

Денисенко В., кандидат технічних наук, доцент,
Абакумова О., асистент
(Донбаський державний технічний університет, м. Алчевськ, Україна)

ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ МЕТАНО-ПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ ПРИ ВИЛУЧЕННІ СИСТЕМОЮ ШАХТНОЇ ДЕГАЗАЦІЇ

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ МЕТАНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ СИСТЕМОЙ ШАХТНОЙ ДЕГАЗАЦИИ

Предложены способы и устройства, обеспечивающие автоматическое регулирование содержания метана в дегазационной системе для повышения кондиционности извлекаемой метано-воздушной смеси.

SOLUTIONS QUALITY MANAGEMENT METHANE MIXTURE WHILE EXTRACTING THE DEGASSING MINING SYSTEM

The methods and devices provide automatic regulation of the content of methane in the degassing system to enhance the removable conditional methane-air mixture.

Ключові слова: метан, якість, дегазація, засоби, автоматичне регулювання.

Ключевые слова: метан, качество, дегазация, устройства, автоматическое регулирование.

Keywords: methane, quality, degassing to, devices, automatic regulation.

Сучасний стан паливно-енергетичного комплексу України потребує використання альтернативних джерел енергії. До них відноситься метан вугільних родовищ – один із невідновлюваних нетрадиційних енергоресурсів. За обсягами запасів метану вугільних родовищ, які оцінюються в 12–25 трлн м³, наша держава посідає четверте місце у світі. Але порівняно з європейськими державами в Україні рівень використання метану вугільних родовищ у чотири рази нижчий [4]. У середньому по країні утилізується не більше 10% метану.

Серед причин незначного використання метану вугільних родовищ можна назвати у першу чергу некондиційність шахтного метану, який отримують безпосередньо з дегазаційних свердловин під час видобутку вугілля; наявність вологи, пилові частки та відносно низький і непостійний вміст метану, а також відсутність надійної та простої технології екстрагування метану з метаноповітряної суміші, нестабільність виділення метану з масиву гірничих порід під час розробки вугільних пластів; відсутність чіткого відпрацьованого законодавчого механізму стимулювання утилізації метану; сезонні коливання потреб споживачів.

Концентрація метану у газоповітряній суміші в дегазаційному трубопроводі часто не відповідає кондиції спалювання і вибухобезпечності, така газова суміш потрапляє у розряд некондиційних або небезпечних за умовами використання. Для підвищення обсягів утилізації вугільного метану необхідно розвивати та впроваджувати технології, що забезпечують видобуток та комплексну утилізацію метану вугільних родовищ з отриманням теплової, електричної енергії та хіміч-

ної сировини, в тому числі для отримання стисненого газу. Все це значно покращить економічну ситуацію у вуглевидобувних регіонах.

У зв'язку з цим дослідження і розробка технічних засобів підвищення якості метано-повітряної суміші, що вилучається шахтною дегазацією, є актуальною науково-прикладною задачею. Вирішення цієї задачі буде сприяти підвищенню ефективності та газової безпеки ведення гірничих робіт, повноті вилучення і утилізації каптованого метану вугільних родовищ як екологічно чистого енергоносія, зниженню викидів у атмосферу парникових газів.

Мета роботи – розробка технічних засобів підвищення якості метано-повітряної суміші, що вилучається шахтною дегазацією, для інвестиційної привабливості впровадження утилізації метану вугільних родовищ за рахунок підвищення ефективності вилучення та повноти утилізації метаноповітряної суміші.

Для реалізації поставленої мети було вирішене завдання: розробити технічні засоби і прості та надійні пристрої підвищення якості метано-повітряної суміші, завдяки яким при зміні режиму роботи дегазаційної свердловини в ній автоматично підтримується високий вміст метану протягом усього часу продуктивної роботи свердловини.

