

## **ВІГУК**

**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**

Аналіз газового стану середовища вугільних шахт України показує, що дегазаційні системи використовують тільки на 14 підприємствах. При цьому на дегазацію припадає 15 % від сумарного обсягу утилізованого метану. На 8 вугільних шахтах концентрація метану в метаноповітряній суміші (МПС), яка відводиться системами дегазації, становить менше 25 %. Враховуючи, що дегазація суттєво впливає на газовий стан шахтового середовища, особливої актуальності набуває оптимізація процесів дегазації на основі регулярного моніторингу.

У роботі проведено експертні оцінювання наявних методів діагностики технічного стану шахтових дегазаційних трубопроводів, прокладених у пластових підземних виробках з нестійкими бічними породами й підшвами, схильними до здимання.

Комплексне оцінювання технічного стану шахтових дегазаційних мереж показало, що традиційні методи їхнього контролю не завжди здатні виявити порушення герметичності стикових з'єднань дегазаційних труб та врахувати нестаціонарний характер руху газової суміші, особливо, коли гідратуутворення відбувається на ділянках мережі. За цих причин у вітчизняній практиці проектування та експлуатації шахтної дегазаційної системи (ШДС) малодослідженою залишається проблема визначення ділянок дегазаційної мережі, у якій має місце втрата прохідного перерізу в трубах внаслідок накопичення там твердих і рідких компонентів.

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

Вважаю, що наукові положення, які виносяться на захист здобувачем, повною мірою відображають отримані наукові результати, мають достатню обґрунтованість, яку забезпечено завдяки коректної постановки задач дослідження, їх вирішення з використанням сучасного інформаційного та організаційно-технічного забезпечення, а також підтверджується результатами застосування обраних для досліджень методик на підприємствах гірничої галузі, порівнянням і узгодження результатів статистичних, експертних та виробничих досліджень, що мають прийнятну розбіжність.

**Наукові положення і результати, що виносяться на захист, сформульовані автором таким 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:**

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

– вперше проведено аналіз технічного стану й параметрів підземного середовища як взаємодійні транспортно-технологічні системи «шахтовий газопровід – гірничавиробка» («ШГ – ГВ») 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;

– обґрунтування і достовірність отриманих результатів, висновків та рекомендацій підтверджено дослідженнями з використанням апробованих аналітичних та експериментальних методів на базі законів газової динаміки та гідравліки через статистичне оцінювання істинності встановлених за допомогою розроблених моделей і методики закономірностей, що було

достатнім для проведення інженерних розрахунків. Також було помічено збіг між теоретичними положеннями з результатами експериментів і позитивний досвід впровадження методики на гірничих підприємствах.

#### **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.

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

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

**Розділ 1** містить результати аналізу вітчизняного та зарубіжного досвіду видобутку й утилізації шахтового метану. Проаналізовано технології видобування і транспортування шахтового метану на підприємствах України та встановлено основні способи дегазації розроблюваних вугільних пластів.

Розглянуто сучасні напрями наукових досліджень проблеми видобутку й транспортування шахтового метану. 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 запропоновані методи, запозичені з нафтогазової промисловості, в більшості своїй виявилися малоефективними.

Зазначено, що дегазацію вугільних пластів, які підлягають розробці за допомогою свердловин, пробурених у підготовчих виробках, виконують як у стовпових, так і в суцільних системах видобування вугілля.

Наведено сучасні схеми утилізації шахтового метану, які передбачають своєчасне надходження газової суміші від джерел видобутку до споживача в потрібних обсягах та відповідної якості. В реальних умовах гірничого виробництва функції регулярної доставки МПС для подальшої її переробки покладено на шахтові дегазаційні системи, основну дію яких спрямовано на створення безпечних умов праці гірників в очисних і підготовчих вибоях.

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

За результатами виконаного аналізу значної кількості інформаційних джерел (подано 35 посилань) та виявлених недоліків зроблено відповідні висновки та сформульовано задачі подальшого дослідження за обраною темою дисертації.

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

Аналіз існуючих методів контролю шахтних дегазаційних мереж показує, що не враховується герметичність дегазаційних трубопроводів і нестационарний характер руху газової суміші, особливо у разі накопичення рідини на ділянках мережі. При цьому проблемним питанням залишається визначення ділянок дегазаційної мережі, де спостерігається втрата прохідного перерізу за рахунок відкладання твердих та рідких компонентів.

На основі аналізу методів розрахунку дегазаційних мереж, запропоновано удосконалений метод розрахунку. Розроблено методику комплексного оцінювання технічного стану шахтових дегазаційних газопроводів, яка враховує вплив припливів повітря та скупчень рідини в дільничних дегазаційних трубопроводах на параметри потоку газової суміші та коефіцієнти гідравлічних опорів. На базі проведених експериментальних і теоретичних досліджень обґрунтовано параметри безпечного транспортування газової суміші по дільничних та магістральних дегазаційних трубопроводах.

