

DOI: <https://doi.org/10.20535/2707-2096.6.2021.241823>

УДК 519.876.2

Л.Н. Ширін, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0002-1778-904X

Р.Р. Єгорченко, асп.

ORCID: 0000-0002-8526-1167

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

М.І. Сергієнко*, викладач

ORCID: 0000-0001-8284-9072

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

**Відповідальний автор: ix0un@ukr.net*

Подана 20.08.2021; Прийнята 28.09.2021

ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНО – ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ «ШАХТНИЙ ГАЗОПРОВІД – ГІРНИЧА ВИРОБКА»

Мета. Дослідження механізму деформацій шахтних дегазаційних газопроводів для прогнозування змін їх просторового положення в умовах інтенсифікації процесів підземної розробки газовугільних пластів.

Завдання. Для досягнення поставленої мети проведено експертну оцінку існуючих підходів щодо діагностики технічного стану шахтних дегазаційних трубопроводів, що споруджуються в пластових підземних виробках з породами підошви, схильними до здимання. За результатами планових маркшейдерських замірів технічного стану пластових підготовчих виробок встановлені потенційно небезпечні зони деформацій гірського масиву та показники зміни просторового положення дільничних дегазаційних газопроводів.

Результати дослідження. За результатами діагностики технічного стану шахтних газопроводів та досліджень умов взаємодії його з гірничим масивом було встановлено, що в зонах фланцевих з'єднань його ланцюгів під впливом деформацій гірського масиву утворюються прогини трубопроводу і, як наслідок, зони скупчення води, інтенсивної корозії внутрішніх стінок труб та механічних відкладень з вугільного і породного пилу. Негативні наслідки утворення подібних зон в системі дільничних газопроводів провокують підсоси до дегазаційної системи рудникового повітря з атмосфери гірничих виробок та зниження концентрації каптованого метану. Доведено, що утворення знакозмінного профілю траси дільничного газопроводу під впливом деформацій гірського масиву та скупчень породного пилу і води в зонах його прогину істотно знижують пропускну здатність дегазаційного газопроводу і потребують розробки нових технічних рішень щодо його модернізації.

Наукова новизна. Обґрунтовано нові підходи щодо діагностики технічного стану шахтного дегазаційного газопроводу (ШДС) в складних гірничо-геологічних умовах розробки газоносних вугільних пластів та запропоновано розглядати показники їх функціонування як взаємодіючу у просторі і часі транспортно-технологічну систему «шахтний газопровід – гірнична виробка» («ШГ–ГВ»).

Висновки та практичне значення. Встановлено потенційно небезпечні зони зміни висотного положення траси шахтного дегазаційного газопроводу в залежності від деформацій гірського масиву в дільничних підготовчих виробках. Інноваційні технічні рішення щодо діагностики дегазаційних газопроводів заплановано впровадити на шахтах України, що розробляють газоносні вугільні пласти для удосконалення методик діагностування та моніторингу діючих ШДС.

Ключові слова: дегазація, шахтна дегазаційна система, метаноповітряна суміш, проектний профіль.

ВСТУП

З підвищенням глибини розробки газоносних вугільних пластів, збільшенням довжини шахтних дегазаційних мереж та підвищенням обсягів каптованого метану назріла необхідність вдосконалення існуючих підходів щодо діагностики технічного стану дегазаційних трубопроводів, що споруджуються в підземних виробках складної конфігурації. Досвід експлуатації дільничних дегазаційних трубопроводів свідчить про те, що показники ефективної їх роботи максимально забезпечуються при прямолінійному профілі траси. Однак в реальних умовах шахтного середовища дільничні дегазаційні газопроводи схильні до впливу конвергенції бічних порід та здиманню порід підшоши в виробках. Під впливом деформацій гірничого масиву дегазаційні газопроводи постійно змінюють своє просторове положення в профілі та плані, що істотно відбивається на їх експлуатаційних показниках.

Актуальність теми. При інтенсивній розробці газоносних вугільних пластів актуальним питанням є підвищення надійності технологічних процесів вилучення та транспортування ШМ в підземних виробках складної конфігурації і забезпечення безпечних умов праці.

У зв'язку з цим на діючих шахтах галузі виникла необхідність змінити існуючі підходи до формування шахтних дегазаційних систем (ШДС), а також методів та засобів діагностики і контролю їх технічного стану. Останнє обумовлено тим, що найбільш уразливою та слабо контрольованою ланкою ШДС є вакуумний газопровід, що споруджується з ланок сталевих труб довжиною 4,0 м за допомогою фланцевих з'єднань. У процесі інтенсивного відпрацювання газоносних вугільних пластів енергоємними механізованими очисними комплексами експлуатовані підземні виробки та прокладені в них шахтні дегазаційні газопроводи піддаються негативному впливу деформацій гірського масиву. В підготовчих виробках, що зберігаються для повторного використання, найбільш інтенсивні деформації порід починаються попереду очисного вибою на відстані від 20 до 80 м в залежності від протяжності зони опорного тиску.

