

© С.П. Мінеєв¹, Д.М. Пимоненко¹, Л.А. Новіков¹, А.І. Слащов¹

¹ Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСПОРТУВАННЯ І ПЕРЕРОБКИ МЕТАНОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ НА ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ

© S. Mineev¹, D. Pymonenko¹, L. Novikov¹, A. Slashchov¹

¹ Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine

SOME FEATURES OF TRANSPORTATION AND PROCESSING OF A METANO-AIR MIXTURE ON COAL MINES

Метою роботи є дослідження впливу рідкої фази на параметри процесу транспортування метаноповітряної суміші (МПС) по шахтним дегазаційним трубопроводам і раціоналізація способів її переробки.

Методи дослідження. Для встановлення закономірностей зміни газодинамічних параметрів в основних елементах дегазаційної системи (ДС) використовувалися аналітичні методи розрахунку дегазаційних мереж з місцевими опорами і методика розрахунку режимів роботи вакуум-насосів. Вибір раціональних способів переробки газової суміші в шахтних котельних установках здійснювався на основі аналізу їх технічних показників.

Результати. Наведено співвідношення для газодинамічних параметрів МПС в шахтному дегазаційному трубопроводі, в яких враховується вологість газової суміші, надходження припливів повітря через фланцеві з'єднання ланок трубопроводу, форма прохідного перетину в місцях скупчень рідкої фази і взаємодія потоку МПС із зазначеними утвореннями. Представлені результати розрахунку витратних характеристик дегазаційного трубопроводу зі скупченням рідини і двох паралельно працюючих вакуум-насосів. На підставі аналізу роботи шахтних котельних установок запропоновано здійснювати їх перекид з парового на водогрійний режим роботи для продовження терміну експлуатації.

Наукова новизна. Встановлено залежність витратних характеристик двох паралельно працюючих вакуум-насосів і вакуумного дегазаційного трубопроводу від втрат його прохідного перетину в місці скупчення рідини, що дозволяє здійснювати регулювання режимів роботи ДС і проводити комплекс технічних заходів по відновленню пропускної здатності дегазаційної мережі.

Практична значимість. Розроблено методика розрахунку параметрів транспортування вологою МПС по шахтному дегазаційному трубопроводу з урахуванням акумуляції рідкої фази на його ділянках, що зменшує споживання електроенергії на транспортування МПС, а також витрати на ремонт і експлуатацію ДС.

Ключові слова: метаноповітряна суміш, дегазаційний трубопровід, дегазаційна система, скупчення рідини, припливи повітря.

Вступ. При використанні МПС у якості енергоносія велике значення має ефективність каптажу метану дегазаційними свердловинами, а також транспортування МПС по дільничним і магістральним дегазаційним трубопроводам. Зниження ефективності роботи ДС обумовлено порушенням герметичності трубоп-

ководів і дегазаційних свердловин, зменшенням пропускної здатності дегазаційної мережі у зв'язку з її забрудненням, зміною режимів роботи вакуум-насосів, впливом гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов [1, 2]. Зниження ефективності дегазації призводить до підвищення ймовірності виникнення аварійних ситуацій, що вимагає проведення комплексу заходів щодо відновлення роботи ДС.

Актуальність досліджень. При реконструкції діючих шахтних ДС одним з основних питань є вибір необхідних діаметрів дегазаційних трубопроводів і технічних характеристик вакуум-насосів для забезпечення необхідної ефективності дегазації. При цьому важливу роль має точність газодинамічних розрахунків дегазаційної мережі з урахуванням зміни її топології при веденні гірничих робіт, а також її технічного стану в процесі експлуатації. Існуючі методи розрахунків газопровідних мереж (включаючи дегазаційні) не повною мірою враховують закономірності зміни газодинамічних параметрів МПС у результаті впливу процесів теплообміну, припливів повітря, присутності місцевих опорів та ін. [3, 4]. Нестационарний характер течії МПС обумовлено присутністю місцевих опорів у трубопроводах, зміною їх герметичності, діаметра й внутрішньої шорсткості, індивідуальними топологічними особливостями дегазаційних мереж.

