# ВІДГУК

# офіційного опонента 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», яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 18 – Виробництво та технології за спеціальністю 184 – «Гірництво»

# Актуальність теми дисертації.

# Незважаючи на останні світові тренди декарбонізації, вугільна галузь в Україні залишається важливою, перспективною, в окремих випадках містоутворюючою галуззю, яка значною мірою забезпечує енергетичну безпеку країни, що особливо значимо у військовий час.

# Одним з головних завдань удосконалення підземного вуглевидобутку є створення ефективних засобів та способів забезпечення стійкості гірничих виробок. Це питання залишається одним з найактуальніших у гірничому виробництві, оскільки від експлуатаційного стану гірничих виробок залежить ефективність та безпечність проведення гірничих робіт.

# Автор обрав пошуковий напрямок досліджень підвищення стійкості гірничих виробок із застосуванням інноваційного кріплення з композитних матеріалів, яке він розробив самостійно. Воно дозволяє знизити негативні прояви гірського тиску на значних глибинах і сприяє покращенню умов для безперебійної та безпечної роботи гірничих виробок.

# Таким чином, обрана тема дисертаційної роботи є важливою та актуальною.

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

# Обґрунтованість і достовірність наведених у дисертації наукових результатів забезпечується детальним аналізом інформаційних джерел за темою дисертаційного дослідження, який включає здобутки дослідників багатьох країн, чіткою постановкою мети і задач досліджень, коректністю прийнятих припущень, а також застосуванням сучасних загальновизнаних наукових підходів. Наукові висновки у роботі повною мірою відображають отримані результати, мають достатню обґрунтованість, яку забезпечено завдяки коректній постановці задач дослідження, їх вирішення з використанням сучасного інформаційного і організаційно-технічного забезпечення, а також підтверджується результатами застосування обраних для досліджень методик на підприємствах гірничодобувної галузі, порівнянням і узгодженням результатів комп’ютерного та фізичного моделювання, натурних досліджень, що мають прийнятну розбіжність.

# Новизна результатів дисертації полягає в наступному:

# 1. Вперше розроблене кріплення із композитних матеріалів для гірничих виробок вугільних шахт, яке відрізняється від традиційного сталевого кріплення тим, що стояки та верхняк мають круглий профіль із композитного матеріалу, а вузли піддатливості виконано у вигляді циліндра штокоподібної форми, що заповнений пластичним матеріалом, 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 гірничотехнічних умов для підвищення адекватності одержуваних результатів.

# 3. Встановлено ступінь дії 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 домежевих, так і позамежевих стадіях деформування складових геотехнічної системи.

# 5. Площа перерізу композитного кріплення змінюється за степеневою залежністю від співвідношення глибини проведення виробки H та середнього розрахункового опору на стискання R гірських порід. Це дозволяє забезпечувати стійкий стан виробки протягом усього терміну її експлуатації.

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

# *Наукове значення роботи* полягає у встановленні закономірностей розподілу навантажень та внутрішніх зусиль в конструкції рамного кріплення з композитних матеріалів в умовах глибин розробки понад 1000 метрів.

# *Практичне значення отриманих результатів* полягає в наступному:

# Розроблена «Методика визначення раціональних параметрів композитного кріплення підготовчих виробок на глибинах понад 1000 метрів»;

# Розроблено конструкцію та обґрунтовано раціональні параметри кріплення із композитних матеріалів для гірничих виробок вугільних шахт, що розташовані на глибинах понад 1000 метрів

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

# За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Шеки І.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 184 Гірництво.

# За результатами перевірки дисертаційної роботи на плагіат, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Шеки І.В. є результатом самостійних досліджень і не містить елементів фальсифікації, фабрикації, плагіату та запозичень.

# Мова та стиль викладання результатів.

# Дисертаційна робота написана українською мовою. Викладення матеріалів відзначається логічною послідовністю, стиль написання є науковим з урахуванням міжнародної та вітчизняної термінології.

# Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури із 215 найменувань, трьох додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 158 сторінок, у тому числі 38 рисунків та 7 таблиць.

# *Перший розділ* містить стан вугільної галузі та аналіз використання композитних матеріалів у різних сферах ткехніки. Здобувач дослідив різні композитні матеріали та порівняв їх фізико-механічні властивості. Автором окреслено передумови використання композитних матеріалів у елементах кріплення гірничих виробок. Здобувач проаналізував особливості методу комп'ютерного моделювання геомеханічних систем, а також технології 3D-друку, що було використано в подальшій роботі. Сформулював мету, ідею, методи та основні задачі дослідження.

# *У другому розділі* здобувач розробив два типи кріплення із композитних матеріалів та розрахував їх напружено-деформований стан за допомогою комп’ютерного експерименту. Автором розроблено методику проведення обчислювального експерименту з обґрунтування взаємодії композитного кріплення з гірським масивом за допомогою якої у роботі проводився розрахунковий експеримент. Обґрунтовано параметри геомеханічної моделі вуглевмісного масиву при композитному кріпленні. У результаті моделювання встановлено зміну напружень у кріпленні із спецпрофілю СВП та композитному кріпленні змінного та постійного перерізів. Проведено лабораторні дослідження на стиснення кріплення із композитних матеріалів. За результатами яких критичні напруження у композитному кріпленні виявилися майже ідентичними у порівнянні з комп’ютерним експериментом та коливаються в межах 150 – 160 МПа, що дозволило зіставити результати з комп’ютерним моделюванням, збіжність яких досить висока і коливається у межах 85 – 90 %.