Традиційні схеми та спрощені технічні рішення прокладки шахтних газопроводів в підземних виробках, а також існуючі методики оцінки їх надійності в реальних умовах шахтного середовища не враховують особливостей впливу деформацій гірничого масиву на їх технічний стан і експлуатаційні показники.

Специфічні умови поведінки масиву гірничих порід призводять до вигину поздовжньої осі окремих ділянок трубопроводу, руйнування фланцевих з'єднань його ланок і, як наслідок, до втрати герметичності і експлуатаційної надійності шахтного газопроводу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За результатами діагностики технічного стану шахтних газопроводів та обстеження демонтованих його ланок встановлено, що саме в зонах фланцевих з'єднань переважно утворюються прогини трубопроводу і, як наслідок, зони скупчення води, інтенсивної корозії внутрішніх стінок труб та механічних відкладень з вугільного і породного пилу. Утворення подібних зон аргументується технічним станом дегазаційного трубопроводу та підсосами до дегазаційної системи рудникового повітря з атмосфери гірничих виробок. Наявність внутрішньої корозії, скупчень води та потрапляння рудникового повітря істотно знижують пропускну здатність підземного газопроводу, а також якісні характеристики каптованої метаноповітряної суміші та ефективність роботи всієї ШДС.

Відповідно до рекомендацій [1, 2, 3] витрата каптованої метаноповітряної суміші та її якісні характеристики визначаються з урахуванням допустимих підсосів повітря в дегазаційні свердловини і газопровід. У роботах [4, 5] ефективність використання вакуумного газопроводу, оцінюється відповідно до його герметичності та пропускну здатності. Автори також зазначають, що для підвищення експлуатаційної надійності шахтних дегазаційних систем необхідно застосовувати раціональні методи діагностування технічного стану та контролю режимів роботи підземних газопроводів. Однак в галузевих програмах та методиках визначення експлуатаційних показників ШДС [6, 7] основна увага приділяється питанням вибору раціональних параметрів вакуум-насосів, а також діагностиці підсосів в дегазаційних свердловинах та контролю характеристик метаноповітряної суміші, в процесі вилучення зі свердловин.

Пропускна здатність вакуумного дегазаційного газопроводу традиційно визначається шляхом встановлення витрат тиску при експлуатації ділянки трубопроводу з урахуванням внутрішнього його діаметра (см), щільності метаноповітряної суміші ($\text{кг}/\text{м}^3$), коефіцієнта її кінематичної в'язкості ($\text{м}^2/\text{с}$) та розрахункової довжини ділянки шахтного газопроводу з припустимою шорсткістю внутрішньої поверхні стінки сталевих труб. Винятком можна вважати методичні рекомендації [3, 4] щодо визначення втрат тиску в дільничних дегазаційних трубопроводах, в яких потік метаноповітряної суміші, що містить зважені частинки вологи, рекомендується розглядати як двофазну середу з дисперсною структурою. Експериментально підтверджено, що місцеві втрати тиску залежать від об'ємного вмісту вологи в газовому потоці, характеру зміни прохідного перетину трубопроводу і швидкості руху рідкого дисперсного середовища. Для розробки вимог і технічних засобів щодо попередження підтоплень дегазаційних трубопроводів авторами детально розглянуті типові ділянки місцевих скупчень води в звуженнях та поворотах газопроводу з частковим і повним перекриттям прохідного перетину труб, а також описані характерні умови взаємодії з ними потоку метаноповітряної суміші (МПС). У той же час ні в одному інформаційному джерелі не розглянуті причини, що викликають доцільні викривлення шахтних дегазаційних трубопроводів в профілі та плані в процесі їх експлуатації, а також параметри, що виникають при деформаціях шахтного газопроводу.

Постановка завдання. У фундаментальних дослідженнях експлуатаційних параметрів шахтних дегазаційних систем [8, 9] відзначається, що для роботи установки з найменшими втратами по розрідженню, створюваному вакуум-насосами, дегазаційний трубопровід повинен мати мінімальний гідравлічний опір трубопровідної мережі, а з метою виключення потрапляння повітря в трубопровід з атмосфери гірничих виробок та скупчень води – якісну герметизацію фланцевих з'єднань ланок труб, пряmolінійність траси з відповідними її ухилами. У зв'язку з цим основними вимогами до експлуатованих шахтних дегазаційних газопроводів [10], є забезпечення проектного профілю траси, герметичність фланцевих з'єднань труб та оперативного контролю технічного стану.

Мета. Дослідження механізму деформацій шахтних дегазаційних газопроводів для прогнозування змін їх просторового положення в умовах інтенсифікації процесів підземної розробки газовугільних пластів.