Видобуток і використання шахтного метану на вуглевидобувних підприємствах дозволяє знизити витрату споживаної електроенергії й забезпечити самооплатність підприємств. При цьому важливим питанням є збереження якості МПС і використання прогресивних технологій її переробки. У зв'язку із цим підвищення ефективності транспортування і переробки МПС є актуальним комплексним завданням, розв'язок якої дозволяє підвищити рентабельність вуглевидобувного підприємства і сприяє розв'язку ряду екологічних проблем

Метою роботи є дослідження впливу рідкої фази на параметри процесу транспортування МПС по шахтним дегазаційним трубопроводам і раціоналізація способів її переробки.

Викладення основного матеріалу. При розрахунках дегазаційних мереж використовуються певні допущення. Наприклад, місцеві опори замінюються прямолінійними ділянками трубопроводу, детальне не розглядається вплив припливів повітря на параметри МПС. При цьому виникають погрішності розрахунків, які призводять до неточного вибору діаметрів трубопроводів, числа й типу вакуум-насосів. Помітні погрішності виникають у випадках акумуляції рідкої фази в дегазаційних трубопроводах, коли спостерігаються виражені коливання газодинамічних параметрів [5, 6].

Індексми «*n*», «*k*» позначимо значення газодинамічних параметрів відповідно в початку й кінці дегазаційного трубопроводу.

Запишемо вираження для абсолютного тиску МПС [5]:

$$p_k = p_b - B_k = (1 \pm k_h) \sqrt{p_n^2 - 0,5 p_n (\xi + \zeta + \xi_{mf}) S^{-2} \rho_n Q_n^2},$$

де p_b – барометричний тиск, Па; B_k – розрядження в трубопроводі, Па; $0 \leq k_h < 1$ – коефіцієнт, який урахує різницю висотних відміток трубопроводу (знак «-» приймається при висхідному русі МПС); ξ , ξ_{mf} , ζ – коефіцієнти опору, міжфазного тертя (взаємодія МПС з вільної поверхнею рідини) і місцевого опору;

ρ_n – щільність МПС, кг/м³; S – площа прохідного перетину трубопроводу, м²; Q_n – витрата МПС, м³/с.

У місцях скупчень рідини:

$$\zeta = \zeta_{max} \approx 3,2 \left(1 - \frac{4S_{min}}{\pi d^2} \right)^2 \left(\operatorname{tg}^{1,25} \frac{\alpha_r}{2} \right),$$

де S_{min} – мінімальна площа прохідного перетину дегазаційного трубопроводу в місці скупчення рідини, м²; d – діаметр трубопроводу, м; α_r – кут звуження (розширення) трубопроводу в місці скупчення рідини, град.

У випадку повного перекриття прохідного перетину дегазаційного трубопроводу хвилювими утвореннями рідини – $S_{min} = 0$. При цьому в місці скупчення рідини – $\zeta = \zeta_{max}$. Зазначений процес, як правило, є періодичним і має виражений характер при початковому рівні рідини до утворення хвиль $H \geq 0,5d$ [7, 8].

Коефіцієнт ξ_{mf} визначається за формулою [7]:

$$\xi_{mf} = 0,11 \left\{ \frac{(\Pi_g + b_s)L_s}{4S} \left[\frac{\Delta(\Pi_g + b_s)}{4S} + \frac{68\pi S\mu}{\bar{Q}\bar{\rho}(\Pi_g + b_s)} \right]^{0,25} - \frac{L_s}{d_g} \left(\frac{\Delta}{d_g} + \frac{68\pi d_g\mu}{4\bar{Q}\bar{\rho}} \right)^{0,25} \right\},$$

де Π_g – периметр трубопроводу (над скупченням вологі), м; L_s, b_s – довжина і ширина скупчення, м; Δ – абсолютна еквівалентна шорсткість стінок трубопроводу (приймається максимальне значення), м; μ – динамічна в'язкість МПС, Па·с; d_g – гідравлічний діаметр трубопроводу в місці скупчення, м; \bar{Q} – середня витрата МПС, м³/з; $\bar{\rho}$ – середня щільність МПС, кг/м³.

Вологу МПС можна розглядати як трикомпонентну середу, що складається з повітря, метану й водяного пару [5]. Динамічна в'язкість цієї середи визначається за формулою:

$$\mu = \frac{y_m M_m + y_v M_v + y_{\Pi} M_{\Pi}}{\frac{y_m M_m}{\mu_m} + \frac{y_v M_v}{\mu_v} + \frac{y_{\Pi} M_{\Pi}}{\mu_{\Pi}}},$$

де y_{Π}, y_v, y_m – об'ємні частки водяного пару, повітря і метану, д.о; y_{Π}, y_v, y_m – об'ємні частки водяного пару, повітря і метану, д.о; M, M_m, M_v – молярні маси МПС, метану і повітря, кг/моль; μ_{Π}, μ_v, μ_m – динамічні в'язкості водяного пару, повітря і метану, Па·с.

