутаційного блоку (розгалужувача).

Розроблено вибухові низькошвидкісні композиції на основі нітрометану, перекису водню та гліцерину, перхлоратів для низькошвидкісних проміжних детонаторів.

Виявлено та обґрунтовано переваги неелектричної ініціюючої системи, як засобу формування інтервалів уповільнень на мікро- і мілісекундних рівнях при короткоуповільненому підриванні та відповідного успішного управління сейсмічним ефектом вибуху.

Розроблено та впроваджено у виробництво технологічний процес виготовлення емульсійної вибухової речовини «Азнітро».

Розроблено низькошвидкісну безпечну систему підривання типу К-зарядів місцевого виготовлення з невибухових матеріалів для ощадливого відколювання блокових масивів.

Публікації і апробація результатів дисертації.

За темою дисертації опубліковано 91 наукову працю: 56 статей (16 - у виданнях, індексованих наукометричними базами Scopus/WoS, 22 - у іноземних виданнях), 17 патентів на винахід, 14 тез доповідей (6 іноземних), 4 монографії (3 - іноземні, 1- індексована наукометричними базами Scopus/WoS).

Відповідність змісту автореферату і дисертаційної роботи та висвітлення результатів роботи в наукових виданнях

Автореферат повною мірою відображає структуру дисертаційної роботи та за змістом відповідає основним її положенням і висновкам.

Оформлення автореферату виконано відповідно до існуючих вимог. Висновки наведені у дисертаційній роботі та в авторефераті, є ідентичними.

Об'єм публікацій повною мірою відповідає вимогам до докторських дисертацій відповідно до «Порядку присудження наукових ступенів» Кабінету Міністрів України.

Оцінка змісту дисертації.

Зміст дисертації викладено логічно, чітко, аргументовано, мова лаконічна і зрозуміла, робота має велику кількість супровідних і пояснюючих рисунків, таблиць та додатків, що сприяє чіткому і однозначному розумінню викладеного матеріалу.

Стилістично викладений матеріал і мова тексту дисертації відповідають вимогам, що висуваються до дисертаційних робіт.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. *Розділ 3.* Не зрозуміло, за рахунок чого у тонких трубах відбувається стабільна детонація вибухової речовини з товщиною шару менше критичного діаметра?

2. Не пояснено, яким чином розмір кристалів октогену впливає на розповсюдження вибухової хвилі у тонких трубах?

3. Відсутні дані щодо максимальної питомої щільності детонуючого складу на метр ДХ, при якій хвилевід надійно передає детонацію.

4. *Розділ 4.* В дослідженнях проведено розрахунок, з якого виходить, що найдешевші сумішеві проміжні детонатори мають основою суміш перекису водню та гліцерину. Не зрозуміло, чому не вони були пріоритетними при впровадженні?

5. *Розділ 5.* Що таке соціальний ризик при застосуванні ЕВР? За якими методиками він розраховувався?

6. Порівняння ЕВР «Азнітро» проведено з американським аналогом ЕВР. Було б доцільним провести порівняльні випробування з вітчизняними ЕВР, наприклад «Анемікс», «Україніт».

7. *Розділ 7.* Відсутні дані, на яких родовищах можливе використання окремих елементів низькошвидкісної системи підривання?

За своїм змістом, поданням теоретичного матеріалу, проведеними дослідженнями та формулюванням висновків, а також загальним рівнем дисертаційна робота Закусила Р.В. відповідає поставленій меті та вирішеним задачам.

Заклучна оцінка дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Закусила Романа Васильовича на тему: “Наукові основи впровадження низькошвидкісних процесів детонації на відкритих гірничих роботах” є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішено актуальну наукову проблему створення наукових основ, засобів і технологічних рішень щодо механізму збудження, підтримання та регулювання процесів детонаційного розкладання в низькошвидкісних вибухових ланках систем вибухової мережі в умовах масових вибухів на відкритих гірничих роботах. Наукові розробки мають за мету оптимізацію механізму взаємодії вибухового імпульсу і розширюваних продуктів детонації з гірською породою. В дисертаційній роботі виконано добір і вдосконалення композицій для розширення кластеру вибухових матеріалів на основі доступних компонентів невибухової природи, що сприяє механізації виготовлення і формування зарядів ВР і виробів на місці виконання

вибухових робіт, принципово їх вдосконалює з економічної точки зору, а також з безпекових, екологічних і логістичних міркувань.

Викладені мною зауваження суттєво не впливають на мою загальну позитивну оцінку дисертації.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин.

В загальному висновку дисертаційна робота виконана на достатньо високому науковому рівні та, незважаючи на зауваження, повністю відповідає вимогам пунктів 7-9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року №1197. Її автор, Закусило Роман Васильович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин.

Офіційний опонент, доктор
технічних наук, професор,
професор кафедри хімічних
технологій та інженерії
Навчально-наукового
технологічного інституту
Державного університету
економіки і технологій МОН
України

О.А. Темченко

Підпис проф. О.А. Темченка засвідчую:

звезний секретар
Державного університету
економіки і технологій
12 травня 2025



Н. Багачова