Аналіз теоретичних та експериментальних досліджень останніх років [3, 5, 6] показує, що одним із перспективних напрямів вважається розробка ефективних технологій підготовки метано-повітряної суміші до використання шляхом підвищення вмісту метану і його стабілізації різними способами з використанням

різноманітних методів розділення газоповітряних сумішей на метан та повітря. Розглядається технологія одержання чистого 100% метану у рідинному або газоподібному стані [6]. Але з достатньо великої кількості способів і засобів підвищення кондиційності каптованої суміші, запропонованих у роботах фахівців, недостатньо уваги приділено підвищенню вмісту метану на етапі його вилучення з масивів порід (тобто у дегазаційних свердловинах) та транспортування.

Досвід роботи вугільних шахт із застосуванням свердловинної дегазації показує, що у дільничний газогін часто потрапляє суміш із вмістом метану 30–40%, тобто основне розбавлення метану рудниковим повітрям відбувається на етапі його вилучення свердловинами за рахунок підтоків повітря через тріщини у свердловинах та герметизатори гирл свердловин. Як показали результати експериментальних досліджень, величина підтоків повітря залежить від ступеня вакууму на гирлі свердловин [7]. Зі зростанням вакууму у свердловинах закономірно знижується вміст метану у суміші, яка надходить зі свердловини.

Дегазація шахт у такому вигляді, як вона застосовується, спрямована практично на зниження метановиділення до допустимого рівня умовами провітрювання і запобігання створенню небезпечних концентрацій метану в атмосфері виробок. Параметри та режим роботи дегазаційної системи шахти проєктуються таким чином, щоб забезпечити необхідну ефективність дегазації на період стабільної роботи лави та щоб вилучена метано-повітряна суміш характеризувалася як кондиційна за вмістом метану.

У періоди нестабільної роботи лави спостерігається закономірне і тривале зниження якості метаноповітряної суміші до некондиційного рівня [1]. Проаналізувавши фактичний стан дегазації на шахтах, можна зробити висновок, що існуюча технологія вилучення метану, спрямована на управління метановиділенням при очисних роботах, не здатна забезпечити високий і стабільний вміст метану у вилученій суміші навіть за достатньої ефективності дегазації. Для впровадження та ефективної експлуатації утилізаційних технологій необхідне системне управління кондиційністю метаноповітряної суміші. Основною складовою системи управління повинно стати комплексне застосування економічно обґрунтованих технічних і технологічних заходів, спрямованих на підвищення вмісту метану і його стабілізацію у суміші.

Для розробки науково обґрунтованих технічних і технологічних рішень з підвищення якості метаноповітряної суміші необхідно виявити закономірності зміни вмісту метану у суміші від факторів відробки вугільного пласта. Основні фактори розробки, які суттєво впливають на зміну вмісту метану, наступні: природна газовіддача вуглепородного масиву, водонасиченість, тектонічна порушеність; інтенсивність видобутку вугілля (швидкість переміщення очисного вибою); виймальна потужність пласта; кількість дегазованих джерел; режим роботи вакуум-насосної станції [1].

На прикладі розробки метанонесних вугільних пластів Донбасу встановлено, що вміст метану у суміші, яка вилучається дегазацією у період стабільної роботи лави, лінійно залежить від швидкості посування лави і природної газовіддачі метанонасиченого масиву порід, а зміна вмісту метану у газоповітряній суміші у період розвитку очисних робіт до первинного обвалювання масиву покрівлі та зупинки лави на демонтаж відбувається за ступеневою залежністю. На основі одержаних залежностей побудована математична модель динаміки вмісту метану у газоповітряній суміші, що вилучається, яка має вид:

$$C(t) = C_{\text{поч.}}(t) + \left[(a \cdot v_{\text{оч.}} + A) \frac{m_1}{m_{\text{сеп.}}} \right] + C_{\text{к.}}(t), \% \quad (1)$$

де $C_{\text{поч.}}(t)$ – вміст метану у початковий період дегазації, %;

$C_{\text{к.}}(t)$ – вміст метану у кінцевий період дегазації, %;

t – поточний час дегазації, доб.;