Співвідношення для визначення витрати МПС у кінцевому перетині трубопроводу (або його ланки) має вигляд:

$$Q_k = Q_n + \Delta Q, \quad (1)$$

де $\Delta Q = \Delta Q_y L$ – сумарні припливи повітря по довжині трубопроводу, м³/с; L – довжина трубопроводу, м; $\Delta Q_y = 10^{-3} L$ – питомі нормативні притоки повітря [9], м³/(с·м).

Для обліку впливу розрядження B_x на величину припливів повітря, у вираженні [1] можна прийняти $\Delta Q = \Delta Q_y L B_x$. У даному випадку величина ΔQ_y має розмірність м³/(с·м·Па) і приймається згідно з експериментальними даними.

Якщо фактичні сумарні припливи повітря на ділянці дегазаційної мережі (гілки) перевищують нормативні значення, то необхідне проведення заходів щодо відновлення герметичності трубопроводу.

Щільність МПС і концентрація метану відповідно визначається за формулами:

$$\rho_k = \rho_v(1 - p_{п,н} p_n^{-1} - C_n) + \rho_п p_{п,н} p_n^{-1} + \rho_m C_n;$$

$$C_k = \frac{J}{Q_k},$$

де $\rho_v, \rho_п, \rho_m$ – щільності повітря, водяного пару й метану, кг/м³; $p_{п,н}$ – парціальний тиск насиченого водяного пару, Па; J – дебіт метану, м³/с.

Зміна температури МПС у місцях припливів повітря викликана зниженням температури повітря при його надходженні у вакуумний дегазаційний трубопровід і визначається по формулі для результуючої температури двох потоків газу після змішування:

$$T_r = \frac{\frac{Q_1}{k_1 - 1} + \frac{\Delta Q}{k_v - 1}}{\frac{Q_1}{(k_1 - 1)T_1} + \frac{\Delta Q}{(k_v - 1)T_p}},$$

де Q_1 – витрата МПС з температурою T_1 до змішування з притоками повітря, м³/с; C_1 – концентрація метану в МПС перед її змішуванням, д.о; k_1, k_v – показники адиабати для повітря і МПС (концентрація метану C_1), відповідно.

Витрата, абсолютний тиск, температура МПС і концентрація метану у вузлах дегазаційної мережі визначаються за відповідними значеннями цих параметрів у кінцевих перетинах гілок, що підводять МПС до вузла.

Для вибору раціональних режимів роботи ДС необхідно враховувати внутрішній діаметр дегазаційного трубопроводу, величина якого у випадку відсутності скупчень рідини [9] та їх присутності відповідно визначається за формулами:

$$d = 0,04 \cdot \left[\frac{3600 \cdot \bar{Q}^2 L}{133,3^{-1} (p_n - p_k)} \right]^{0,188};$$

$$d = 0,0542 \cdot 5,33 \sqrt{\frac{(60 \cdot \bar{Q})^2 \bar{\rho} L \bar{T}}{p_n^2 - p_k^2}},$$

де \bar{T} – середня температура МПС, К.

Якщо фактичний діаметр ділянці дегазаційної мережі менше свого розрахункового значення, то здійснюється або заміна трубопроводу, або прокладка додаткового паралельного.

Аналогічні заходи проводять у випадку, коли втрати тиску в дегазаційному трубопроводі перевищують розрахункові значення більш ніж в 1,3 раз [9, 10].

Притоки повітря в місцях фланцевих з'єднань ланок дегазаційного трубопроводу призводять до зміни параметрів МПС у напрямку її руху. Тому для підвищення точності розрахунків дегазаційної мережі послідовно розглядаються ланки

трубопроводу. При цьому отримані розрахункові значення параметрів МПС у кінці ланки використовуються як початкові умови для розрахунку наступній.