Завдання досліджень:

- встановлення закономірностей зміни профілю траси шахтного дегазаційного газопроводу в потенційно небезпечних зонах підготовчих виробок;
- формування бази вихідних даних для розробки методики прогнозування критичних станів шахтного дегазаційного газопроводу в складних гірничотехнічних умовах експлуатації.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Рішення поставлених завдань виконувалося відповідно до діючої інструкції по дегазації вугільних шахт [10] та розробленої методики оцінки технічного стану газотранспортної системи в реальних умовах шахтної середовища.

Відповідно до рекомендацій [11] ефективність використання шахтних дегазаційних установок забезпечується раціональною роботою їх основних елементів: дегазаційних свердловин, підземного вакуумного газопроводу, вакуум-насосної станції, а також достовірної оцінки роботи всієї системи.

Показник ефективності використання підземного вакуумного дегазаційного трубопроводу залежить від його герметичності та пропускної здатності, так як найбільше зниження концентрації каптованого метану в суміші пов'язано з потраплянням повітря в дегазаційну систему через нещільність фланцевих з'єднань та втрат створених вакуум-насосами. За даними [12], розрідження відбуваються саме під час подачі газової суміші від свердловин до споживача.

Згідно [13] при спорудженні шахтних дегазаційних газопроводів застосовуються сталеві труби з товщиною стінок не менше 4,0 мм, а в якості ущільнень їх фланцевих з'єднань

використовуються прокладки зі спеціальних важкогорючих матеріалів з внутрішнім діаметром на 2-3 мм більше внутрішнього діаметра труб. Основними вимогами до труб та ущільнень є: міцність, пружність, стійкість до середовища, в яких працює дегазаційна система, антикорозійність та ін.

Для оцінки експлуатаційної надійності шахтних газопроводів в реальних умовах шахтного середовища були проведені дослідження технічного стану діючих дегазаційних систем на шахтах Західного Донбасу та ШУ «Покровське», що забезпечують інтенсивну розробку газовугільних пластів з застосуванням механізованих очисних комплексів нового покоління.

Відповідно до розробленої програми комплексних досліджень режимів роботи шахтних дегазаційних систем розглядалися технічний стан шахтних газопроводів, змонтованих в гірничих виробках, а також зміни їх конструктивних параметрів в результаті конвергенції вміщуючих порід та здимання ґрунту. Дослідженням технічного стану шахтних дегазаційних систем піддавалися діючі схеми з кріпленням сталевих трубопроводів на підшві виробки та стінках підземних виробок (рис.1).

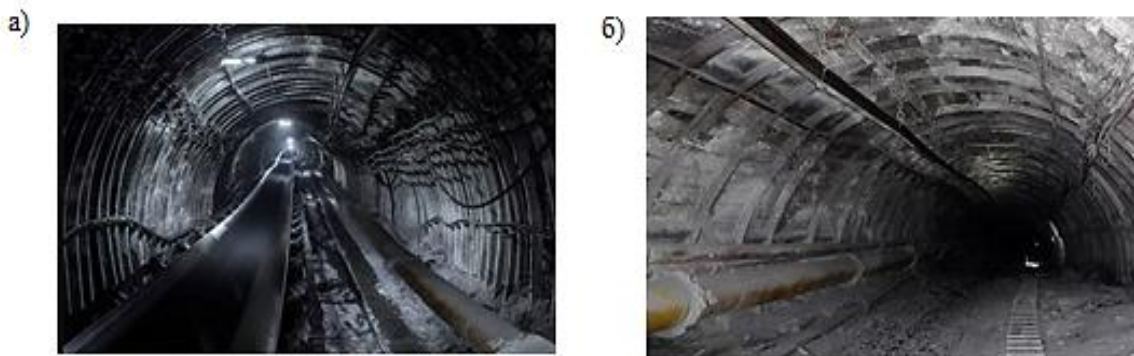


Рисунок 1 – Типові схеми кріплення трубопроводу в підземних виробках:

а) на підшві виробки; б) на стінках виробки

За результатами оцінки технічного стану ШДС ШУ «Покровське» (рис.1, а, б) були встановлені фактичні показники деформацій порід підшви виробки вентиляційного штреку, розбитого на пікети, та відповідні їм величини змін профілю траси дегазаційного газопроводу. Відстань між пікетами становила 10,0 м.

Таблиця 1 – Результати маркшейдерської зйомки висотних відміток траси газопроводу 3 північної лави блоку 10

№ пікети	Показники зміни траси газопроводу		
	Проектні висотні відмітки, м	Фактичні відмітки (через 6 міс.), м	Величини зміни профіля, м
0	-652,768	-652,768	0
1	-652,618	-652,118	0,5
2	-652,564	-652,214	0,35
3	-652,618	-652,168	0,45
4	-652,332	-651,532	0,8
5	-651,4	-650,822	0,578
6	-650,59	-650,14	0,45
7	-650,4	-649,85	0,55
8	-650,115	-649,265	0,85
9	-649,913	-649,363	0,55
10	-649,127	-648,877	0,25
11	-648,3	-647,55	0,75
12	-648,024	-647,174	0,85
13	-647,572	-646,222	1,35
14	-647,057	-646,607	0,45
15	-646,43	-645,68	0,75
16	-645,654	-645,254	0,4

У табл. 1 наведені результати маркшейдерської зйомки профілю газопроводу, змонтованого на підшві виробки. Отримані висотні позначки та проектний поздовжній профіль дегазаційного газопроводу дозволили створити банк вихідних даних для подальшого контролю і діагностики його технічного стану.