$v_{\text{оч.}}$ – швидкість посування очисного вибою, м/доб.;

a, A – емпіричні коефіцієнти рівняння, що залежать від показника газовіддачі вугілля;

$m_1, m_{\text{сеп.}}$ – поточна та середня виймальна потужність вугільного пласта відповідно, м.

$$C_{\text{поч.}}(t) = at^4 + bt^3 + ct^2 + dt + C_1, \% \quad (2)$$

де a, b, c, d – емпіричні коефіцієнти, що враховують умови вилучення метану у даних умовах розробки;

C_1 – коефіцієнт, чисельно рівний вмісту метану у суміші до первинного обвалювання, %.

$$C_{\text{к.}}(t) = at^4 + bt^3 + ct^2 + dt + C_2, \% \quad (3)$$

де C_2 – коефіцієнт, чисельно рівний вмісту метану при стабільній роботі лави, %.

У водонасичених зонах вміст метану зменшується при збільшенні водопритоку, а у тектонічно порушених зонах, навпаки, збільшується.

У разі застосування шахтою утилізаційних технологій необхідною складовою технології видобутку і отримання кондиційної суміші зі стабільним вмістом метану є системне управління кондиційністю суміші, яке може бути реалізоване шляхом застосування комплексу технічних і гірничо-технологічних заходів відповідно до специфіки умов вилучення метану на конкретній шахті. На теперішній час існує достатній арсенал науково-обґрунтованих і апробованих на практиці способів та засобів для підвищення вмісту метану у суміші, що вилучається шахтною системою дегазації.

У світі сучасних уявлень поняття «управління кондиційністю» включає підвищення середнього вмісту метану і його стабілізацію у газоповітряній суміші. Управління кондиційністю метаноповітряної суміші можливе у напрямках: зниження підтоку повітря у дегазаційну систему на стадії вилучення і транспортування суміші до споживача; підвищення повноти

вилучення з основних джерел метановиділення шляхом застосування комплексних способів дегазації, підвищення інтенсивності та стабільності вуглеводобутку за рахунок використання очисного устаткування нового технічного рівня; збагачення бідних метаном сумішей шляхом їх змішування з природним газом або розділення суміші на газові компоненти.

За результатами розрахунку, згідно з розробленою математичною моделлю, встановлена гранична швидкість переміщення очисного вибою, за якої суміш є кондиційною (вміст більше 30%) і яка змінюється у діапазоні 1,1–2,5 м/доб. Менше значення швидкості відповідає природній метаносності пластів 25–27 м³/т.с.б.м. і глибині розробки 1000–1200 м. При зменшенні значення показників газовіддачі швидкість посування зростає. З урахуванням нерівномірності виділення метану у свердловини і випадкових факторів розробки значення граничної швидкості переміщення очисного вибою повинно бути на рівні 2–3,5 м/доб. Створення таких умов забезпечується застосуванням надійного та продуктивного очисного устаткування.

На практиці за результатами вимірів вмісту метану у суміші, що надходить зі свердловини, проводять регулювання вакууму у свердловині таким чином, щоб досягти величини вмісту метану, яка закладена у проекті дегазації. Для цього зменшують прохідний перетин труби, що зв'язує свердловину і дільничний газогін за допомогою шиберів або спеціальних кранів типу «Батерфляй». У інших випадках за допомогою шиберів вакуум на гирлах діючих дільничних свердловин розподіляють пропорційно дебетам метану в

них. Вказані заходи мають недоліки: значну трудомісткість, необхідність періодично регулювати всю дегазаційну систему.

При розробці засобів підвищення якості метаноповітряної суміші перевагу було віддано технічним та технологічним засобам, які відповідали вимогам: використання не потребує капітальних витрат; надійні у роботі; прості та дешеві у виготовленні; працюють у автоматичному режимі.

