

Винахід відноситься до гірничодобувної промисловості та може бути використаний при виробленні газоподібного азоту безпосередньо із шахтної атмосфери для застосування його при профілактиці й гасінні підземних пожеж.

Відомий спосіб вироблення газоподібного азоту за допомогою поверхневих азотно-компресорних установок для подачі в підземні виробки шахти з метою профілактики і гасіння підземних пожеж [Чуприков А.Е., Мячин В.В. Технологічна схема гасіння підземних пожеж через шпари з поверхні // Безпека праці в промисловості. - 2000.- №5, - С.45-46.]. Спосіб реалізується за наступною схемою: до одному зі стовбурів шахти (або спеціальної свердловини) підвозиться цистерна з рідким азотом, до цистерни підключають перетворювач рідкого азоту в газоподібний, який по трубопроводу, що прокладений по стволу і гірничим виробкам, подають у чистому виді, або в спінений пульпі до місця його викиду (подачі) у гірське виробку (пожежонебезпечна ділянка) з метою профілактики, локалізації або гасіння пожеж. Недоліком такого способу (технології) є:

- значна відстань джерела вироблення азоту від місця його споживання в шахті;
- необхідність попереднього одержання рідкого азоту на спеціалізованих заводах і доставки його в цистернах за допомогою автомобіля або залізничного транспорту на шахту для подальшого використання;
- потреба в додатковій установці для перетворення рідкого азоту в газоподібний стан;
- необхідність прокладки довгого трубопроводу з поверхні шахти від місця розташування цистерни по стволу та гірничим виробкам до місця подачі азоту на пожежонебезпечній ділянці.

Усе це приводить до необхідності витрат значного часу на заходи щодо профілактики, локалізації та гасіння пожеж з використанням азоту в гірничих виробках шахти, а це, у свою чергу, знижує ефективність цього способу, приводить до розростання пожежі й нанесення значного матеріального збитку.

Відомий також спосіб вироблення газоподібного азоту за допомогою пересувної азотно-компресорної установки з подачею газу під тиском по трубопроводу, який прокладений з поверхні шахти по стволу і гірничим виробкам до місця його споживання в шахті [А.С. СРСР №1173043, МКИ E21F5/, 1985].

Цей спосіб має також ряд істотних недоліків: необхідність прокладки і підтримки в робочому стані довгого трубопроводу з поверхні шахти для подачі газу в гірничі виробки; наявність втрат тиску і значних витоків газу по довжині трубопроводу; утрудненість у гнучкому регулюванні подачі газу в залежності від його споживання через значну відстань до споживача, наприклад, під час проведення профілактичних робіт для попередження пожежі в гірничих виробках; значні габаритні розміри установок.

Відомий також спосіб для одержання інертного газу безпосередньо в гірничій виробці шахти [А.С. СРСР №1439263, МКИ E21F5/00, 1988].

При цьому способі інертний газ одержують у спеціальному блоці (продукційном випарнику) шляхом подачі в нього рідкого азоту з ємностей, розташовуваних на пересувних платформах, з наступною подачею газоподібного азоту в колекторну трубу, а далі - в роздавальний колектор і до споживачів. Цей спосіб має наступні недоліки:

- необхідність доставки в шахту спеціальних ємностей з рідким азотом, який здобутий на спеціалізованих заводах, що вимагає значних витрат часу і коштів на придбання й транспортування азоту й знижує ефективність способу;
- вироблення обмеженої кількості газоподібного азоту внаслідок наявності обмеженої кількості рідкого азоту в ємностях, тобто процес вироблення газоподібного азоту за цим способом є перервним, що досить небажано при використанні газоподібного азоту для профілактики й гасіння пожеж.

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є прийнятий за прототип спосіб вироблення газоподібного азоту з атмосферного повітря за допомогою азотно-компресорної установки, розташовуваної на пересувній платформі, що включає: забір повітря з атмосфери, стиснення його в компресорі, охолодження стиснутого повітря і робочої рідини в охолоджувачах, очищення повітря у фільтрах-адсорберах, подачу стислого очищеного повітря на мембранний газороздільний модуль з наступним виділенням газоподібного азоту з повітря і подачею його в нагнітальну мережу, а суміші газів, що залишилися і яка збагачена киснем, - у навколишнє середовище [Патент RU №2189264 (13) C2, МКИ A62C3/02].