В якості проектної висотної відмітки, відповідно до якої реєструвалися зміни траси газопроводу, був прийнятий репер, встановлений згідно з нормативними вимогами на магістральній виробці в зоні найменшої конвергенції бічних порід.

Наведений в табл.1 реальний профіль дегазаційного газопроводу, побудований за фактичними відмітками, отриманими за результатами шахтних вимірів через 6 місяців експлуатації дільничної пластової виробки, дозволив встановити характерні зони зі знакозмінним профілем траси трубопроводу в результаті деформацій порід підосви виробки (рис.2).

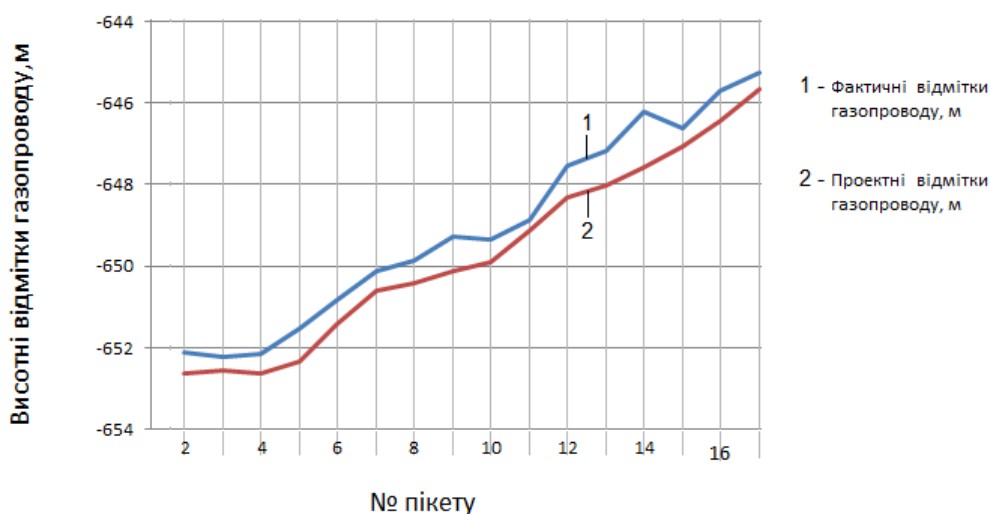


Рисунок 2 – Проектний і реальний профілі дегазаційного газопроводу

У табл. 2 і на рис. 3 відповідно наведені результати маркшейдерської зйомки профілю трубопроводу, прокладеного на підосві виїмкового хідника шахти «Тернівська», та характерні зміни висотного положення ділянок його траси в результаті інтенсивного здимання порід підосви пластової виробки.

Таблиця 2 – Результати маркшейдерської зйомки висотних відміток траси газопроводу виїмкового ходка шахти «Тернівська»

№ пікету	Показники зміни траси газопроводу		
	Вихідні висотні позначки, м	Фактичні позначки (через 6 міс.), м	Величини зміни профілю, м
42	-344,200	-343,973	-0,227
44	-344,100	-343,588	-0,512
46	-344,000	-343,478	-0,522
48	-343,900	-343,618	-0,282
50	-343,800	-343,483	-0,317
52	-343,700	-345,256	1,556
54	-343,600	-342,944	-0,656
56	-343,500	-342,816	-0,684
58	-343,400	-342,248	-1,152
60	-343,300	-342,561	-0,739
62	-343,200	-341,971	-1,229
64	-343,100	-342,221	-0,879
66	-343,000	-342,227	-0,773
68	-342,900	-342,750	-0,15

Наведений на рис. 3 знакозмінний профіль траси шахтного трубопроводу характеризує нерівно-мірність розповсюдження процесу здимання порід підосви по довжині виробки. Відомо, що деформації порід підосви в пластових дільничних виробках залежать від будови порід, їх обводнення та обвалення блоків основної покрівлі виробленого простору [14].

Встановлені факти послужили підставою при подальших дослідженнях режимів роботи дільничного дегазаційного газопроводу розглядати його технічний стан і параметри шахтного середовища як взаємодіючу

транспортно-технологічну систему «шахтний газопровід – гірнична виробка» («ШГ–ГВ»).