Завдяки особливостям формування вмісту метану у суміші, що вилучається дегазаційними свердловинами із підробленого масиву покрівлі, можливе використання пристрою для автоматичної підтримки високого вмісту метану у суміші за рахунок зниження вакууму у тих свердловинах, де зменшується продуктивність. Ефект досягається за рахунок використання затвора, що вбудований у дегазаційний трубопровід і з'єднує обсадну трубу з дільничним трубопроводом. Затвор виготовлений з еластичного матеріалу (гума, полімер) у вигляді труби, зовнішній діаметр якої приблизно дорівнює внутрішньому діаметру дегазаційного трубопроводу. Простір між затвором і стінкою дегазаційного трубопроводу з'єднується з рудниковою атмосферою за допомогою штуцера з дросельним краном, вмонтованим у стінку трубопроводу (рис. 1) [2].

Для підтримання кондиційного вмісту метану у суміші пропонується вилучати кондиційний метан з виробленого простору відпрацьованих лав за допомогою буріння дегазаційних свердловин у масив покрівлі назустріч пересуванню очисного вибою з головних підготовчих виробок (рис. 2), котрі охоплюються ціликами вугілля значних розмірів, який

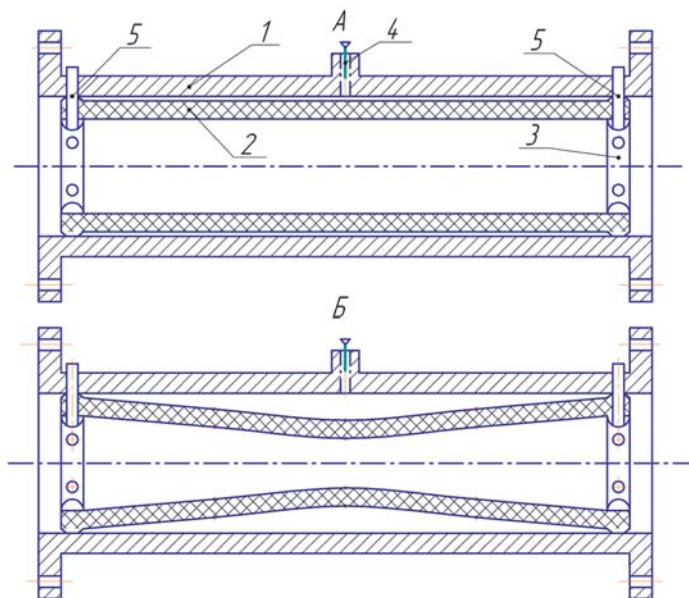


Рис. 1. Пристрій для підвищення вмісту метану в суміші:
1 – дегазаційний трубопровід; 2 – затвор з еластичного матеріалу; 3 – кільце для кріплення затвору; 4 – штуцер з дросельним краном для проходу рудникового повітря до затвору; 5 – штуцери для контролю роботи пристрою

відрізняється тим, що вибір параметрів закладання свердловин та їх буріння здійснюють після припинення ведення очисних робіт, причому свердловини бурять кущами, і кількість свердловин у кожному кущі визначають для конкретних умов розробки кількістю техногенних колекторів, що розташовані на інтервалі розвантаження порід підробленого масиву покрівлі.

У способі вилучення кондиційного метану з виробленого простору відпрацьованих лав (який включає буріння дегазаційних свердловин у масив

покрівлі назустріч пересуванню очисного вибою з головних підготовчих виробок, котрі охороняються ціликами вугілля значних розмірів), згідно з корисною моделлю, вибір параметрів закладання свердловин та їх буріння здійснюють після припинення очисних робіт, причому свердловини бурять кущами, і кількість свердловин у кожному кущі визначають для конкретних умов розробки у залежності від кількості техногенних колекторів, розташованих на інтервалі розвантаження порід підробленого масиву покрівлі.