Цей спосіб вироблення газоподібного азоту з атмосферного повітря за допомогою азотно-компресорної установки не дозволяє застосувати її в гірничих виробках шахти внаслідок того, що подача всього потоку повітря, який стиснутий в компресорі, на мембранний газороздільний модуль приводить до необхідності збільшення розмірів мембран або збільшення тиску перед мембранами для здійснення способу одержання азоту необхідної концентрації й у необхідній кількості. Одержання азоту цим способом приводить до небажаного збільшення габаритів установок або енергетичних витрат. Крім того, викид за мембранним модулем газової суміші, збагаченої киснем, в атмосферу біля азотно-компресорної установки, розташовуваної в обмеженому просторі гірничої виробки, неприпустимий, тому що це може привести до контакту збагаченої киснем газової суміші з маслом, що викидається у вигляді парів і аерозолів з порожнин компресора при регулюванні і зупинках (це пожежо-вибухонебезпечно).

На компресорах об'ємного типу (поршневі, гвинтові) характерним є викид в атмосферу з порожнин компресорної установки повітря, забрудненого парами й аерозолями масла при її регулюванні й зупинках. Це забруднює атмосферу і знижує безпеку експлуатації установок, особливо в присутності збагаченої киснем газової суміші, яка викидається також в атмосферу, що неприпустимо у випадку застосування цього способу роботи установки в обмеженому просторі гірничої виробки.

Відсутність резервування азоту, наприклад, в ємностях за відомим способом може приводити до переривання його подачі до місця споживання (пожежі) у випадку припинення електроживлення установки, що неприпустимо при виникненні пожежонебезпечної ситуації у споживача.

В основу винаходу поставлене завдання: використання відомий спосіб вироблення газоподібного азоту з атмосферного повітря за допомогою азотно-компресорної установки, шляхом розміщення її в гірничій виробці й відповідного вдосконалення забезпечити безперервність процесу вироблення газоподібного азоту з атмосферного повітря безпосередньо в гірничих виробках шахти, що підвищить ефективність і безпеку роботи.

Поставлене завдання вирішується тим, що у відомому способі вироблення газоподібного азоту з атмосферного повітря за допомогою азотно-компресорної установки, що включає забір повітря з атмосфери,

стискування і охолодження його в компресорі, очищення повітря у фільтрах-адсорбентах і подачу стислого очищеного повітря на мембранний газороздільний модуль для виділення газоподібного азоту з повітря і подачі його в нагнітальну мережу, і суміші газів, збагаченої киснем, відповідно до винаходу азотно-компресорну установку розміщують у гірничій виробці шахти і компонують з функціонально зв'язаних модулів послідовно розміщених на декількох малогабаритних пересувних платформах у максимально можливій близькості від місця споживання азоту, при цьому компресор розташовують першим у напрямку течії свіжого струменя повітря у виробці з відводом невикористовуваної відпрацьованої суміші газів з порожнин компресора під час його зупинки у відпрацьований струмінь повітря, який виходить із шахти, а суміш газів, збагачену киснем, з мембранного газороздільного модуля подають у змішувач або в ємність із антипірогенами - поглиначами для зниження концентрації кисню в ній до безпечно припустимого значення шляхом примусового розведення її додатково подаваним повітрям с наступною подачею повітряної суміші, що утворилася, в свіжий шахтний струмінь повітря, що надходить до дільниці шахти.

Крім того, можливі наступні способи вироблення газоподібного азоту за допомогою азотно-компресорної установки, розташованої в гірничій виробці:

- мембранний газороздільний модуль виконують із декількох мембранних газороздільних блоків і загальний потік очищеного повітря, що йде від компресора подають на мембранний газороздільний блок через роздільник потоку повітря, у якому загальний потік розділяють на окремі більше дрібні потоки, що подаються потім окремо по відводах на менші по габаритах у торцевому перетині газороздільні блоки, які автоматично відключаються від роздільника при зниженні споживання азоту або подачі повітря компресором;

- на кожному відводі встановлюють регульований вентиль, імпульс сигналу керування на який подають із загального пульта керування або від системи, що контролює споживання азоту.