# *У третьому розділі* для збільшення ступеня збіжності умов розрахункової моделі з реальними умовами здобувач здійснив перехід до використання нелінійного статичного аналізу. Проведено розрахунковий експеримент для наступних умов: у зоні ведення очисних робіт, поза зоною ведення, а також при зміні глибини розташування. Виходячи із досліджень, здобувач встановив, що площа перерізу композитного кріплення змінюється за ступеневою залежністю від співвідношення глибини проведення виробки *H* та середнього розрахункового опору на стинення *R* гірських порід, що дозволяє забезпечувати стійкий стан виробки протягом усього терміну її експлуатації. Також, встановлена кореляція має місце між параметром перерізу композитного кріплення і відношенням *H/R*, що дозволило здобувачу сформулювати один із основних наукових висновків роботи: навантаження на композитне кріплення підготовчої виробки, знаходиться в прямо пропорційній степеневій залежності від параметра *H/R* і обернено пропорційно площі перерізу композитного кріплення.

# *Четвертий розділ* присвячений обґрунтуванню раціональних параметрів композитного кріплення на значних глибинах (понад 1000 метрів). Здобувачем самостійно розроблено алгоритм пошуку раціональних параметрів кріпильної системи, який за допомогою обчислювального експерименту дозволяє враховувати площі перерізу кріплення та штоку піддатливого вузла, 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.

# У заключних висновках узагальнено отримані результати щодо раціональних параметрів композитного кріплення для гірничих виробок вугільних шахт, що розташовані на глибинах понад 1000 метрів.

# Таким чином, дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі вперше встановлених закономірностей розподілу тиску на композитне кріплення вирішено актуальне науково-технічне завдання, яке полягає в розробці та обґрунтуванні раціональних параметрів кріплення із композитних матеріалів для гірничих виробок вугільних шахт з урахуванням глибини розробки, а також ведення очисних робіт. Результати роботи дозволяють розробити рекомендації щодо впровадження нових типів кріплення у складних умовах видобутку вугілля в умовах ШУ «Покровське».

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

# Оприлюднення результатів дисертаційної роботи. Основний зміст результатів дисертаційної роботи висвітлені у 7 наукових публікаціях, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus. Також результати дисертації були апробовані на 14 наукових фахових конференціях, отримано 3 патенти на корисну модель.

# Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

# 1. З виконаного аналізу композитних матеріалів в розділі 1 не зовсім зрозуміло якими методиками прогнозування користувався здобувач при обґрунтуванні зрівняння собівартості сталі та композитних матеріалів у 2025 р. (рис. 1.5 дисертації). Такий прогноз виглядає для вуглепластику вельми оптимістично.

# 2. Під час аналізу «малих» і «великих» глибин (п. 2.1 дисертації), автор значно спрощує складні геомеханічні процеси, що відбуваються в породних масивах, порушених виробками, і дещо категорично стверджує, що розмір виробки на «великих глибинах» є несуттєвим (с. 52). Проте в цьому ж підрозділі він справедливо зазначає, що на «великих глибинах» площа перерізу виробок зростає до 25 м2 і одночасно суттєво зростає матеріаломісткість кріплення (застосування важких профілів). Тобто в цьому випадку розміри виробки, хоч і меншою мірою, ніж для відносно «малих глибин», усе ж таки позначаються на зростанні матеріаломісткості та вартості кріплення.

# 3. Комп’ютерне моделювання роботи сталевого рамного кріплення та нових конструкцій із вуглепластику відразу проводилось за схемою включення в роботу рамного кріплення системи анкерів (п. 2.4 дисертації). Це значною мірою ускладнило співставлення роботи різних рамних конструкцій та їх елементів. Доцільним було б закласти в методику експерименту на першому етапі моделювання порівняльний аналіз роботи самостійних рамних конструкцій (без анкерів).

# 4. Комп’ютерне моделювання показало (п. 2.4 дисертації), що розподіл напружень у кріпленні з композитного матеріалу є більш сприятливим для його роботи у порівнянні зі сталевими рамами, що значною мірою забезпечується новими вузлами піддатливості у вуглепластиковій конструкції. Проте із роботи не зрозуміло, який вузол піддатливості сталевого рамного кріплення розглядався в моделі і чи позначилася б його заміна більш ефективним типом на результатах моделювання.

# 5. При лабораторних випробуваннях фізичної моделі рамного кріплення з вуглепластику (п. 2.5 дисертації) отримані цінні результати щодо роботи нової конструкції в несприятливих умовах навантаження (вузька ділянка у вершині склепіння без пасивного відпору бокових порід, рис. 2.14-а). Проте порівнювати ці результати з отриманими шляхом комп’ютерного моделювання не зовсім коректно, оскільки комп’ютерна модель додатково включала взаємодію кріплення з породним масивом і системою анкерів.

# 6. Дослідження нових вуглепластикових конструкцій кріплення обмежувались умовами симетричного навантаження. З роботи не зрозуміло, чи збереже нове кріплення свою ефективність у поширених умовах асиметричного навантаження конструкцій?

# Проте, зазначені зауваження не є визначальними, не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи. Результати роботи є новими та оригінальними.

# Загальний висновок про дисертаційну роботу

# 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» виконана на достатньому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням. Отримані в дисертаційній роботі результати є новими та належать безпосередньо автору, а результати досліджень інших авторів наведені з відповідними посиланнями на них.

# Дисертаційна робота за практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам, що передбачені в п.6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософі та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи пр. присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44.

# Вважаю, що Здобувач Шека Іван Валерійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 18 – Виробництво та технології за спеціальністю 184 «Гірництво».

#  Офіційний опонент

# доктор технічних наук, професор, Геннадій ГАЙКО

# професор кафедри «Геоінженерії»

# Національного технічного університету України

# «Київський політехнічний інститут

#  імені Ігоря Сікорського»