

## **ВІДГУК**

**рецензента на дисертаційну роботу Єгорченка Ростислава Руслановича на тему: «Обґрунтування експлуатаційних параметрів газотранспортних систем для попутного видобування метану вугільних родовищ», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 18 Виробництво та технології за спеціальністю 185 Нафтогазова інженерія та технології»**

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**

Сучасний стан в паливно-енергетичному комплексі України відзначається значним дефіцитом газоподібних енергоносіїв. Це пов'язано з обмеженістю запасів та великим розривом між обсягами їх видобутку та використання. Однак варто зазначити, що Україна має значні резерви твердого палива – вугілля, кожна тонна якого містить від 5 до 40 м<sup>3</sup> метану.

В умовах сьогодення на діючих шахтах галузі, що характеризуються високою метановістю, застосовується попередня і поточна дегазація вугільних пластів і порід за допомогою підземних дегазаційних систем, що з'єднані з вакуумними насосами для відкачки метану на поверхню по мережі дільничних і магістральних газопроводів. З метою зменшення техногенних викидів метану у повітря, діють промислові когенераційні установки, на яких каптований метан комплексно використовується для отримання електричної та теплової енергії.

Для підвищення пропускної здатності дільничних дегазаційних газопроводів, споруджених в пластових підземних виробках з інтенсивним здиманням порід підшви та підтримки їх технічного стану в агресивному шахтовому середовищі розроблено комплекс інноваційних технічних, технологічних та організаційних рішень і рекомендацій щодо їх впровадження у виробництво.

Отже, обрана Єгорченком Ростиславом Руслановичем тема дисертаційного дослідження є актуальною.

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

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до пріоритетних напрямків науково-дослідних робіт в рамках держбюджетної теми «Розробка прогресивних технологій повноцінного вилучення енергетичного вугілля з акумуляцією пустих порід у підземному просторі» (№ ДР 0120U101099, 2020-2022 рр.).

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

Детально ознайомившись з дисертаційною роботою, вважаю, що наукові положення, які виносяться на захист здобувачем, повною мірою відображають отримані наукові результати, мають достатню обґрунтованість, котру забезпечено завдяки коректної постановки 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 статистичних, експертних та виробничих досліджень, що мають прийнятну розбіжність.

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

*удосконалено:*

– програму й методику визначення технічного стану та показників ефективної роботи дегазаційних газопроводів у виробничих умовах шахт Західного Донбасу.

– методику моделювання параметрів взаємодії елементів транспортно-технологічної системи «шахтовий газопровід – гірничавиробка».

*набула подальшого розвитку:*

– методика моделювання параметрів взаємодії елементів транспортно-технологічної системи «ШГ – ГВ» використовується науковцями ВФГП ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України під час проведення наукових досліджень за тематикою інституту.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

– вперше проведено аналіз технічного стану й параметрів підземного середовища як взаємодійні транспортно-технологічні системи «шахтовий газопровід – гірничавиробка» і виявлено, що просторове положення газопроводу змінюється експоненційно залежно від деформації масиву;

– вперше змодельовано деформовані ділянки газопроводу у гірничій виробці за допомогою програми SolidWorks, що дозволило виконати структурний аналіз реакції заданої системи на конвергенцію масиву гірських порід, після чого прогнозувати технічний стан газопроводу в реальних умовах шахтового середовища.

– обґрунтовано інноваційні технічні методи модернізації наявних дегазаційних систем, що сприяють підвищенню пропускної здатності шахтових трубопроводів і збереженню якості каптованої МПС в процесі її транспортування від свердловин до вакуум-насосних станцій.

#### **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 (185) та трьох додатків (А, Б, В). Загальний обсяг дисертації – 211 сторінок, у тому числі 55 рисунків та 8 таблиць.

Дисертаційна робота має наступну структуру: вступ, чотири розділи, висновки, список із 185 використаних джерел та три додатки. Загальний обсяг дисертації становить 211 сторінок, у тому числі 55 рисунків та 8 таблиць. Відповідно робота супроводжується достатньою кількістю пояснювальних рисунків та таблиць, додатками, що вказує на її цілісність та завершеність.

Зміст дисертаційної роботи відповідає обраній темі. Текст дисертації викладено логічно і грамотною технічною мовою.

**Розділ 1** містить результати аналізу вітчизняного та закордонного досвіду видобутку й утилізації шахтового метану. Проаналізовано сучасні схеми утилізації шахтового метану, які передбачають своєчасне надходження газової суміші від джерел видобутку до споживача в потрібних обсягах та відповідної якості.

