

ВІДГУК

рецензента на дисертаційну роботу Шеки Івана Валерійовича на тему: «Обґрунтування раціональних параметрів кріплення із композитних матеріалів для гірничих виробок вугільних шахт, що розташовані на глибинах понад 1000 метрів», поданої на здобуття 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

Підвищення зацікавленості до проблем кріплення і підтримки підготовчих виробок вугільних шахт пов'язано зі збільшенням вимог до міцності та надійності матеріалів, а також до конструкцій кріплення у важких гірничо-геологічних умовах, особливо на надглибоких горизонтах, де мають місце прояви підвищеного нерівномірного гірського тиску.

Ускладнення умов відпрацювання вугільних пластів, як правило, пояснюють збільшенням глибини ведення гірничих робіт. Але під терміном «збільшення глибини ведення робіт» мається на увазі не тільки зниження рівня виконання робіт щодо земної поверхні, але і зумовлені ним геомеханічні, тектонічні і газодинамічні явища.

Розробка вугільними шахтами надглибоких горизонтів ($H > 1000$ метрів) є невід'ємною складовою при видобуванні корисних копалин, та зі збільшенням глибини розробки суттєво зростають і витрати на проведення та підтримку підготовчих виробок.

У зв'язку з цим новим технологічним рішенням здобувача є кріплення з композитних матеріалів. Таким матеріалом у роботі є вуглепластик. Одним з найефективніших напрямків підвищення стійкості гірничих виробок є розробка нового інноваційного виду кріплення з композитних матеріалів, який покращить стан виробок.

Отже, обрана **Шекою Іваном Валерійовичем** тема дисертаційного дослідження є актуальною.

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

Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі гірничої інженерії та освіти НТУ «Дніпровська політехніка» відповідно до Національного плану дії в галузі енергетики до 2030 року № 687, затвердженим Міністерством енергетики та вугільної промисловості України в 2018 році, програми «Українське вугілля», затвердженої постановою Кабінету міністрів України (№ 1205 від 19 вересня 2001 р.), а також планів держбюджетних робіт Міністерства освіти і науки України в 2020 – 2023 роках: тема ГП-504

«Наукові та практичні основи оптимізації розрахунку параметрів інноваційних технологій при видобутку корисних копалин підземним способом» (№ держреєстрації: 0120U102077), тема ГП-514 «Розробка геомеханічних моделей гірського масиву та інноваційних технологій комплексного видобутку мінеральних ресурсів вугільних шахт» (№ держреєстрації: 0123U101808).

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність та наукова новизна

Детально ознайомившись з дисертаційною роботою та публікаціями здобувача, вважаю, що наукові висновки, які виносяться на захист здобувачем, повною мірою відображають отримані наукові результати, мають достатню обґрунтованість, яку забезпечено завдяки коректній постановці задач дослідження, їх розв'язання використанням сучасного інформаційного і організаційно-технічного забезпечення, а також підтверджується результатами застосування обраних для досліджень методик на підприємствах гірничодобувної галузі, порівнянням і узгодження результатів досліджень, що мають прийнятну розбіжність.

Наукові положення і результати, що виносяться на захист, сформульовані автором наступним чином.

1. Вперше розроблена модель кріплення із композитних матеріалів для гірних виробок вугільних шахт, яка відрізняється від традиційної моделі металевого кріплення тим, що стояки та верхняк мають круглий профіль із композитного матеріалу, а вузли піддатливості виконані у вигляді циліндра, що заповнений пластичним матеріалом штокоподібної форми, з можливістю переміщення верхняка рами у вертикальній площині та демпфування кріплення.

2. Вперше розроблена просторова геомеханічна модель для дослідження взаємодії композитного кріплення із масивом гірських порід з урахуванням впливу глибини ведення робіт, структури і властивостей гірських порід, положення очисного вибою і параметрів кріплення виробки, що дозволило максимально наблизити модель до реальних гірничо-геологічних і гірничо-технічних умов для підвищення адекватності одержуваних результатів;

3. Встановлено ступінь впливу різних гірничо-геологічних умов на композитне кріплення підготовчої виробки. Встановлено, що найбільш інтенсивний вплив на систему кріплення відбувається при розташуванні кріплення безпосередньо у зоні ведення очисних робіт;

4. Встановлено нові закономірності зв'язку параметрів композитного кріплення гірничої виробки з геомеханічними факторами її підтримки, що відрізняються від відомих з урахуванням їх взаємовпливу як в domeжних, так позаomeжних стадіях деформування кожної складової геотехнічної системи.