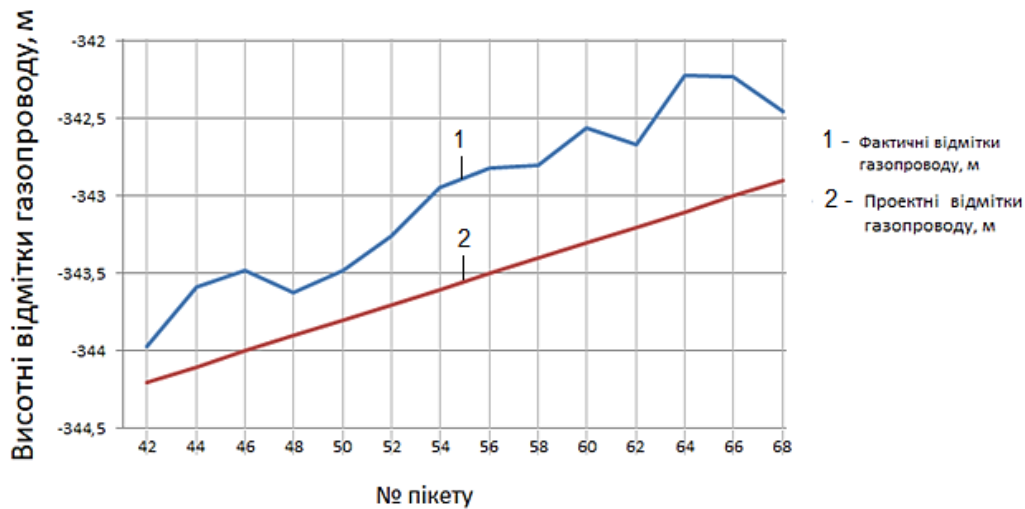


Рисунок 3 – Характерні ділянки зміни профілю траси трубопроводу в зонах інтенсивного здимання порід підосви виїмкового хідника шахти «Тернівська»

Для встановлення особливостей взаємодії в часі та просторі елементів системи «ШГ-ГВ» були обрані найбільш деформовані ділянки гірничої виробки на яких встановлювалися вимірювальні станції для реєстрації зміщення бічних порід та відповідно відхилень траси газопроводу в профілі та плані. За результатами шахтних досліджень встановлено, що за два роки експлуатації транспортних виробок з інтенсивним здиманням ґрунту величина деформацій порід підосви в місцях установки вимірювальних станцій досягала 1,5 - 2,0 м.

Експоненціальна залежність величин деформації порід підосви від часу експлуатації виробки приведена на рис. 4.

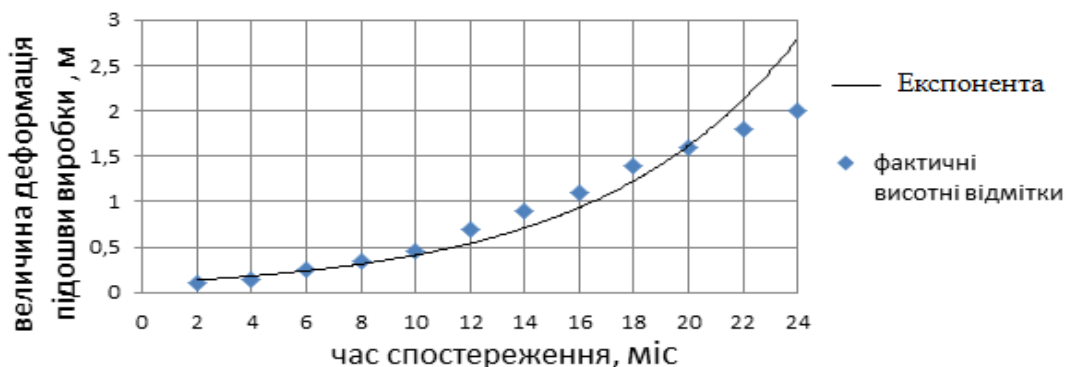


Рисунок 4 – Гістограма величини деформації підосви виробки

Необхідно відзначити, що наведені на рис. 2 – 3 фактичні показники зміни профілю газопроводу свідчать про нерівномірний вплив деформацій гірського масиву на його просторове положення і технічний стан. Отримані показники зміни профілю траси газопроводу в реальних умовах шахтного середовища послужили базою для виконання спеціальних досліджень по встановленню експлуатаційних параметрів елементів системи дегазації в умовах невизначеності.

За результатами оцінки просторового положення дегазаційного газопроводу (рис. 3) було встановлено, що найбільш деформовані його ділянки зосереджені між пікетами 46 – 52 і 58 – 66. Зафіксовані на цих ділянках деформовані рами шахтного кріплення підтвердили необхідність розгляду технічного стану дегазаційного газопроводу в сукупності з експлуатаційними показниками підземної виробки.

На рис. 5 наведено ескіз деформованої ділянки шахтного газопроводу, розташованої в межах пікетів № 56-60, де спостерігались деформації порід характерні для даного виїмкового хідника.