Наведено порівняльний аналіз специфіки видобутку природного газу і вугільного газу метану який свідчить, що геолого-технічні, гідрологічні, геомеханічні, фізичні, петрографічні особливості та сама методика вилучення метану з вугільних пластів настільки відрізняються від традиційного видобутку природного газу, що пропонувані методи, запозичені з нафтогазової промисловості, в більшості своїй виявилися малоефективними.

Розглянуто сучасні напрями наукових досліджень проблеми видобутку й транспортування шахтового метану. Відмічено, що дегазацію вугільних пластів, які підлягають розробці за допомогою свердловин, пробурених у підготовчих виробках, виконують у стовпових та суцільних системах видобування вугілля. Застосування технології розробки вугільного пласта у вигляді довгих стовпів передбачає, що масив дегазують через свердловини, пробурені з вентиляційного та відкотного штреку. Використовуючи базову технологію, свердловини підключають до магістрального трубопроводу та за допомогою вакуум-насосів відкачують метан на поверхню. Згадана технологія пов'язана із значними матеріальними витратами на буріння та експлуатацію свердловин

Відзначається, що проектуючи дегазаційні системи, особливу увагу потрібно приділяти обґрунтуванню їхньої пропускної спроможності, визначеної на базі прогнозування об'єму надходження в систему метаноповітряної суміші (МПС), враховуючи при цьому тиск у трубопроводі та у вузлових його точках, питомі втрати тиску в процесі транспортування продукту та обчисливши раціональні діаметри трубопроводу у тих чи інших його ділянок.

Було проведено аналіз значної кількості інформаційних джерел (35 посилань), на основі якого були зроблені відповідні висновки. Також були сформульовані завдання для подальших досліджень за обраною темою дисертації.

**Розділ 2** присвячено дослідженню особливостей взаємодії елементів транспортно-технологічної системи «шаховий газопровід – гірнична виробка».

Встановлено, що підвищення ефективності систем дегазації джерел виділення метану можливе за умови впровадження конкретних заходів з їх модернізації та обслуговування, здійснення контролю викидів газів і систематичного проведення буріння пластів.

Автором розроблено методику комплексного оцінювання технічного стану шахтових дегазаційних газопроводів, яка включає систему моніторингу технічного стану дегазаційних газопроводів в типових і нетипових умовах експлуатації. В основі цього процесу запропонована оперативна обробка вихідної інформації, що дозволить спеціальним підрозділам, які обслуговують дільницю вентиляції й техніки безпеки (ВТБ), оцінювати виробничі ситуації і приймати кваліфіковані рішення для запобігання негативним наслідкам, а також для їхнього усунення. Запропонована комплексна методика дегазації, яка

включає встановлення причин і характеру зміни питомих втрат тиску в газопровідній мережі порівняно з розрахунковими; виявлення характеру і величини деформацій профілю траси шахтового дегазаційного трубопроводу внаслідок активного здимання порід підшоши гірничої виробки та конвергенції масиву цих порід; виявлення критеріїв продуктивної роботи дегазаційних систем у типових, нетипових та екстремальних умовах.

Сформована база вихідних даних про просторові зміни проєктних показників профілю траси дільничного газопроводу та площ перерізу гірничої виробки, що дає можливість комплексно розглядати його технічний стан, у вигляді взаємодійної транспортно-технологічної системи «ШГ – ГВ», яка експлуатується в нетипових умовах шахтового середовища.

Обчислені показники зміни технічного стану газопроводу та його пропускної здатності в умовах активного здимання порід підшоши гірничих виробок та інтенсивних припливів води формують межі ефективного використання шахтної дегазаційної системи (ШДС) у реальних виробничих умовах на шахтах Західного Донбасу.

Зроблено висновки та наведено 36 посилань на літературні джерела, в яких висвітлено відповідні аспекти дослідження. Також сформульовано відповідні висновки, які відображають результати дослідження та їхню значимість.

**Розділ 3** дисертаційної роботи присвячено обґрунтуванню напрямів підвищення пропускної здатності шахтових дегазаційних газопроводів.

Вдосконалено методи контролю технічного стану шахтових дегазаційних газопроводів з можливістю оперативного прогнозування зон утворення механічних відкладень у дегазаційних газопроводах та встановлення шляхів підвищення ефективності процесу транспортування МПС в складних гірничотехнічних умовах експлуатації.

Вдосконалено математичну модель руху МПС у дегазаційному газопроводі з урахуванням ефекту підсмоктування повітря.

Встановлено, що в наслідок неконтрольованих деформацій гірських порід, змонтованих у гірничих виробках, відбуваються стохастичні зміни положення траси та геометричної форми шахтового газопроводу. Це призводить до розгерметизації системи, підсмоктування в труби рудникового повітря, вугільного та породного пилу. Під впливом таких явищ у зонах стикових з'єднань й прогину труб відбувається інтенсивне відкладення механічних домішок й утворення ділянок корозії всередині труб.