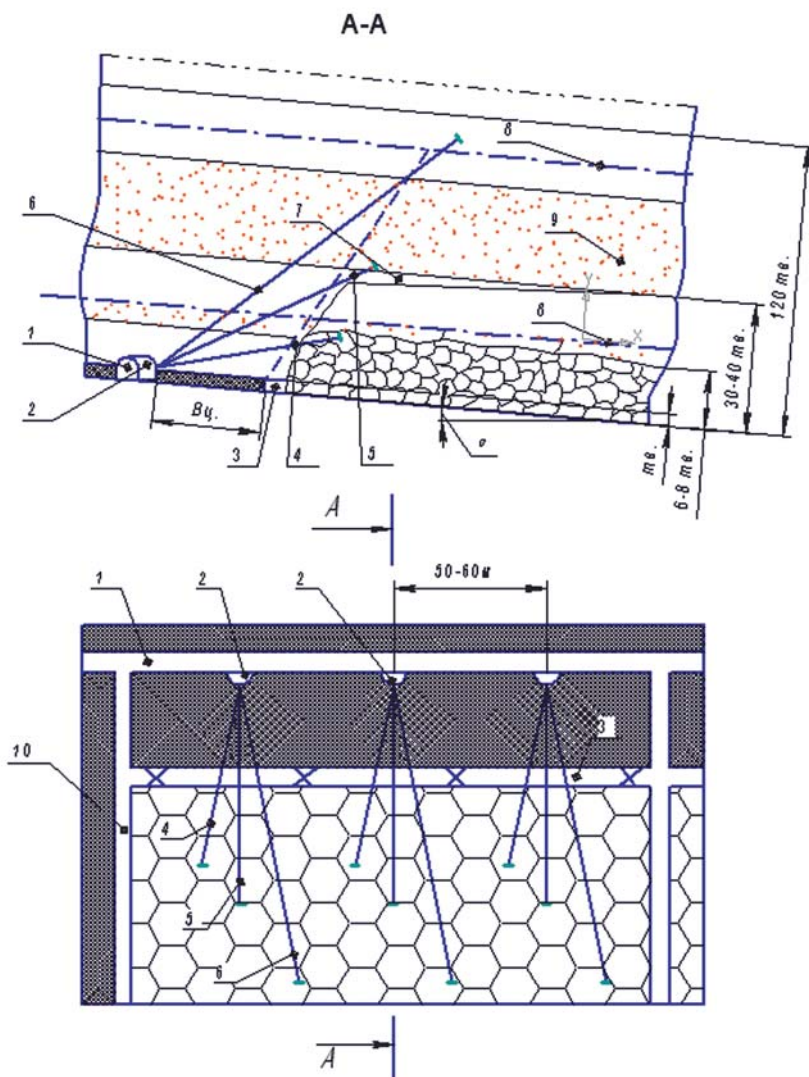


Рис. 2. Схема вилучення кондиційного метану з виробленого простору відпрацьованих лав: 1 – виробка, що охороняється ціликами вугілля (головний штрек); 2 – бурові камери; 3 – демонтажна камера; 4 – свердловини над зоною обвалених порід; 5 – свердловини до порожнин розшарування під породами-мостами; 6 – свердловини до колекторів метану у верхній частині зони розвантаження (газового дренажу); 7 – порожнина розшарування; 8 – пласти-супутники у покрівлі пласта; 9 – порода-міст; 10 – конвеєрна виробка виїмкової дільниці. Вц – охоронний цілик; α – кут падіння пласта; m_g – виймальна потужність пласта

Таким чином, використання запропонованого способу дозволяє підвищити повноту вилучення метану з вміщувачих пласт масивів, отримати метаноповітряну суміш зі стабільним дебітом та високим вмістом метану, знизити надходження метану з виробленого простору у діючі виробки, тим самим звести до мінімуму вірогідність їх загазування, а також підвищити інтенсивність вуглевидобутку за рахунок зняття обмежень за газовим фактором.