Визначення максимальної продуктивності вакуум-насосів, які працюють на дегазаційний трубопровід, що всмоктує, здійснюється в наступній послідовності [6, 8, 11]:

1. Задається діапазон зміни величини абсолютного тиску на усмоктування $p_{yc} = p_n \div p_0$ (p_n – абсолютний тиск на вході в трубопровід, Па; p_0 – залишковий тиск в усмоктувальному патрубку вакуум-насоса, Па). При цьому інтервал зміни величини p_{yc} приймається рівним $\Delta p \approx 6700$ кПа.

2. Визначається характеристика трубопроводу

$$Q_{yc} = \sqrt{\frac{p_n^2 - p_{вс}^2}{2p_n \frac{\bar{\rho}}{2S^2} (\xi + \zeta + \xi_{mf})}} = \sqrt{\frac{p_n^2 - p_{yc}^2}{2p_n R}}, \quad (2)$$

де R – аеродинамічний опір трубопроводу, кг/м⁷.

3. Визначається характеристика вакуум-насоса на усмоктування

$$Q_{yc} = \frac{n_{вн} Q_m}{B_0 p_n} (p_{yc} - p_0), \quad (3)$$

де $n_{вн}$ – число вакуум-насосів; Q_m – максимальна продуктивність вакуум-насоса при відсутності опору на усмоктування і нагнітання, м³/с; B_0 – відносний максимальний вакуум, д.о.

Точка перетину видаткової характеристики дегазаційної мережі й вакуум-насосів характеризує максимальну продуктивність останніх на усмоктування.

З рівнянь (2), (3) одержимо вираження для визначення величини абсолютного тиску на усмоктування

$$p_{yc} = \frac{B_0 p_n^2 \sqrt{\frac{B_0^2 - p_n^3 + 2RQ_m^2 n_{вн}^2 (p_n^2 - p_0^2)}{p_n^3}} + 2Q_m^2 R n_{вн}^2 p_0}{p_n B_0^2 + 2RQ_m^2 n_{вн}^2}, \quad (4)$$

Для побудови видаткових характеристик дегазаційного трубопроводу й двох паралельно працюючих вакуум-насосів використовувалося співвідношення (4). Розрахунки здійснювалися за допомогою програмного забезпечення РТС Mathcad.

У якості вихідних даних при проведенні розрахунків було прийнято: $d = 0,309$ м; $L = 1560$ м; довжина ланок трубопроводу – $l = 4$ м; тип вакуум-насосів – ВВН-50; $n_{вн} = 2$; $B_0 = 0,95$ д.о.; $p_n = 94635$ Па; $p_0 = 5065,4$ Па; $Q_m = 0,8333$ м³/с; зменшення прохідного перетину трубопроводу в місці скупчення рідини – від 25 до 85% (без урахування коливань прохідного перетину).

На рис. 1 наведено результати розрахунку видаткових характеристик дегазаційного трубопроводу зі скупченням рідини й двох паралельно працюючих вакуум-насосів

