**ВІДГУК**

офіційного опонента, доктора технічних наук

Зберовського Василя Владиславовичана дисертаційну роботу

**Цівки Євгенія Сергійовича**

**«Обґрунтування взаємодії кріплення із композитних матеріалів підготовчих виробок зі слабометаморфізованими породами шахт Західного Донбасу»**,подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 18 – Виробництво та технології за спеціальністю 184 «Гірництво»

Відгук складено на основі вивчення дисертації, опублікованих здобувачем наукових праць, а також документів, що свідчать про реалізацію та впровадження наукових досліджень.

***1. Актуальність обраної теми досліджень***

Проблема забезпечення стійкості підготовчих виробок на вугільних шахтах Західного Донбасу є надзвичайно важливою, оскільки ефективність і безпека гірничих робіт залежать від їх експлуатаційного стану. Видобуток вугілля ускладнюється через швидке збільшення глибини робіт та погіршення геологічних умов.

Стійкість підготовчих виробок в основному залежить від методів їх проведення, охорони, розташування відносно меж очисних робіт, а також від типу, конструкції та працездатності використовуваних кріплень. Зменшити інтенсивність нерівномірного розподілу тиску навколо виробки можна за рахунок впровадження ресурсоощадних систем кріплень та повторного використання виробок з застосуванням вуглепластиків.

Справжня стійкість виробок значною мірою залежить від характеристик використовуваних матеріалів. Аркове вуглепластикове кріплення здатне витримувати навантаження від ваги порід покрівлі та знижувати інтенсивність напружень навколо контуру виробки завдяки фізико-механічним властивостям вуглецевого волокна.

Тому, вважаю що тема дисертаційної роботи Цівки Є.С є **актуальною**.

***2****.****Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами***

Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі гірничої інженерії та освіти НТУ «Дніпровська політехніка» під час проведення досліджень за тематиками: тема ГП-501 «Виявлення закономірностей фазових перетворень газогідратів і напружено-деформованого стану гірського масиву та розробка інноваційних геотехнологій» (№ Д/Р 0119U000249); тема ГП-504 «Наукові та практичні основи оптимізації розрахунку параметрів інноваційних технологій при видобутку корисних копалин підземним способом» (№ Д/Р 0120U102077); тема ГП-509 «Наукові та практичні рішення оптимізаційних завдань при впровадженні інноваційних технологій мінімізації ризиків при закритті вугільних шахт» (№ Д/Р 0122U001719) та тема ГП-514 «Розробка геомеханічних моделей гірського масиву та інноваційних технологій комплексного видобутку мінеральних ресурсів вугільних шахт» (№ Д/Р 0123U101808).

**3**. ***Аналіз змісту роботи, наукової новизни, практичної вагомості,*** *вірогідності та обґрунтованості отриманих результатів*

Структура та обсяг дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури (179 найменувань), та 5-ти додатків (А, Б, В, Г, Д). Загальний обсяг основного тексту дисертації – 124 сторінки. Зміст дисертації відповідає її обраній назві.

***У вступі*:** обґрунтовано актуальність теми дисертації, її зв'язок з програмами, планами й темами наукових досліджень; сформульовано мету роботи, завдання та методи досліджень; наведено наукову новизну практичне значення отриманих результатів, відомості щодо апробації роботи, її структури та обсягу публікацій.

**У *першому розділі*** дисертації «Аналіз наявних видів систем кріплень та можливість використання композитних матеріалів у вуглевидобувній промисловості» наведено аналіз технічних характеристик металевих аркових кріплень та їх недоліки. Розглянуто фізико-механічні властивості композитних матеріалів. Наведено, що вони добре взаємодіють один з одним. Тому, через високу питому міцність, гнучкість, термостійкість і тривалий термін працездатності, для систем кріплення виробок слід використовувати вуглецеве волокно й сталь.

**У *другому розділі*** розглянуто програми комп'ютерного моделювання, які базуються на методі скінчених елементів, чисельному методі для розв'язання диференціальних рівнянь з похідними та інтегральними рівняннями при вирішенні задач визначення НДС гірського масиву з урахуванням повної діаграми «навантаження-деформація». Запропонована методика пошуку рішення за допомогою методу фіктивних зусиль взаємодії з енергетичними концепціями рівноваги суцільного середовища у позамежному стані. Встановлені основні вимоги до програмного комплексу та обґрунтовано застосування програмного комплексу SolidWorks для визначення інтенсивності напружень навколо підготовчої виробки з використанням аркових вуглепластикових кріплень різних перетинів.

**У** ***третьому розділі*** дисертації «Аналіз гірничо-геологічних умов залежності зміни типу кріплення від збільшення тиску в умовах шахт Західного Донбасу» здобувач розглядає гірничо-геологічні умови на шахтах ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» та їх об’єднання в групи за подібними показниками. Моделює напружено-деформований стан системи кріплення із вуглепластику у вугільно-породному масиві навколо пласта С5 шахти імені Героїв Космосу, шахти «Дніпровська» та пласта С10 в умовах шахти «Західно-Донбаська», аналізує та узагальнює отримані результати.