Резервом для підвищення повноти вилучення метану є масив підшови пласта, який надробляється, але

через складність відкачки води зі свердловин, що буряться у підшву пласта, цей спосіб не знайшов широкого застосування. Для ефективного вилучення метану з підшови пласта розроблено пристрій для видалення води із дегазаційної свердловини, яка має негативний кут похилу до горизонту, безпосередньо у процесі дегазації (рис. 3). За допомогою цього пристрою досягається постійне або періодичне видалення води газом метаном, який у процесі виділення із газових колекторів утворює тиск і формує газоводяну суміш, що здат-

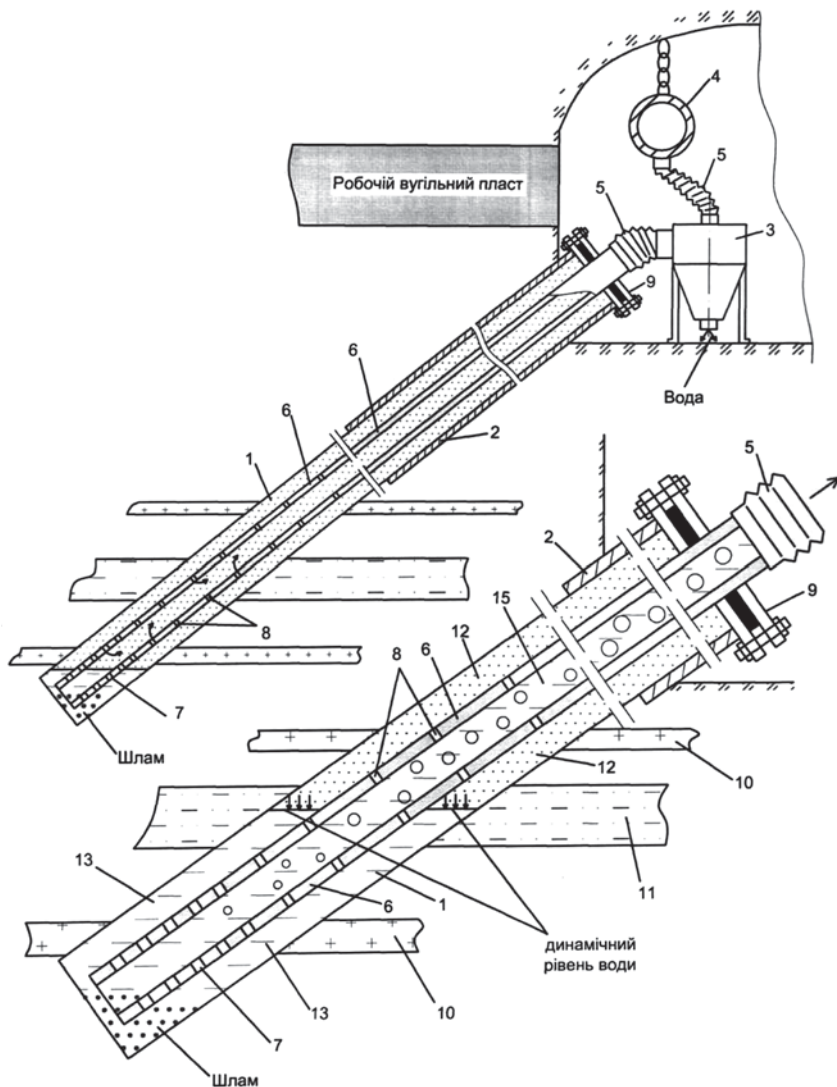


Рис. 3. Пристрій для видалення води із дегазаційної свердловини з негативним кутом похилу до горизонту: 1 – ствол свердловини; 2 – обсадна труба свердловини; 3 – дегазатор води; 4 – діляничний газопровід; 5 – з'єднувальні гофровані труби; 6 – труба для транспортування газу та води; 7 – перфораційні отвори у трубі для пропускання основного потоку води і газу; 8 – отвори-фільтри для пропускання газу у камеру змішування з водою; 9 – заглушка з отвором для пропуску транспортної труби; 10 – газові колектори (вугільні пласти-супутники); 11 – газоводяні або водяні колектори; 12 – газ метан під тиском; 13 – вода з розчиненим газом; 14 – камера змішування води з газом; 15 – вода, насичена вільним газом

на за принципом роботи ерліфту підійматися до гирла свердловини завдяки застосуванню додатково введеної у свердловину труби, запобіжно перфорованої отворами різних діаметрів за певною схемою.