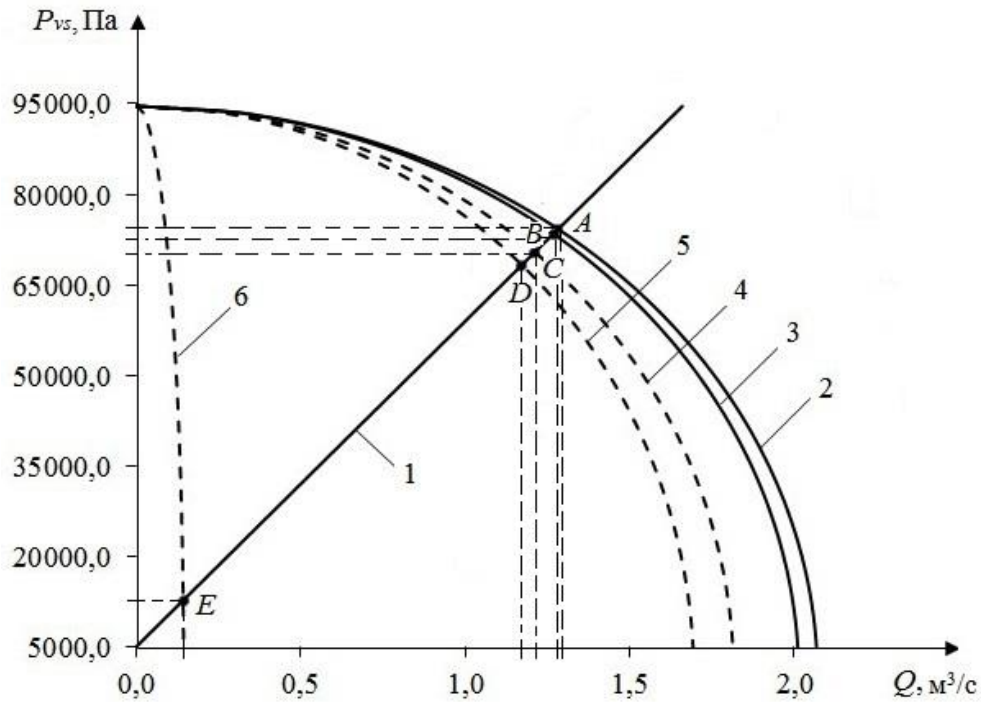


Рис. 1. Видаткові характеристики дегазаційного трубопроводу й двох паралельно працюючих вакуум-насосів: 1 – видаткова характеристика вакуум-насосів; 2-6 – видаткові характеристики дегазаційного трубопроводу при зменшенні його прохідного перетину скупченням рідини відповідно на 25, 30, 50, 55 і 85%; A, B, C, D, E – точки перетинання характеристик

Аналіз видаткових характеристик дегазаційного трубопроводу й вакуум-насосів на рис. 1 показує, що при постійній величині розрядження в усмоктувальному патрубку вакуум-насоса, величина витрати МПС у кінцевому перетині трубопроводу обернено пропорційна втратам його прохідного перетину в місці скупчення рідини. Крім того, з отриманих на рис. 1 результатів випливає, що зниження пропускної здатності трубопроводу в місці акумуляції рідкої фази призводить до падіння сумарної продуктивності вакуум-насосів. При цьому падіння продуктивності найбільш виражене у випадку зменшення прохідного перетину трубопроводу на 50% і більше.

Слід зазначити, що немаловажним моментом для забезпечення нормального функціонування ДС є ефективність і безпека засобів контролю й автоматизації [7, 12]. При цьому контроль і автоматизація ДС повинні вирішувати наступні завдання: автоматизація роботи вакуум-насосів запірнорегулюючої апаратури; дотримання вимог безпеки; аерогазовий контроль при експлуатації ДС; скидання газу в атмосферу й перекриття його подачі споживачеві; передача інформації про параметри роботи встаткування; контроль газодинамічних параметрів МПС в усмоктувальних патрубках вакуум-насосів, дегазаційних свердловинах, дільничних, магістральних і нагнітальних трубопроводах.

Збереження необхідної якості МПС, що транспортується по дегазаційним трубопроводам, дозволяє здійснити її ефективну переробку. При цьому використовуються наступні технології:

1. Спалювання МПС у газових турбінах, газомоторних і газодизельних установках для одержання електричної й теплової енергії;

2. Спільне спалювання в котлах різних видів палив (МПС може виступати в ролі основного палива й окиснювача).

Засоби автоматики повинні забезпечувати блокування розпалення й горіння при зниженні концентрації метану менш 25%, запобігати поширенню полум'я в газоповітряний тракт, здійснювати регулювання подачі МПС у пальник при зміні її состава.

Умови переведення котлоагрегатів на опалення метаном [13, 14] наступні:

1. Концентрація метану у МПС на виході з вакуум-насоса – не менш 25%.

2. Дебіт метану, що каптується, не менш 5 м³/хв.

3. Вакуум-насоси дозволяють здійснювати ефективне транспортування газу до споживача.

Оскільки шахтні котельні вже оснащені, як правило паровими котлами, то найбільш доцільним, з погляду мінімізації капітальних витрат на встаткування, представляється використання їх енергогенеруючого потенціалу шляхом установки в котельні або поруч із нею власних турбогенераторів, тип яких вибирається залежно від місцевих умов.