- суміш газів після проходження мембранного газороздільного модуля, збагачених киснем, не викидають безпосередньо в атмосферу біля установки, а подають у газоросширювач-охолоджувач, де її розширюють до атмосферного тиску, а потім відводять в свіжий струмінь, який подають у гірничу виробку, збагачуючи при цьому його киснем, або видають на поверхню по свердловині або трубопроводу, при цьому газову суміш, що викидається з порожнин компресора при його регулюванні відводять, в окрему ємність з фільтром для відпрацьованого повітря, що після очищення подається в штрек з вихідним із шахти струменем повітря;

- азот, вироблений в установці, подають не безпосередньо споживачеві, а накопичують у ємностях з автоматичним підживленням їх азотом у міру його подачі в нагнітальну мережу; азотно-компресорну установку розташовують в гірничій виробці з відособленим провітрюванням і відводом відпрацьованого струменя повітря, який омиває установку, в вентиляційну струмину, що відводиться із шахти по вентиляційному штреку або свердловині.

Компонування азотно-компресорної установки функціонально зв'язаними модулями, послідовно розташовуваними на пересувних платформах у гірському виробленні, дозволяє істотно скоротити її габарити завширшки і застосувати в шахті (габарити завдовжки в шахті не настільки обмежені, як габарити заввишки і завширшки кожного модуля щодо гірничої виробки).

Розташування компресора першим у напрямку течії свіжого струменя повітря, який подається у виробку з азотно-компресорною установкою, дозволяє забезпечити кращий тепловий режим для роботи компресора, а також подавати у всмоктувальний патрубок компресора повітря, яке не підігріте іншими блоками установки, що буде сприяти, як відомо, підвищенню його масової продуктивності.

Поділ загального потоку стиснутого повітря, що надходить від компресора, на окремі струмені (більш дрібні повітряні потоки) дозволяє використовувати для одержання певної кількості азоту (при рівній продуктивності порівнюваних установок) мембранні газороздільні блоки менших габаритів, при цьому блоки можуть розміщатися на декількох послідовно розташованих платформах, що дозволяє використовувати азотно-компресорну пересувну установку в гірничих виробках малого перерізу і максимально наблизити джерело вироблення газоподібного азоту до місця його споживання в шахті. Крім того, з'являється можливість більш гнучкого регулювання кількості вироблюваного азоту шляхом виборчого автоматичного відключення ряду мембранних блоків, що, у свою чергу, дозволяє знижувати подачу компресора і споживану ним потужність, тобто підвищується ефективність роботи установки.

Відвід невикористовуваної відпрацьованої суміші газів, яка забруднена масляними аерозолями, з порожнин компресора в відпрацьований вентиляційний струмінь повітря, що відводиться із шахти (у вентиляційний штрек), дозволяє підвищити екологічність і безпеку роботи установки в місці її розміщення в гірничій виробці.

Підвищенню ефективності, екологічності та безпеки роботи установки сприяє також подача збагаченої киснем суміші газів після проходження газороздільного модуля в спеціальну ємність для зниження концентрації кисню в ній шляхом застосування антипірогенів або розрідження додатково подаваним повітрям на газоросширювач-охладжувач, у якому здійснюється додаткове охолодження циркулюючої в системі охолодження установки робочої рідини або води за рахунок розширення суміші газів до атмосферного тиску, а стиснуте повітря, забруднене аерозолями і парами масла, з порожнин компресора відводиться в окрему ємність із фільтром для очищення відпрацьованого повітря з наступним викидом його у вентиляційний штрек (гірничу виробку з вихідним із шахти використаним струменем повітря).

Накопичення азоту в спеціальних ємностях дозволяє створювати його резерв і використовувати в тих випадках, коли з яких-небудь причини електроживлення азотно-компресорної установки тимчасово буде перервано, що забезпечить безперервність подачі азоту до пожежонебезпечних дільниць шахти, а також дозволить у ряді випадків подати в зону пожежі підвищену кількість азоту, накопиченого в ємностях.

Суть винаходу пояснюється кресленням

На Фіг.1 зображена азотно-компресорна установка, яку розмістили в гірничій виробці шахти. Повітря забирають зі свіжого струменя з гірничої виробки і подають у всмоктувальний патрубок компресора 1, у якому повітря стискають до необхідного тиску і подають на блок очищення 2, у якому з повітря видаляють більшу частину забруднень (грубе очищення), а потім - на фільтр-адсорбер 3, де повітря повністю очищається від забруднень (у тому числі від парів масла). Далі потік очищеного повітря подають в роздільник потоку 4, де його

розділяють на окремі струмені (більш дрібні потоки), що потім через регульовані вентиля 5, 6, 7 і по трубопроводах відокремлено подають на мембранні газороздільні блоки 8, 9, 10, у яких повітря розділяють на газоподібний азот і суміш газів, збагачену киснем. Азот, отриманий у кожному з мембранних блоків, подають у спільний трубопровід і далі - до місця споживання його в гірничих виробках або в накопичувальні ємкості у випадку відсутності потреби в азоті на даний момент часу з наступною витратою його в міру необхідності.