Це дозволяє: значно збільшити ефективність вилучення метану; підвищити його вміст у газоповітряній суміші; автоматизувати процес видалення води зі свердловини; досягти низької вартості та надійності у роботі пристрою за рахунок простоти його конструкції; ліквідувати викиди метану у атмосферу виробки. Пристрій являє собою пластикову трубу (6) з діаметром, меншим за діаметр свердловини (1), яку розташовують перфорованим кінцем (7) на дні свердловини (1). Другий кінець труби (6) пропускають через отвір заглибки (9) та герметизують з'єднання, з'єднують трубу (6) з дільничним вакуумним трубопроводом (4) через дегазатор (3) гофрованими трубами (5).

Пристрій працює таким чином. За відсутності припливу води з масиву порід у свердловини газ метан завдяки перепаду газового тиску перетікає через отвори (7, 8) із затрубної порожнини у газотранспортну трубу і потрапляє по ній до дільничного газопроводу (4). У разі надходження води у свердловину із газоводяних або водяних колекторів, вода (13) заповнює нижню частину затрубного простору свердловини (1) і перекриває перфорований канал (7) для пропуску основного потоку. Одночасно над рівнем води (13) метан (12) утворює газовий тиск, за рахунок якого вода (13) віджимается у газотранспортну трубу (6). При зниженні динамічного рівня води у затрубному просторі метан через отвори-

фільтери (8) перетікає у трубу (6) (камеру змішування) та утворює газоводяну суміш (15), яка інтенсивно підіймається по трубі та потрапляє у дегазатор (3). Після відділення води у дегазаторі газова суміш надходить до дільничного газопроводу (4).

Таким чином, використання запропонованого пристрою дозволяє підвищити ефективність видалення води зі свердловини, завдяки чому зростає ефективність вилучення метану, підвищується вміст метану у суміші, що вилучається, і поліпшуються техніко-економічні показники роботи дегазаційної системи.

Герметизація гирл дегазаційних свердловин є одним із найважливіших складових ефективності роботи дегазаційної установки, оскільки від її якості залежить ступінь розрідження наприкінці непорушеної частини свердловини. При недостатній герметизації свердловин відбувається підсос повітря в дегазаційну систему з навколишньої атмосфери гірничих виробок через гирла свердловин і прилеглий до них гірничий масив, що призводить до збіднення газоповітряної суміші. В задачу роботи входила розробка пристрою, що дозволяє відокремити газову суміш від води безпосередньо у дегазаційній свердловині.

Пристрій для герметизації дегазаційних свердловин включає в себе: дегазаційну трубу, що вставляється в дегазаційну свердловину, на якій хомутами закріплено декілька герметизуючих елементів з еластичного матеріалу (рис. 4). Еластичні елементи мають форму гриба і розташовуються вершиною