Усього на шахтах України експлуатується порядку сотні котлів ДКВР/ДЕ. За даними робіт [14-16] шахтні котельні дозволяють виробити порядку 1 млрд. кВт·рік електроенергії. У цей час котельні на вуглевидобувних підприємствах працюють із початковими параметрами пару: $P = 1,4$ МПа; $T = 250^{\circ}\text{C}$. З урахуванням зазначених параметрів випускаються турбогенератори як з турбінами із протитиском, так і конденсаційні. Однак, враховуючи, що діючі шахтні котельні, переважно, обладнані котлами, виготовленими в 60-80 роках минулого сторіччя, що функціонують при зниженому робочому тиску і температурі, ефективно їхнє використання, разом з вищезгаданими паровими турбінами, не завжди можливо [14-16]. З метою продовження терміну служби парових котлів, що виробили ресурс, і подальшого їхнього використання в когенераційних енергокомплексах для вироблення теплової й електричної енергії, пропонується переклад котлоагрегатів з парового у водогрійний режим роботи. Тому доцільно здійснити переустаткування, яке дозволить забезпечити оптимальні умови роботи парових котлів на тривалий період експлуатації.

Висновки. Для підвищення точності розрахунків шахтних дегазаційних мереж необхідно враховувати вплив припливів повітря й акумуляції рідкої фази на газодинамічні параметри МПС у дегазаційному трубопроводі.

Падіння продуктивності вакуум-насосів, що працюють на шахтну дегазаційну мережу, викликане утворенням скупчень рідини на її ділянках і найбільш виражено при зменшенні прохідних перетинів трубопроводів на 50% і більше.

Утилізація метану, який добувається при розробці вугільних пластів, в шахтних котельних установках із застосуванням когенераційних технологій забезпечує зниження викидів метану в атмосферу та зменшення викидів шкідливих речовин при переустаткування котелень на спалювання МПС замість вугільного палива.

Перелік посилань

1. Малашкина, В.А., & Мамедова, И.Х. (2011) Анализ методов оценки эффективности использования дегазационных установок угольных шахт. *ГИАБ*, (7), 413-423.
2. Минеев, С.П., Кочерга, В.Н., Наривский, Р.Н., Янжула, А.С., Колесников, А.Н., & Гордиевский К.Н. (2016) Методология разработки противоаварийных мероприятий в проекте дегазации угольной шахты. *Геотехническая механика*, (127), 226-238.
3. Ванчин, А.Г. (2014) Методы расчета режима работы сложных магистральных газопроводов. *Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело»*, (4), 192-214.
doi:10.17122/ogbus-2014-4-192-214
4. Минеев, С.П. (2009) *Свойства газонасыщенного угля*. Днепропетровск: НГУ.
5. Булат, А.Ф., Бунько, Т.В., Ященко, И.А., Шишов, М.В., Мирошниченко, В.В., Алабьев, В.Р., Бокий, А.Б., Новиков, Л.А., Дудник, М.Н., & Кокоулин, И.Е. (2018) *Совершенствование функционирования угольных шахт: вентиляция, кондиционирование, дегазация, экология*. Днепр: Журфонд.
6. Минеев, С.П., Кочерга, В.Н., & Левчинский, Г.С. (2015) Методика определения фактической подачи вакуум-насосов дегазационных систем. *Уголь Украины*, (10), 21-23.
7. Бунько, Т.В., Новиков, Л.А., Дудник, М.Н., & Мирошниченко, В.В. (2018). *The scientific method*, 1, (17), 50-55.
8. Курносков, С.А., Макеев, С.Ю., Новиков, Л.А., & Константинова И.Б. (2018) Концептуальные основы функционирования шахтных дегазационных систем. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*, 6(113), 79-85.
doi:10.30929/1995-0519.2018.6.79-85
9. Муха, О.А., & Пугач, І.І. (2009). *Розрахунок параметрів дегазаційних систем: монографія*. Дніпропетровськ: НГУ.
10. Минеев, С.П., Рубинский, А.А., Витушко, О.В., Радченко, А.В. (2010) *Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах*. Донецк: Східний видавничий дім.
11. Маркин, В.А., Юрченко, Б.П., Тимофеева, Н.Л., & Кочерга, В.Н. (2014) Методика расчета режима работы вакуум-насосов при наличии сопротивления на всасе и нагнетании. *Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах*, 1(33), 29-37.
12. Смирнов, А.Н., Минеев, С.П., Янжула, А.С., Самохвалов, Д.Ю., & Ященко, И.А. (2017) Некоторые вопросы аэрогазового контроля в условиях угольных шахт. *Геотехническая механика*, (132), 183-192.
13. Булат, А.Ф., & Пимоненко, Д.Н. (2013) Некоторые аспекты использования метана для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии в котельных. *Сборник статей участников VI Международной научно-практической конференции «Инновации в технологиях и образовании»*, 2, 257-262.
14. Булат, А.Ф., & Чемерис, И.Ф. (2006) *Научно-технические основы создания шахтных когенерационных энергетических комплексов*. Киев: Наукова думка.
15. Соболев, И.Д. (1996) Создание промышленных ТЭЦ малой мощности на базе действующих котельных. *Экотехнологии и ресурсосбережение*, (2), 3-10.
16. Булат, А.Ф., & Дякун, И.Л. (2017) Обоснование эффективности создания теплоэнергетических комплексов с паротурбинной когенерацией на угледобывающих предприятиях. *Форум гірників-2017: Матеріали міжнародної конференції*. 368-374.