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

При моделюванні умов взаємодії між елементами системи «ШГ – ГВ» встановлено, що величини витрати МПС в кінцевому перерізі трубопроводу обернено пропорційно зменшенню його прохідного перерізу в місцях скупчення механічних відкладень породного та вугільного пилу, що призводить до падіння сумарної пропускної здатності вакуум-насосів. При цьому падіння їх продуктивності найбільш виражене у випадку зменшення прохідного перерізу трубопроводу на 50% і більше.

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

Подано 36 посилань на літературні джерела.

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

Наведено результати досліджень технічного стану дегазаційних систем ШУ «Покровське», що експлуатуються в умовах агресивних шахтових вод. Встановлено місця скупчень механічних домішок вугільного та породного пилу, виявлено зони формування корозійних ділянок трубопроводу, часткове зменшення товщини стінок металевих труб, а також наявність каверн і раковин на їхній поверхні.

Вдосконалено методи контролю технічного стану шахтових дегазаційних газопроводів з можливістю оперативного прогнозування зон утворення

механічних відкладень у дегазаційних газопроводах та окреслено шляхи підвищення ефективності процесу транспортування МПС у складних гірничотехнічних умовах експлуатації.

Розроблено комп'ютерну модель процесу деформації ділянки газопроводу та зони відкладення механічних домішок в програмі SolidWorks. Використовуючи метод скінченних об'ємів, виконано структурний аналіз поведінки потоку МПС при транспортуванні її по викривленому дегазаційному трубопроводу. Програмою та методикою досліджень шляхом віртуального тестування профілів деформованих ділянок шахтового газопроводу, отриманих за результатами маркшейдерської зйомки та сформованих за ними САД-моделей дозволило встановити процес утворення зон механічних скупчень в стикових з'єднаннях трубопроводу для найбільш викривлених ділянок траси

Розроблено класифікацію типових ушкоджень дегазаційних газопроводів за категоріями складності їх усунення на легкі L, середні M й важкі V. За критерії оцінювання складності було взято тривалість усунення кожної відмови й кількість залучених до цієї роботи працівників.

Сформовано банк 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.

Слід відмітити, що заслуговує на увагу сформована автором роботи таблиця 3.4 в якій наведено види й категорії ушкоджень газопроводів, що 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 обґрунтуванню способів і засобів підвищення експлуатаційних показників шахтових газотранспортних систем.

Запропонована програма та методика комплексних досліджень 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.

Деформовану ділянку газопроводу й гірничу виробку було комплексно змодельовано програмою SolidWorks Flow Simulation. Використовуючи метод об'ємних елементів змодельовано траєкторії транспортування МПС через викривлений газопровід, що дозволило спрогнозувати зони утворення газогідратів.

Розглянуто методику визначення витрат на транспортування МПС через полімерний газопровід, враховуючи особливості дегазаційних мереж, створених на основі композитних матеріалів. Встановлено потенційні резерви підвищення експлуатаційних параметрів газотранспортної системи. Це може відбуватися за рахунок зниження опору руху МПС поліпшення якісних

показників каптованого газу шляхом 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. Наведено порівняльну характеристику сталевих і композитних труб, які мають на порядок менший коефіцієнт гідравлічного опору, що дозволяє суттєво знизити енергетичні витрати на транспортування МПС. Слід відзначити, що 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 наведено основні, отримані автором 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 в достатній 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 МПС в дільничних виробках та інноваційні технічні рішення щодо підвищення пропускної здатності системи та забезпечення її експлуатаційних показників.

**Практичне значення отриманих 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 – гірничавиробка».

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

Моделювання технічних систем із 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, рецензенти дійшли висновку, 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**

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

1. Висновки до розділу 1 дуже загальні. Необхідно чітко виокремити результат.

2. Література до розділу 1, на мою думку, має містити іноземні ресурси, наукові дослідження останніх років, тобто ширший діапазон досліджень, адже обраною тематикою займалося чимало вітчизняних і зарубіжних учених, а автор приділяє багато уваги одному-двома колективам.

3. Під час проведення моделювання треба конкретніше виокремити, за якими показниками (напруження, деформації, гранична межа тощо) Вами було визначено наявність газових гідратів.

4. Необхідно більш детально виділити, яким чином розроблені Вами методики втілені у виробничий процес.

5. Вважаю, що потрібне коригування висновків до розділу 4, оскільки вони дуже загальні.

## **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 та зауваження щодо дисертаційної роботи не мають принципового характеру і не впливають на її позитивну оцінку. Загалом робота є самостійним, завершеним науковим дослідженням, а її основні положення та результати є науково обґрунтованими, достовірними та 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 № 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).

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

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

Ірина КОВАЛЕВСЬКА