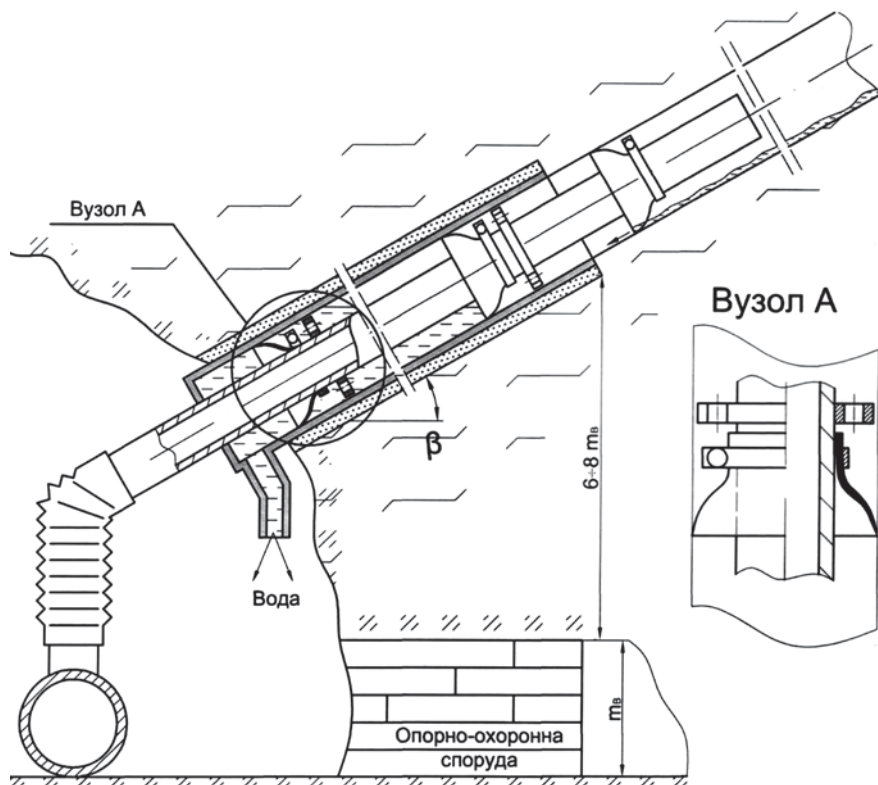


Рис. 4. Пристрій для герметизації дегазаційних свердловин

сфери у бік вибою свердловини. Довжина герметизації дорівнює довжині обсадної труби з додаванням 2–3 м впродовж свердловини. Елементи виконують роль зворотних клапанів, тобто закриваються за рахунок вакууму у свердловині та пропускають воду через себе по мірі її накопичення. Пристрій відділяє воду, що виділяється із свердловини, від газової суміші і герметизує найбільш порушену ділянку свердловини, яка прилягає до гирла. Завдяки цьому зростає ефективність вилучення метану, підвищується вміст його у суміші і поліпшуються показники роботи дегазаційної системи.

Для підтримання кондиційності метано-повітряної суміші, що надходить з шахти, поряд з підтриманням високого рівня герметичності газогонів необхідно гнучко регулювати продуктивність вакуумних насосів у залежності від відсоткового вмісту метану у суміші [1].

Висновок

Запропоновані технологічні та технічні засоби підвищення якості метаноповітряної суміші дозволять одержати метано-повітряну суміш зі стабільним вмістом метану і довести рівень утилізації каптованого метану практично до 90–95%.

1. *Абакумова О. В.* Вплив режиму роботи дегазаційної системи шахти на кондиційність вилученої метаноповітряної суміші // Проблеми гірничої технології. – Красноармійськ: КІІ ДонНТУ, 2012. – С. 232–239.

2. *Денисенко В. П.* Управління кондиційністю метаноповітряної суміші у процесі вилучення метану з підробленого масиву // Проблеми гірничої технології. – Красноармійськ, КІІ ДонНТУ, 2012. – С. 240–243.

3. *Коваленко В. И.* Оборудование концентратора «Укрросметалл» для дегазации угольных пластов // Геотехнічна механіка. – Дніпропетровськ, ІГТМ НАН України, 2008. – Вип. 80. – С. 328–330.

4. *Павлов С. Д.* Перспективы и особенности освоения метана угольных месторождений Донецкого бассейна // Видобуток та використання газу-метану: залучення інвестицій. – Геолог України. – 2009. – № 3. – С. 165–170.

5. *Пучков Л. А., Каркашадзе Г. Г., Гончаров С. А.* Способ утилизации шахтной смеси и устройство для его осуществления. – Патент на изобретение № 2096626. 20.11.1997.

6. *Пучков Л.А.* Извлечение метана из угольных пластов / Л.А. Пучков, С.В. Сластунов, К.С. Коликов – М.: МГГУ, 2002. – С. 36–42.

7. *Устинов Н. И.* Режимы извлечения кондиционного метана из угольных шахт // Современные проблемы шахтного метана. – М.: МГГУ, 2005. – С. 159–164.