5. Переріз композитного кріплення змінюється за ступеневу залежністю від співвідношення глибини проведення виробки H та середнього

розрахункового опору на стискання R гірських порід. Це дозволяє прогнозувати стійкий стан виробки протягом усього терміну її експлуатації.

6. Навантаження на композитне кріплення підготовчої виробки, знаходиться в прямо пропорційній степеневій залежності від параметра H/R і зворотно пропорційно перерізу композитного кріплення. Це забезпечує вибір параметрів системи композитного кріплення зі зниженою матеріаломісткістю без погіршення стійкості виробки.

Наукові висновки та залежності є логічними. Вони ґрунтуються на основі опрацювання отриманих даних при проведенні низки експериментальних досліджень.

4. Оцінка змісту роботи та повнота викладення положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (215) та трьох додатків (А, Б, В). Загальний обсяг дисертації – 158 сторінок, у тому числі 37 рисунків та 8 таблиць.

Вважаю, що характер змісту дисертаційної роботи відповідає обраній темі та назві. Текст дисертації викладено логічно та грамотною технічною мовою.

Робота супроводжується достатньою кількістю пояснювальних рисунків і таблиць, а також додатками, що вказує на її цілісність та завершеність.

Розділ 1 дисертаційної роботи присвячено результату аналізу використання композитних матеріалів у різних галузях. Проаналізовано споживання вуглепластиків та структура ринку композитів за країнами, а також співвідношення складових вартості композитних матеріалів залежно від обсягів виробництва.

Розглянуто сучасні напрями наукових досліджень, що присвячені конструкціям кріплення виробленого простору арочними рамами та анкерами, а також з вивчення взаємодії кріплення з гірським масивом, з чого зроблено висновок, що наразі є неухильна тенденція до створення та впровадження нових засобів кріплення у гірничі виробки.

Проаналізовано особливості методу комп'ютерного моделювання геомеханічних систем, що свідчать ефективне застосування відомих і традиційних методів визначення НДС доповнюється точними кількісними показниками, що одержуються під час комп'ютерного моделювання. Цей підхід зарекомендував себе під час вирішення проблем підтримки підготовчих та виїмкових виробок, визначення раціональних параметрів схем анкерного та рамного кріплення, розробки рамно-анкерного кріплення з гнучкими зв'язками між елементами та ін.

Наведено особливості технології 3D-друку, які саме в останнє десятиліття отримали широке поширення та застосування.

За результатами виконаного аналізу значної кількості інформаційних джерел (165) та виявлених недоліків зроблено відповідні висновки та сформульовано задачі подальшого дослідження за обраною темою дисертації.

Розділ 2 присвячено розробці кріплення із композитних матеріалів та розрахунку його напружено-деформованого стану.

Здобувач розробив дві конструкції кріплення із композитних матеріалів (постійного та змінного перерізів), що включають верхняк з'єднаний вузлами піддатливості зі стояками, вузли піддатливості виконані у вигляді циліндру, який заповнений пластичним матеріалом (парафіном), штокоподібної форми з можливістю переміщення верхняку рами у вертикальній площині.

Розроблено та удосконалено методику проведення обчислювального експерименту з обґрунтування взаємодії композитного кріплення з гірським масивом. Проаналізовано зміну НДС гірського масиву та кріпильної системи штреку. Встановлено залежності σ_{\max} від виду встановлюваного кріплення у стояках та верхняку.

Проведено лабораторні дослідження на стиснення кріплення із композитних матеріалів та встановлено максимальні напруження, виходячи з максимального навантаження на композитне кріплення F_{\max} .

Розділ 3 дисертаційної роботи здобувач присвятив аналізу НДС вуглевмісного масиву та композитного кріплення підготовчої виробки в умовах ШУ «Покровське»

Здобувачем вдосконалено розрахункову модель вивчення напружено-деформованого стану гірського масиву навколо підготовчої виробки за рахунок переходу від лінійного конструкційного аналізу до нелінійного, що дозволило підвищити достовірність отриманих результатів.