Доведено, що в реальних умовах підземного середовища проєктний профіль траси дегазаційного газопроводу являє собою складну транспортно-технологічну систему, яка під впливом деформацій гірського масиву безперервно змінює свій напрямок як у вертикальній, так і в горизонтальній площинах. Наведені результати математичного та комп'ютерного моделювання свідчать, що на рух МПС впливають певні негативні фактори, серед яких зміна напрямку та модуля вектора швидкості потоку, шорсткість стінок труб і механічних відкладень, а також утворені при цьому місцеві звуження трубопроводу.

Створено базу вихідних даних про види й категорії ушкоджень газопроводів, що слугує основою для подальших визначень того, коли саме під час дегазаційної системи доцільно проводити технічне обслуговування чи реновацію в нетипових або екстремальних умовах роботи.

Заслуговує на увагу сформована автором роботи таблиця 3.4 в якій наведені види й категорії ушкоджень газопроводів, яка слугує основою для подальших визначень того, коли саме під час дегазації доцільно проводити технічне обслуговування чи реновацію в нетипових або екстремальних умовах роботи.

Зроблено висновки та подано 53 посилань на літературні джерела.

**Розділ 4** присвячено обґрунтування способів і засобів підвищення експлуатаційних показників шахтових газотранспортних систем.

Запропонована програма комплексних досліджень, яка передбачає моделювання змін у складі газу, вологості каптованої МПС й технічного стану дегазаційної системи, що дає змогу прогнозувати зони утворення газових гідратів у деформованому газопроводі, а постійний моніторинг змін тиску і температури за його довжиною створює можливість визначати динаміку накопичення механічних відкладень і кристалогідратів, для вчасного запровадження профілактичних заходів.

Розглянуто методику визначення витрат на транспортування МПС через полімерний газопровід, враховуючи особливості дегазаційних мереж створених на основі композитних матеріалів. Виявлено потенційні резерви підвищення експлуатаційних параметрів газотранспортної системи за рахунок зниження опору руху МПС, поліпшення якісних показників каптованого газу за рахунок значного зменшення кількості стикових з'єднань між трубами.

Доведено, що застосування композитних трубопроводів у системах дегазації вугільних шахт є перспективним з технічної та економічної точок зору. Порівняно зі сталевими трубами пластикові мають на порядок менший коефіцієнт гідравлічного опору, що дозволяє суттєво знизити енергетичні витрати на транспортування МПС. Крім того, композитні трубопроводи в 1,5 рази економічно вигідніші та мають індекс ефективності на 40 % більший порівняно зі сталевими системами. Запропоновано методику розрахунку, яка дозволяє розширити можливості застосування композитних трубопроводів у системах дегазації вугільних шахт та підвищити якість МПС.

Зроблено висновки та подано 65 посилань на джерела інформації.

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

За результатами досліджень автором опубліковано 22 друковані праці, з яких: 7 статей у наукових фахових виданнях України та 2 роботи у наукометричних базах Scopus і Web of Science, 3 патенти на винаходи, 10 статей і тез доповідей у матеріалах конференцій.

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

#### **4. Значення роботи для науки, практики та суспільства**

**Наукове значення** роботи полягає у встановленні закономірностей деформацій підземних дегазаційних газопроводів в реальних умовах шахтового середовища, що дозволило обґрунтувати ефективні схеми транспортування метано-повітряної суміші в дільничних виробках та інноваційні технічні рішення щодо підвищення пропускну здатності системи та забезпечення її експлуатаційних показників.

**Практичне значення одержаних результатів.** Полягає в тому, що теоретичні й методичні положення дисертації дозволили розробити дві програми й методики визначення технічного стану та показників ефективної роботи дегазаційних газопроводів у виробничих умовах шахт Західного Донбасу. Програмою та методикою передбачається встановити ступінь впливу негативних факторів шахтового середовища на технічний стан дегазаційного газопроводу і експлуатаційні показники його роботи.

За результатами досліджень удосконалено систему моніторингу технічного стану дегазаційних газопроводів в типових і нетипових умовах експлуатації, яка за рахунок оперативної обробки вихідної інформації і накопиченої бази даних дозволить спеціальним підрозділам, що входять до складу ділянки вентиляції і техніки безпеки (ВТБ), оцінювати виробничі ситуації і приймати кваліфіковане рішення для попередження та усунення негативних наслідків.

Розроблено та впроваджено методику моделювання параметрів взаємодії елементів транспортно-технологічної системи «шахтовий газопровід – гірнична виробка».

Запропонована «Методика моделювання параметрів взаємодії елементів транспортно-технологічної системи «Шахтний газопровід – гірнична виробка» використовується науковцями ВФГП ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України при проведенні наукових досліджень за тематикою Інституту.