За результатами досліджень було встановлено, що концентрація інтенсивності напружень та їх область поширення зменшилися вдвічі, що призвело до зменшення обсягів зруйнованих порід у шарах покрівлі пласта і формування зниженого гірського тиску навколо підготовчої виробки. Також встановлено, що зниження напружень у верхняках та стояках рами відбувається при використанні вуглепластику завдяки новим замкам податливості. Це підтверджується здатністю вуглепластику сприймати частину вертикального гірського тиску, завдяки своїм фізико-механічним властивостям, що зберігають демпфувальний ефект.

Отримані залежності підтвердили доцільність застосування вуглепластику в системах кріплення завдяки його гнучкості та високим міцнісним характеристикам. Встановлено, що ресурсозаощаджувальні умови рівноміцності елементів системи кріплення дозволяють зменшити металомісткість конструкції в п’ять разів за рахунок збільшення діаметра (50 - 100 мм) у конкретній точці контуру виробки, де прогнозується найбільший вплив тиску.

Результати порівняння розрахунків напружено-деформованого стану базового металевого та аркового вуглепластикового кріплень показали зменшення інтенсивності напружень навколо підготовчої виробки. Завдяки опорної здатності вуглепластику напруження по всій системі кріплення зменшилися на 30-35%, що підтверджує тезу про зниження вертикального тиску на конструкцію кріплення.

На підставі встановлених закономірностей оптимальних розмірів і типів кріплення з вуглепластику, розроблено рекомендації щодо доцільності його використання у шаруватому масиві слабометаморфізованих порід.

**У *четвертому розділі*** дисертації розглянуто основні принципи фізичного моделювання, наведено методику моделювання та надано результати експериментальних досліджень зміни деформації масиву та кріплення в еквівалентній моделі шаруватого гірського масиву на пресі. За допомогою методу фізичного моделювання проявів гірського тиску з дотриманням критеріїв подібності вивчається механізм деформації товщі порід навколо підготовчої виробки у взаємодії з вуглепластиковим кріпленням.

Наведено основні етапи послідовності 3D друку у лабораторних умовах, створення цифрової моделі, друк об’єкта та виготовлення моделей. Розглянуто результати випробувань моделей на пресі під навантаженням 0 кH; 4 кН; 9 кН; 12 кН та 15 кН, що відповідає реальним умовам навантажень за визначений відрізок часу.

Здобувач керувався законами теорії подібності, що враховували основні фізико-механічні характеристики деформації моделі вуглепластикового волокна та пластику типу PLА: модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, міцність на стиск та розтяг, кут тертя та зчеплення. Це дає підставу вважати проведення досліджень коректним.

Встановлено, що завдяки новому виду композитного кріплення, при збільшенні навантаження з певним періодом часу та зменшенням інтенсивності нерівномірного розподілу напружень навколо виробки, зміщення контуру виробки зменшились на 20 %.

Отримані залежності деформації еквівалентного матеріалу при збільшенні навантаження, що прикладається, показали що для складних гірничо-геологічних умов шахт Західного Донбасу розбіжність значень між лабораторними та теоретичними дослідженнями не перевищує 15 %.

***У загальних висновках*** дисертації наведено основні, отримані автором, наукові та практичні результати досліджень, яки підкреслюють їх наукову новизну та практичну значущість.

За результатами досліджень автором опубліковано 15 друкованих праць, з яких: 3 статті у наукових фахових виданнях України та 2 роботи у наукометричній базі Scopus, 3 патенти та 7 тез доповідей у матеріалах конференцій. Основні положення за результатами дисертаційної роботи достатньою мірою апробовані на наукових конференціях.

**Наукова новизна отриманих результатів**

Автором вперше отримано наступні результати**:**

 – змодельовано взаємодію підготовчої виробки з арковим вуглепластиковим кріпленням постійного та змінного перетину у програмному продукті SolidWorks, що дозволило виявити характер деформацій навколо підготовчої виробки для слабометаморфізованих порід;

 – встановлені раціональні параметри вуглепластикового аркового кріплення різних форм перетину, що взаємодіє з шаруватим масивом, завдяки, чому вдалось знизити інтенсивність напружень з рівня =0,4 до рівня =2,0;

 – встановлені закономірності деформацій контуру виробки при застосуванні кріплення із вуглепластику та його впливу на гірський масив з урахуванням структури;

 – створена еквівалентна модель шаруватого масиву з вуглепластику та пластику типу PLA відповідно законам теорії подібності.