Проаналізовано закономірності зміни НДС кріпильної системи штреку при надпрацюванні його лавою, при безпосередньому веденні очисних робіт, поза зоною ведення та за різної глибини проведення виробки.

Встановлено, що напруження в базовому варіанті металевого кріплення досягають максимальних величин (понад 270 МПа) у стояках від підосви на висоту 0,8 – 1,1 м, симетрично з обох сторін; на верхняк також впливає максимальні напруження від центру виробки в обидва боки на 1,4 – 1,5 м, що знаходиться на межі деформації і руйнування кріплення. А кріплення із композитного матеріалу D39 в тих же умовах не досягає максимальних напружень за винятком невеликої зони розміром 0,2 – 0,3 м у стояках та 0,3 – 0,4 м у верхняку, що не призводить до руйнування кріплення та зміни поперечного перерізу виробки.

Виходячи із досліджень розділу встановлено, що переріз композитного кріплення змінюється за степеневою залежністю від співвідношення глибини проведення виробки H та середнього розрахункового опору на стиснення R гірських порід. Це дозволяє прогнозувати стійкий стан виробки протягом усього терміну її експлуатації.

Встановлена кореляція має місце між параметром перерізу композитного кріплення і відношенням H/R , що дозволило здобувачу сформулювати один із основних та значущих наукових висновків дисертаційної роботи: навантаження на композитне кріплення підготовчої виробки, знаходиться в прямо пропорційній степеневій залежності від параметра H/R і обернено пропорційно перерізу композитного кріплення. Це

забезпечує вибір параметрів системи композитного кріплення зі зниженою в 5 разів матеріаломісткістю без погіршення стійкості виробки.

Розділ 4 присвячено обґрунтуванню раціональних параметрів композитного кріплення, що підтримується у масиві гірських порід на глибинах понад 1000 метрів.

Здобувачем самостійно розроблено алгоритм пошуку раціональних параметрів кріпильної системи, який за допомогою обчислювального експерименту дозволяє враховувати переріз кріплення та переріз штоку, що суттєво впливає на експлуатаційні характеристики кріплення.

Використовуючи розроблений алгоритм, проведено обчислювальний експеримент для дослідження НДС удосконаленої системи кріплення, що дозволило обґрунтувати раціональні параметри композитного кріплення.

Виконані дослідження дозволили розробити алгоритм вибору раціональних параметрів системи композитного кріплення в умовах ШУ «Покровське», що полягає у наступному:

1. Визначається раціональний переріз композитного кріплення за формулою (4.1).

2. Виходячи з гірничотехнічних умов проведення виробки та оптимального перерізу композитного кріплення рекомендовано використання штоку перерізом, що наведено на рис. 4.2,-б, в; якщо у виробці в силу інших гірничотехнічних умов необхідно ставити кріплення з більшим перерізом, ніж раціональний, то рекомендовано використання штоку перерізом, що зображено на рис.4.2-г, д, є;

3. Крок встановлення L композитного кріплення розраховується за нормативними документами [209], [210] та за формулою:

$$L = \frac{N}{P}, \text{ м} \quad (4.2)$$

де N – опір однієї рами композитного кріплення, кН;

P – розрахункове навантаження на 1 м виробки, кН/м.

4. Крок встановлення анкерів дорівнює кроку встановлення L композитного кріплення, оскільки анкери розташовується всередині кожного міжрамного простору.

Вибрані таким чином параметри системи композитного кріплення дозволяють отримати необхідну стійкість гірничої виробки.

Заслуговує на окрему увагу розроблена здобувачем методика визначення раціональних параметрів композитного кріплення підготовчих виробок на глибинах понад 1000 метрів, суть якої полягає в застосуванні розробленої автором формули для визначення раціонального перерізу композитного кріплення, що дозволяє в подальшому вибирати раціональний переріз кріплення і штоку піддатливості. Запропоновану методику рекомендується використовувати як додаток до чинних нормативних документів з підтримки гірничих виробок на великих глибинах.

У загальних висновках дисертації наведено основні, отримані автором наукові і практичні результати, що підкреслюють їх новизну і значимість.