Моделювання технічних систем з застосуванням програмного комплексу SolidWorks доцільно використовувати при проектуванні шахтних дегазаційних систем та в навчальному процесі при вивченні спеціальних дисциплін.

Вважаю, що реалізація результатів роботи автора забезпечить підвищення технічного стану та експлуатаційних показників роботи підземних дегазаційних газопроводів при транспортуванні МПС в умовах негативного впливу шахтового середовища.

#### **6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності**

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Єгорченка Ростислава Руслановича 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. У переліку використаних джерел відсутні посилання на роботи опубліковані в рецензованих виданнях українськими та зарубіжними вченими за 2021-2024 р., які б наглядно демонстрували актуальність досліджень. Також робота містить велику кількість застарілих джерел.

2. Використання в рефераті англійською мовою слова «Degassing» певною мірою спотворює значення яке здобувач має на меті донести англomовному читачу (Degassing це видалення розчинених газів із рідин, особливо з води або водних розчинів.). Варто використовувати «Gas Drainage».

3. Зазначення в науковій новизні інформації, щодо моделювання деформованої ділянки газопроводу та гірничої виробки за допомогою програми SolidWorks, передбачає виконання дослідження, щодо моделювання напружено-деформованого стану самої виробки (штучної порожнини в гірському масиві) в конкретних гірничо-геологічних умовах з вибором програмного продукту який містить відповідний критерій руйнування гірських порід, постановку обчислювального експерименту із дотриманням граничних умов моделі та використання при моделюванні конкретних даних фізико-механічних властивостей гірських порід навколо виробки. Проте такі дослідження не були поставлені в меті дисертаційної роботи. Відповідно доречно було б використати прийменник «у» для коректного контекстного сприйняття одного із елементів наукової новизни.

4. Обґрунтованість та достовірність наукових положень і результатів необхідно було виокремити в окремий підпункт вступу, оскільки зазначені елементи не містять наукової новизни дисертаційної роботи.

5. Графічний матеріал (рисунок), які наведені в першому розділі варто було б представити у авторській інтерпретації.

6. Підписи до окремих рисунків першого розділу не у повній мірі описують представлені елементи. Так, рис. 1.6. демонструє скоріше процес зсуву гірських порід, а не схему руху газу у виробленому просторі очисного вибою. Рисунок 1.8 – «раптове надходження метану» краще замінити на «раптовий викид», адже зображено не газ у виробці, а власне викид вугілля чи породи. Також необхідно прибрати слова «в шахту», так як в даному випадку зображуються лише виробки.

7. Усі рисунки які не є авторськими мають мати посилання на першоджерело саме в підписі до рисунку.

8. Використання таких словосполучень як «звільнення тріщин від води» та «коефіцієнт звільнення від газів» варто замінити на більш вживані словосполучення. Також окремі слова помилково представлені, наприклад шахта «Ювілейна», а не «Юбілейна».

9. Використання програмного комплексу Solid Works не у повній мірі обґрунтовано в роботі. Відсутнє порівняння із іншими продуктами які дають змогу виконувати подібні дослідження.

10. Підрозділ 3.3. має назву «Моделювання змін технічного стану шахтового газопроводу в зонах інтенсивного зсуву порід гірничих виробок», що не відповідає вмісту даного розділу. Процеси зсуву порід не досліджуються в цій роботі. Ба більше таке формулювання як «зсуву порід гірничих виробок» не має контекстного сенсу. Цей підрозділ є одним із основних, і його коректне найменування є вкрай важливим.

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

## **8. Загальний висновок щодо дисертаційної роботи**

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

Зазначені недоліки й зауваження, щодо дисертаційної роботи не носять принципового характеру та не впливають на її позитивну оцінку. В цілому робота представляє самостійне, завершене наукове дослідження, а її основні положення і результати є науково обґрунтованими, достовірними й корисними, як у теоретичному, так і в практичному аспектах.

Вважаю, що дисертаційна робота **Єгорченка Ростислава Руслановича** на тему «Обґрунтування експлуатаційних параметрів газотранспортних систем для попутного видобування метану вугільних родовищ», задовольняє вимогам, що передбачені наказом Міністерства освіти та науки України від 12.07.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії» (пункти 5, 6, 8).

Єгорченко Р.Р. заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 185 Нафтогазова інженерія та технології, галузь знань – 18 Виробництво та технології.

Кандидат технічних наук за спеціальністю  
05.15.02 – підземна розробка родовищ  
корисних копалин, доцент,  
доцент кафедри гірничої інженерії та освіти  
Національного технічного університету  
«Дніпровська політехніка»

Василь ЛОЗИНСЬКИЙ