АННОТАЦІЯ

Целью работы является исследование влияния жидкой фазы на параметры процесса транспортировки метановоздушной смеси (МВС) по шахтным дегазационным трубопроводам и рационализация способов ее переработки.

Методы исследования. Для установления закономерностей изменения газодинамических параметров в основных элементах дегазационной системы (ДС) использовались аналитические методы расчета дегазационных сетей с местными сопротивлениями и методика расчета режимов работы вакуум-насосов. Выбор рациональных способов переработки газовой смеси в шахтных котельных установках осуществлялся на базе анализа их технических показателей.

Результаты. Приведены соотношения для газодинамических параметров МВС в шахтном дегазационном трубопроводе, в которых учитывается влажность газовой смеси, поступление притечек воздуха через фланцевые соединения звеньев трубопровода, форма проходного сечения в местах скоплений жидкой фазы и взаимодействие потока МВС с указанными образованиями. Представлены результаты расчета расходных характеристик дегазационного трубопровода со скоплением жидкости и двух параллельно работающих вакуум-насосов. На основании анализа работы шахтных котельных установок предложено осуществлять их перевод с парового на водогрейный режим работы для продления срока эксплуатации.

Научная новизна. Установлена зависимость расходных характеристик двух параллельно работающих вакуум-насосов и дегазационного трубопровода от потерь его проходного сечения в месте скопления жидкости, что позволяет осуществлять регулировку режимов работы ДС и проводить комплекс технических мероприятий по восстановлению пропускной способности дегазационной сети.

Практическое значение. Разработана методика расчета параметров транспортировки влажной МВС по шахтному дегазационному трубопроводу с учетом аккумуляции жидкой фазы на его участках, которая позволяет снизить потребление электроэнергии на транспортировку МВС, а также затраты на ремонт и эксплуатацию ДС.

Ключевые слова: *метановоздушная смесь, дегазационный трубопровод, дегазационная система, скопление жидкости, притечки воздуха.*

ABSTRACT

The purpose of the work is research influence of the liquid phase on the parameters process transportation of methane-air mixture (MAM) through mine degassing pipelines and rationalization of methods for its processing.

Research methods. To establish patterns of changes in gas-dynamic parameters in the main elements of a degassing system (DS), we used analytical methods for calculating degassing networks with local resistances and a methodical for calculating the operating modes of vacuum pumps. The choice of rational methods of processing the gas mixture in mine boiler plants was carried out on the basis of the analysis of their technical indicators.

The results. The relationships are given for the gas-dynamic parameters of the MAM in mine degassing pipeline, which take into account the humidity of gas mixture, air inflows through the flanged joints of the pipeline links, shape of the cross-section in the places accumulations liquid phase and the interaction of the MAM flow with the indicated entities. The results of calculating for expendable characteristics of a degassing pipeline with accumulation of liquid and two parallel-running vacuum pumps are presented. Based on the analysis of the operation of mine boiler plants, it is proposed to transfer them from steam to hot water to extend the operating life.

Scientific novelty. The dependence expendable characteristics of two parallel operating vacuum pumps and degassing pipeline on the losses of its passage section in the place of fluid accumulation

is established, which allows to regulate the modes of operation of the DS and to carry out a set of technical measures for restoring the throughput of the degassing network.

The practical significance. A methodology has been developed for calculating the parameters of transporting a humid MAM by mine degassing pipeline, taking into account the accumulation liquid phase in its sections, which allows to reduce the energy consumption for transportation MAM, as well as the cost of repair and maintenance DS.

Keywords: *methane-air mixture, degassing pipeline, degassing system, accumulation of liquid, air leaks.*