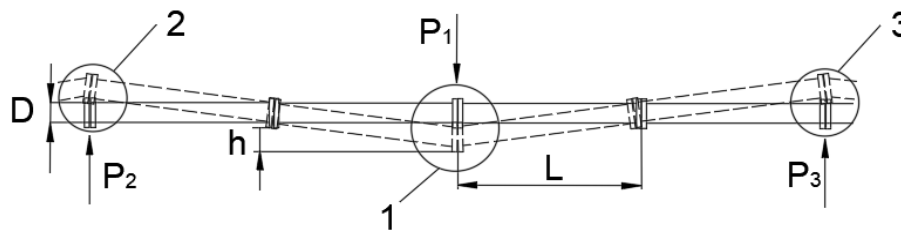


Рисунок 5 – Характер переміщень шахтного дегазаційного трубопроводу в зонах впливу деформацій гірських порід: 1 – зона впливу тиску гірських порід;

2, 3 – зони впливу здимання порід підосви виробки; P_1, P_2, P_3 – сили, що діють на дегазаційний трубопровід; D – діаметр трубопроводу; L – довжина ланки трубопроводу; h – величина деформацій газопроводу

За результатами оцінки поведінки масиву гірських порід та технічного стану газопроводу в межах досліджуваної ділянки виробки встановлено, що подібні ситуації можливі при зосередженому зміщенні бічних порід (вузол 1) і інтенсивному здиманні порід підосви виробки у вузлах 2 та 3. Для подальшого прогнозування ступеня впливу конвергенції бічних порід та здимання порід підосви виробки на лінійні зміни профілю газопроводу була розроблена програма та методика шахтних досліджень деформованої ділянки дегазаційного трубопроводу.

Необхідно відзначити, що традиційно оцінка технічного стану гірничих виробок виконується маркшейдерською службою щомісячно. Однак в процесі оцінки контролюються тільки стан елементів кріплення підготовчих виробок та їх конструктивні параметри. Оцінкою технічного стану газопроводу займається персонал дільниці ВТБ, в обов'язки якого виміри профілю траси не передбачені. З цієї причини зміни показників профілю траси газопроводу діагностується візуально, а технічне обслуговування та його ремонт виконуються без застосування спеціального обладнання

Отримані показники взаємодії елементів системи «ШГ–ГВ» та результати оцінки технічного стану ШДС дозволили встановити, що в реальних умовах шахтного середовища проектний профіль траси дегазаційного газопроводу являє собою складну криву, яка під впливом деформацій гірського масиву безперервно змінює свій первісний напрям як в вертикальній, так і в горизонтальній площинах.

Наведені вище фактичні показники деформацій порід підосви гірничих виробок дають можливість визначити просторове положення осі дегазаційного газопроводу та величини відхилення її від проектного напрямку.

Слід зазначити, що при дотриманні вимог ПБ і ПТЕ просторові переміщення шахтного газопроводу можуть бути незначними і не представляти небезпеки при експлуатації. Однак при інтенсивних деформаціях гірського масиву та відсутності контролю технічного стану шахтного газопроводу величини деформацій окремих ділянок трубопроводу можуть привести до вигину його в плані, знакозмінних переміщень профілю поздовжньої осі та навіть до його руйнування.

ВИСНОВКИ та практичне значення

Результати експериментальних досліджень показників взаємодії елементів транспортно-технологічної системи «ШГ–ГВ» в реальних умовах шахтного середовища дозволили встановити:

- потенційно небезпечні зони зміни висотного положення траси шахтного дегазаційного газопроводу в залежності від деформацій гірського масиву в дільничних підготовчих виробках;

- базу вихідних даних про просторові зміни проектного профілю траси дільничного газопроводу в реальних умовах шахтного середовища, на основі яких режими його роботи в нетипових умовах експлуатації потрібно розглядати як взаємодіючу транспортно-технологічну систему «ШГ – ПВ».