Збагачену киснем суміш газів, що виходить з кожного мембранного модуля, подають у змішувач 11, де її розбавляють додатково подаваним повітрям (наприклад, за допомогою вентилятора), а потім відводять у гірничу виробку зі свіжим струменем повітря, що йде до дільниці шахти. Це дозволить збагатити свіжий струмінь повітря киснем. З іншого боку, розбавлення збагаченої киснем суміші газів до безпечної його концентрації безпосередньо на виході з установки підвищує її безпеку роботи в шахті.

При регулюванні або зупинках компресора стиснене повітря з його порожнин відводять у ємність із фільтром (на Фіг.1 не показаний), де повітря розширюють до атмосферного тиску і при цьому охолоджують, потім очищене за допомогою фільтра повітря подають у вихідний струмінь повітря. Це підвищує екологічність роботи установки і запобігає можливості змішування в гірничій виробці забрудненого маслом повітря із сумішшю газів, збагаченою киснем (така суміш вибухонебезпечна), тобто підвищується безпека.

За допомогою газоаналізатора 12, що встановлюють у мережі подачі азоту, з установки визначають концентрацію азоту і подають сигнал на пульт керування процесом одержання азоту, крім того, контролюють витрату повітря.

Заявлений винахід реалізується в такий спосіб. У шахтне гірничу виробку з відокремленим провітрюванням доставляють наступні модулі азотно-компресорної установки:

- компресор на пересувній платформі продуктивністю $15-40\text{ м}^3\text{ хв}^{-1}$, наприклад, виробництва фірми GNH-RAND (Німеччина) або компресор типу УКВШ виробництва концерну «Укрросметалл» Україна або компресор типу 7BB-40/6НУ виробництва НПО «Казанькомпресормаш» (Росія). Компресор повинний мати всмоктувальну систему з повітряним фільтром і всмоктувальним клапаном, привідний електродвигун, систему розвантаження під час холостого ходу, систему охолодження повітря, що нагнітається, систему видалення вологи з повітря, що нагнітається компресорним агрегатом, систему керування і захисту;

- холодильний осушувач на пересувній платформі (температура повітря на виході не більше 50°C);

- мембранні модулі, наприклад, типу МБа виробництва ВАТ «Кріогенмаш» (Росія), змонтовані на пересувній платформі.

Усе перераховане вище устаткування випускається серійно. Модулі розташовують у гірничій виробці послідовно на пересувних платформах, при цьому компресор встановлюють першим у напрямку подачі свіжого струменя повітря у виробку. Після цього модулі з'єднують (повітропроводами, мастилопроводами, електрокабелями й ін.) функціонально один з одним. Роблять пробні пуски установки і налагодження вузлів і систем. Після повної готовності установки до функціонування її включають, і вона починає працювати в постійному або періодичному режимі.

Повітря, забране з гірничої виробки, перед подачею в компресор очищають від пилу (граничний зміст пилу в усмоктуваному компресором повітрі не повинно перевищувати $2\text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$), наприклад, за допомогою інерційних фільтрів. Стиснуте у компресорі повітря подають у холодильник (радіатор), а потім - на фільтр конденсатівідвідник, де його цілком очищають від вологи. Потім очищене стиснуте повітря подають на спеціальний роздільник потоку (який являє собою трубу з декількома відводами, на яких встановлені регульовані вентиля). Після поділу по кожному відводі частина потоку повітря подається на окремі мембранні газороздільні блоки, де з повітря одержують 95-98% азоту, що потім подають у загальний колектор і далі до місця його споживання або в спеціальні накопичувальні ємності для резервування. Ємності можуть розташовуватися в гірничій виробці біля азотно-компресорної установки або на деякій відстані від неї (у віддаленому для використання місці, у т.ч. і безпосередньо у споживача). Ємкості виготовляються зручними для транспортування їх на платформах шахтної вагонетки (для зручності доставки в шахту). Вихідна з мембранних модулів збагачена киснем суміш газів в одному з варіантів здійснення способу розбавляється відразу ж додатково подаваним повітрям, наприклад, за допомогою вентилятора до безпечної концентрації.

Таким чином, пропонований спосіб реалізується цілком з використанням агрегатів, що випускаються промисловістю.