**Наукове значення роботи** полягає у встановленні закономірностей зміни розподілу тиску навколо підготовчої виробки з використанням вуглепластиків у системі кріплень в умовах слабометаморфізованих порід шахт Західного Донбасу.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в тому, що теоретичні й методичні положення дисертації за допомогою програмного продукту SolidWorks дозволили шляхом моделювання встановити характер розподілу тиску навколо підготовчої виробки та створити еквівалентну модель шаруватого масиву з вуглепластиковим кріпленням, а саме:

1. Встановлені раціональні параметри аркового вуглепластикового кріплення для постійного, змінного та круглого перетину для слабометаморфізованих порід шахт Західного Донбасу.

2. Визначені показники взаємодії елементів технологічної системи «вуглепластикове кріплення – гірнича виробка» зі збереженням технологічних параметрів, що підвищують продуктивність видобутку та є безпечними для шахтарів.

3. Визначені показники зміщень деформацій контуру виробки при взаємодії з кріпленням із вуглепластику за допомогою лабораторного дослідження шляхом випробовування моделі на пресі.

**4.** ***Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі***

Ступінь обґрунтованості та вірогідність наукових результатів, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується коректною постановкою статистичного аналізу вихідних даних об’єкту дослідження й вирішенням обернених задач із використанням та проведенням обчислювальних експериментів на науково-обґрунтованих просторових моделях методом скінченних елементів. Вірогідність отриманих результатів досліджень становить 85 %, а похибка між експериментальними даними й технічними даними шахт Західного Донбасу коливається в межах 15 %.

***5. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності***

Розглянувши звіт подібності у програмному продукті Unicheck, щодо перевірки на плагіат, дійшов до висновку, що дисертаційна робота Цівки Євгенія Сергійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Застосовані концепції, результати та тексти інших авторів містять посилання на відповідні джерела. Дисертація відзначається цілісністю змісту та відповідає вимогам оформлення.

***6. Зауваження до дисертаційної роботи***

Позитивно оцінюючи в цілому виконану роботу, вважаю за необхідне зробити перелік зауважень.

1. За текстом роботи мають місце незначні неточності та помилки друку. Наприклад, на стор. 17 у другому пункті наукової новизни «… знизити інтенсивність напружень з рівня σ =0,4 до рівня σ = 2,0» не вказано одиниці виміру параметра.

2. Не зовсім зрозуміло, чому саме був обраний вуглепластик для системи кріплення? Необхідно було б більш обґрунтовано привести його переваги над іншими композитними матеріалами.

3. Висновки за розділами 1 та 2 дисертаційної роботи не в повної міри відображають результати аналізу проведених досліджень, у яких розкрита актуальність поставленого завдання у розв'язанні проблеми кріплення підготовчих виробок.

4. Здобувач не у повної міри обґрунтував доцільність використання програмного продукту SolidWorks, необхідно було б ширше розглянути низку продуктів, що здатні вирішувати задачі геомеханіки з використанням методу скінченних елементів.

5. Не зовсім зрозуміло, чому саме був обраний метод еквівалентних матеріалів? Також, було б доцільним уточнення та обґрунтування вибору пластику типу PLA?

6. У висновках до розділу 4, пункт 4 наведено: – «Отримані залежності взаємодії аркового вуглепластикового кріплення з шаруватим масивом не мали розбіжностей з подібними проблемами досліджень у галузі геомеханіки, а його використання є реальним для умов шахт Західного Донбасу». Незрозуміло, яки розбіжності розглядає автор. Якщо це розбіжності в закономірностях, то вони є завжди, а якщо у напрямах досліджень, то це зовсім інше.

7. У загальних висновках у пунктах 7 та 8 наведено, що за результатами досліджень розроблено методику розрахунку економічної ефективності використання аркового вуглепластикового кріплення та економічний ефект, що очікується, у розмірі 650 тис. гривень. Незрозуміло на підставі яких досліджень зроблено ці висновки, якщо в тексті дисертаційної роботі, крім Додатку Г, немає жодного пункту з розгляду економічного ефекту та використання аркових вуглепластикових кріплень у виробках.

***7. Загальний висновок щодо дисертаційної роботи***

Оцінюючи результати досліджень вважаю, що мета роботи досягнута, а завдання, що поставлені, виконано. Дисертаційна робота написана грамотною технічною мовою та логічно побудована. Отримані в ході досліджень наукові результати мають достатній рівень новизни, а де яки мають інноваційний характер.

Зазначені недоліки та зауваження щодо дисертаційної роботи не мають принципового характеру і не впливають на її позитивну оцінку. Робота виконана самостійно та є завершеним науковим дослідженням.

Вважаю, що дисертаційна робота ***Цівки Євгенія Сергійовича*** *на тему:* ***«Обґрунтування взаємодії кріплення із композитних матеріалів підготовчих виробок зі слабометаморфізованими породами шахт Західного Донбасу»***, задовольняє вимогам, що передбачені наказом Міністерства освіти та науки № 40 від 12.07.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії» (пп. 5, 6, 8).

Цівка Євгеній Сергійович ***заслуговує*** присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 184 – Гірництво, галузь знань 18 Виробництво та технології.