За результатами досліджень автором опубліковано 23 друковані праці, з яких: 4 статті у наукових фахових виданнях України та 3 роботи у наукометричній базі Scopus, 3 патенти на корисну модель, 13 тез доповідей у матеріалах конференцій.

Вважаю, що основні положення за результатами дисертаційної роботи в достатній мірі опубліковані та апробовані на наукових конференціях.

5. Значення роботи для науки, практики та суспільства

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей зміни розподілу навантаження на композитне кріплення гірничих виробок, що розташовані на глибинах понад 1000 метрів.

Практичне значення отриманих результатів. Полягає в тому, що теоретичні й методичні положення дисертації дозволили розробити «Методику визначення раціональних параметрів композитного кріплення підготовчих виробок на глибинах понад 1000 метрів», а також «Обґрунтувати раціональні параметри кріплення із композитних матеріалів для гірничих виробок вугільних шахт, що розташовані на глибинах понад 1000 метрів».

Запропонована «Методика визначення раціональних параметрів композитного кріплення підготовчих виробок на глибинах понад 1000 метрів» може бути використана науковими співробітниками проектних та науково-дослідних інститутів гірничодобувної галузі, інженерно-технічними співробітниками виробничих об'єднань, а також студентами гірничих ЗВО та факультетів.

Вважаю, що реалізація результатів роботи автора забезпечить підвищення стану гірничих виробок, що розташовані на глибинах понад 1000 метрів.

6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, дійшов до висновку, що дисертаційна робота Шеки Івана Валерійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Дисертація характеризується єдністю змісту та відповідає вимогам щодо її оформлення.

7. Дискусійні положення

1. Незважаючи на вельми широкий аналіз публікацій у розділі 1 дисертаційної роботи, здобувач приділив досить велику увагу застарілим джерелам. Доречніше було б розглянути більш сучасні наукові публікації (2022 – 2024 рр.).

2. Не зовсім зрозуміло використання саме вуглепластику як матеріалу для кріплення.

3. Здобувач не у повній мірі обґрунтував використання програмного комплексу Ansys Mechanical. Ба більше, у роботі розглянуто тільки 4 програмні продукти. Доцільніше було б розглянути більшу кількість.

4. Не зовсім зрозумілим є аналіз напружень в гірському масиві для умов розрахункового експерименту. Вважаю, що доречніше було б розглядати одразу гірський масив із композитним кріпленням.

5. На рис. 3.14 не зрозумілим, на мою думку, є вибір значень опору гірського масиву на стиснення R.

6. Вважаю, що потрібне коригування висновків до розділу 3 дисертаційної роботи, оскільки вони дуже загальні та їх всього п'ять. Цей розділ є одним із основних, і формулювання висновків є вкрай важливим.

7. Вважаю, що доцільнішим на рис. 4.5 було б показати кількісну, а не якісну закономірність впливу параметрів H/R (-) і D (- -) на формування навантаження Q та інтенсивність напружень σ в елементах композитного кріплення.

8. Не зовсім зрозуміло, чому здобувач приділив досить малу увагу системі анкерного кріплення, яке майже не розглядалося при обґрунтуванні раціональних параметрів композитного кріплення.

Зазначені вище зауваження не знижують наукового рівня та загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

8. Загальний висновок щодо дисертаційної роботи

Дисертаційна робота написана грамотно, технічною мовою та логічно побудована. Отримані в ході досліджень наукові результати мають достатній рівень новизни та є певною мірою інноваційними.

Зазначені недоліки та зауваження щодо дисертаційної роботи, на мою думку, не мають принципового характеру і не впливають на її позитивну оцінку. Взагалі, дисертація Шеки І.В. є самостійною, завершеною науковою роботою, а її основні положення та результати є науково обґрунтованими, достовірними та корисними як у теоретичному, так і в практичному аспектах.

Вважаю, що дисертаційна робота Шеки Івана Валерійовича на тему: «Обґрунтування раціональних параметрів кріплення із композитних матеріалів для гірничих виробок вугільних шахт, що розташовані на глибинах понад 1000 метрів», 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).

Шека Іван Валерійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 184 – Гірництво, галузь знань 18 Виробництво та технології.

Професор кафедри гірничої інженерії та освіти,
доктор технічних наук, професор Національного
технічного університету
«Дніпровська політехніка»

Роман ДИЧКОВСЬКИЙ