Доведено, що виявлені особливості функціонування транспортно-технологічної системи «ШГ–ГВ» є малодослідженою проблемою гірничого виробництва і вимагають виконання спеціальних теоретичних досліджень щодо встановлення максимальних напружень і деформацій в лінійних частинах газопроводу та його вузлових з'єднаннях. Для подальшого розгляду нетрадиційної для галузі технічної задачі доцільно провести також моделювання параметрів взаємодії елементів системи «ШГ–ГВ» з урахуванням реальних умов шахтного середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1]. СОУ-П 10.1.00174088.018:2009 Система управления производством и охраной труда в угольной промышленности Украины (типовое руководство): Утверждено Приказом Министерства угольной промышленности Украины от 21.01.2010 г. № 7. Киев, 2010. С. 200.
- [2]. НПАОП 10.0-1.01-10 Правила безпеки у вугільних шахтах: затв. Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.03.2010 № 62. Київ: 2010, С. 2154 (Нормативний документ Мінвуглепрому України).
- [3]. Правила проектування дегазації вугільних шахт та експлуатації дегазаційних систем: СОУ-П. (2020). Міністерство енергетики України.
- [4]. Инструкция по дегазации угольных шахт. Серия 05. Вып. 22. М.: ЗАО «НТИЦ исследований проблем промышленной безопасности», 2012. 250 с.
- [5]. В. А. Малашкина, «Исследование возможностей повышения эффективности подземной дегазации угольных шахт», *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 9, 2019, с. 131–137. [DOI: 10.25018/0236-1493-2019-09-0-131-137](https://doi.org/10.25018/0236-1493-2019-09-0-131-137).
- [6]. С.П. Мінеєв, Д.М. Пимоненко, Л.А. Новіков, та А.І. Слащов, «Особенности транспортирования і переробки метаноповітряної суміші на вугільних шахтах», *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, Дніпро, вип. 59, 2019, с. 98-107. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/59.098>
- [7]. Л.А. Новиков, та А. Б. Бокий, «Расчет сетей дегазации с учетом накопления жидкой фазы», *Международная конференция Очерки горной науки и практики*, № 109, 2019, с. 7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900063>
- [8]. С.А. Курносков, С.Ю. Макеев, Л. Н. Новиков, та И.Б. Константинова, «Концептуальные основы функционирования системы дегазации шахты», *Труды Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского*, Дніпро, вип.6 (113), 2018 с. 79-85. <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2018.6.79-85>
- [9]. Т.В. Бунько, Б.В. Бокий, А.В. Бунько, Л.А. Боровский, та Н.П. Новиков, «Выбор рациональных схем проветривания и способов дегазации выработанного пространства», *Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць.–Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ*, вип. 127, 2016, с. 210–216. <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/136941>
- [10]. В.Е. Селезнев, та С.Н. Прялов, «Методы построения моделей течений в магистральных трубопроводах и каналах», *М.: Едиториал УРСС*, 2012, с. 560.
- [11]. Л.Н. Ширин, та Р.Р. Егорченко, «Оценка эффективности взаимодействия системы «дегазационный газопровод – пластовая выработка» в реальных условиях шахтной среды», *Міжнародна наукова інтернет-конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 57)" / Збірник тез доповідей*, вип. 57, 2021, с. 76.

- [12]. К.К. Софийский, Р.К. Стасевич, Д.А. Притула, та Е.Е. Дудля, «Повышение безопасности транспортирования, извлечения и утилизации метанаповерхностными дегазационными скважинами», *Геотехнічна механіка. Дніпропетровськ*, вип. 128, 2016, с. 216. http://nbuv.gov.ua/UJRN/gtm_2016_128_23
- [13]. А.М. Брюханов, «Шахтный метан и повышение взрывобезопасности угольных шахт», *Способы и средства и здоровьесловий труда в угольных шахтах: сб. научи. трудов МакННН, Макеевка: МакННН*, вып. 1(31), 2013, с. 12-21.
- [14]. Ю.М. Халимендик, та Ю.А. Заболотная, «Состояние горного массива в зонах повышенного горного давления», *Журнал Науковий вісник НГУ*, Дніпропетровськ, 2011, с. 49-53.

L. Shyrin, Doct. Eng. Sc., Prof.

ORCID: 0000-0002-1778-904X

R. Yehorchenko, PhD student.

ORCID: 0000-0002-8526-1167

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

M. Sergienko*, Assis. Prof.

ORCID: 0000-0001-8284-9072

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine

**Corresponding author: ux0un@ukr.net*

Received 20.08.2021; Accepted 28.09.2021

SPECIFICS OF DIAGNOSTICS OF TECHNICAL CONDITION OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SYSTEM “MINING GAS PIPELINE – MINE WORKING”

The purpose of the paper is to analyze a deformation mechanism of the mine degassing pipelines to forecast their spatial changes in terms of intensification of underground mining of coal-gas seams.

Methodology. The paper deals with expert assessment of the available approaches to diagnostics of technical condition of mine degassing pipelines, which are constructed within the in-seam underground mine workings with the floor rocks prone to heaving. The results of scheduled surveying measurements of technical condition of in-seam development workings have helped identify the potentially hazardous zones of rock mass deformation and indices of changes in spatial location of section degassing pipelines mounted in those mine workings. To determine the operating modes of a degassing pipeline under such operating conditions, a computer model of interaction of the elements of transport-technological system “mine gas pipeline – mine working” has been developed

Findings. Diagnostics of technical conditions of the mine gas transmission lines and examination of their dismantled components have helped understand that deflections, mainly resulting in water accumulation zones, intensive corrosion of internal pipe walls, and mechanical depositions of coal and rock dust take place right within the flange connection areas. Formation of such zones is argued by health of the degassing pipeline as well as mine air inflow. Availability of internal corrosion, water accumulations, and mine air inflow decreases substantially capacity of the underground gas transmission line inclusive of qualitative characteristics of the captured methane-air mixture and efficiency of MDS on the whole.

Originality. New approaches to diagnostics of technical condition of mine degassing gas pipeline in difficult mining and geological conditions of development of gas-bearing coal seams are substantiated and it is offered to consider indicators of their functioning as interacting in space and time transport-technological system "mine gas pipeline - mining".

Practical implications. The operational parameters of mine degassing systems notes that the equipment performance with the least underpressure losses created by vacuum pipes requires that the degassing pipeline should have minimum hydraulic resistance of the gas transmission network. Pipeline aeration from the mine workings and water accumulations should be prevented by means of qualitative hermetic sealing of its flange connections as well as the pipeline straightness with the corresponding pitches. Consequently, the basic requirements for operating mine degassing pipelines involve their design profile, tightness of flange connections of pipes as well as operative control of the facility health.

Keywords: *degassing, mine degassing system, methane-air mixture, planned survey line, software complex SolidWorks, equivalent stresses, zones of equivalent deformations.*

REFERENCES

- [1] SOU-P (Standard of Organization of Ukraine) 10.1.00174088.018:2009 System for production and labour protection management in coal industry of Ukraine (standard manual): Approved by the Order of the Ministry of Coal Industry of Ukraine of 21.01.2010 № 7, Kyiv, 2010. – 200 p.
- [2] NPAOP (Occupational safety and health regulations) 10.0-1.01-10 Rules of safety in coal mines: approved by the Order of State Committee of Ukraine on Industrial Safety, Labour Protection, and Mining Supervision of 22.03.2010 № 62, Kyiv: 2010, 2154 (Normative document of the Ministry of Coal Industry of Ukraine).
- [3] Ministry of Energy of Ukraine. Rules to design degassing of coal mines and operation of degassing systems: SOU-P. 2020.
- [4] Instruction for coal mine degassing. Series 05. Issue 22. M.: Closed Joint-Stock Company “Scientific technical center of industrial safety problems research”, 2012. 250 pp.
- [5] V. Malashkina, «Investigation of the possibilities of increasing the efficiency of underground degassing of coal mines», *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*, M.: Publishing House of MSMU, 5 (special edition 19), 2019, 12 pp. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-09-0-131-137
- [6] S. Mineev, D. Pymonenko, L. Novikov, and A. Slashchov, «Some features of transportation and processing of a metano-air mixture on coal mines», *Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine, Coll. res. pap. nat. min. univ.*, 59, 2019, p. 98-107 <https://doi.org/10.33271/crpnmu/59.098>
- [7] L. Novikov, and A.B. Boki, «Calculation of degassing networks taking into account the accumulation of liquid phase», *International Conference Essays on Mining Science and Practice*, No. 109, 2019, p. 7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900063>
- [8] S. Kurnosov, S. Makeev, L. Novikov, and I. Konstantinova, «Conceptual basis for the functioning of the mine degassing system», *Proceedings of the Mikhail Ostrogradsky Kremenchug National University*, 6 (113), 2018, p. 79 – 85. <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2018.6.79-85>
- [9] B. Boki, T. Bunko, A. Borovsky and L. Novikov, «The choice of rational ventilation schemes and methods of degassing the worked-out space», *Geotechnical mechanics: inter-institutional collection of scientific papers. / IGTM of NAS of Ukraine*, № 127, 2016, p. 210-216. <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/136941>
- [10] V. Seleznev, «Methods for constructing models of currents in main pipelines and canals», M. Editorial URSS, 2012, 560 p.
- [11] L. Shirin and R. Egorchenko, «Evaluation of the effectiveness of interaction of the system "degassing gas pipeline - seam development" in the real conditions of the mine environment», *International Science Internet Conference "Information Support: Technological, Economic and Technical Aspects of Formation (Isi 57)"*, Ternopil, 2021, 76 p.
- [12] K. Sofiyskiy, R. Stasevich, D. Pritula, and E. Dudlya, «Improving the safety of transportation, extraction and utilization of methane by surface degassing wells», *Geotechnical mechanics. Dnipropetrovsk*, Wine. 128, 2016, p. 216 http://nbuv.gov.ua/UJRN/gtm_2016_128_23
- [13] A. Bryukhanov, «Coal mine methane and increasing the explosion safety of coal mines», *Methods and means of creating safe and healthy working conditions in coal mines: collection of articles. teach. works of MakNII. Makeevka: MakNII*, Out. 1 (31), 2013, p. 12-21
- [14] Yu. Khalimendik, and Yu. Zabolotnaia, «State of rock mass within the zones of increased rock pressure», *Scientific Messenger of NMU*, 2011. p.49-53.
- [10] B. Sobko, O. Lozhnikov, A. Haidin and O. Laznikov, «Substantiation of rational mining method at the Motronivskyi titanium-zirconium ore deposit exploration», *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no. 6, pp. 41-48, 2016. Available: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2016_6_6.