

ephthalate. Rational areas of application of technology of isolation of absorbing horizons with application of plugging thermoplastic composites based on secondary polyethylene terephthalate.

Keywords: *well drilling, absorbing horizon, insulation, plugging materials, thermoplastic materials.*

УДК 622.278.273.2

© В.С. Фальштинський, Р.О. Дичковський, М.М. Кононенко,
К.О. Юрченко, Edgar Cáceres Cabana

ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ І ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ У ГІРНИЧОМУ ЕНЕРГО-ХІМІЧНОМУ КОМПЛЕКСІ (ГЕХК)

© V. Falshtynskyi, R. Dychkovskyi, M. Kononenko,
K. Yurchenko, Edgar Cáceres Cabana

USAGE OF SECONDARY AND RENEWABLE RESOURCES IN A MINING ENERGY-CHEMICAL COMPLEX (MECC)

Мета. На основі проведеного аналізу встановлено напрями використання вторинних та відновлювальних ресурсів шляхом їх переробки у замкнутому енергохімічному комплексі та залучення комплексних когенераційних систем з різних джерел.

Методика дослідження полягає в аналізі, систематизації наявного досвіду використання відомих геоенергетичних систем, виборі підходів щодо їх удосконалення та встановлено перспективи та можливості їх сполученні у єдину системи для використання відходів і відновлювальних ресурсів при поєднанні традиційних та нетрадиційних технологій разом із техніко-економічним обґрунтуванням запропонованих рішень.

Результати дослідження. Розглянуто сучасний стан та перспективи використання вторинних та відновлювальних ресурсів у єдиному замкнутому комплексі гірничого підприємства. Запропоновано тенденції формування енергогенерації та енерговикористання на основі альтернативних радикальних технологій. Авторами запропоновано напрямки зміни вуглевидобування та вуглевикористання при експлуатації цієї сировини із покинутих та забалансових пластів. Розглянуто можливості застосування систем когенерації від різних енергетичних джерел. Основним напрямом енергетичного удосконалення має стати формування єдиного енергохімічного комплексу для підвищення економічної доцільності запропонованих заходів. Це відбувається із урахуванням економічного удосконалення та екологічної компоненти, щоби забезпечити мінімальний негативний вплив на підземне гірське середовище та поверхню.

Наукова новизна. Відображено системні зв'язки між окремими джерелами енергогенерації для вибору доцільних систем енергозабезпечення різних територій, у тому числі із залученням вторинних і відновлювальних ресурсів залежно від кліматичних умов та географічного положення та сформовано порівняльні техніко-економічні показники роботи запропонованої системи.

Практичне значення. Запропоновано методику поєднання різних енергетичних джерел у одній системі для використання вторинних і відновлювальних ресурсів та технологічні схеми виконання таких рішень.

Ключові слова: *теплова генерація енергії, системи газифікації, системний підхід, методи статистичної обробки даних, технологічні параметри енергогенерації, розробка родовищ енергетичної сировини, техніко-економічні показники*

Вступ. Розвиток суспільства призводить до зростання матеріальних потреб зокрема енергетичних. В цих умовах надзвичайно важливим фактором є захист навколишнього середовища гірничодобувних регіонів [1-4 та ін]. Тому головний аспект покладається на видобуток, повноту вилучення та якість переробки мінеральних ресурсів з використанням інноваційних технологій [1,5-8 та ін.]. Це вимагає не лише забезпечити екологічність процесу під час вилучення корисних копалин із надр, але також під час водо- та повітрявідведення, переробки усієї вилучиної породи на поверхню [1,5,10 та ін]. Сучасний підхід до провадження гірничодобувної діяльності у передових гірничодобувних країнах світу направлена на повне використання усіх виданих на поверхню компонентів.

Зростання цін на енергоносії, вичерпаність вуглеводних копалин планети призводить до розвитку і становленню технологій використання вторинних і відновлювальних джерел вуглеводнів та енергії. У якості вторинних ресурсів вуглеводнів є використання метану вуглепородного масиву шахтних полів які знаходяться у експлуатації або вичерпали свої ресурси. Більшість дегазаційних газів мають збіднену концентрацію метану, що унеможлиблює його переробку, тому ці гази дегазації викидаються у атмосферу, тим самим забруднюючи довкілля. Альтернативним джерелом вуглеводнів є біогаз при виробництві якого застосовуються відновлювана фіто- і біосеровина, а також органічні відходи. Недоліком цієї технології є невелика рентабельність, значні питомі капітальні витрати та проблеми пов'язані з ринком збуту продукції [11, 12]. Комбінація цих технологій у комплексному закритому технологічному циклі сегменту гірничого енергохімічного комплексу (ГЕХК) дозволить позбутися цих недоліків та урізноманітнити продукцію сегменту виходячи з потреб ГЕХК і споживчого ринку та модернізувати мобільність і ефективність технології [13 – 16 та ін.].

Як уже було доведено раніше формування гірничого енергохімічного комплексу на базі свердловинної підземної газифікації вугілля (СПГВ) має не лише велике соціальне значення (з вивільнення персоналу від тяжкої підземної праці), але й супроводжується суттєвими енергетичними, екологічними й економічними перевагами у порівнянні з традиційними способами розробки вугільних родовищ. У рамках розглядаємої проблеми найбільш привабливо виглядають такі комбінації комплексних підприємств СГВП – виробництво енергетичного і технологічного генераторних газів; підприємство СГВП – газова турбіна з вироблення електроенергії; підприємство СГВП – виробництво біогазу, який пізніше змішується з генераторним газом для підвищення його калорійності; підприємство СГВП – хімічний комплекс з виробництва хімічних речовин; підприємство СГВП – утилізаційний комплекс з трансформації теплової енергії відхі-

дних газів (одержання гарячої води, повітря, збільшення кінетичної енергії у висотних баштах для перетворення швидкості руху теплого повітря в електричну вітроагрегатами у башті, утилізації теплової енергії димових викидів газової турбіни, компресорних установ та ін.) [1, 14].

Сучасний розвиток таких підприємств, технології яких адаптовані і використовують вторинні та відновлювальні ресурси досягаючи безвідходності та ефективності у виробництві вуглеводнів та енергії, забезпечуючи не тільки зменшення дефіцитної продукції, а й динамічний захист екосистеми. Зростання енергетичних потреб сучасної цивілізації і вимоги до охорони довкілля при застосуванні комплексних маловідходних технологій забезпечать сталий енергетичний розвиток людського суспільства.

Аналіз проблеми. Гірничий енергохімічний комплекс має своє застосування на гірничодобувних підприємствах, які закінчили свій термін існування або знаходяться у стані стагнації. Продуктивність ГЕХК за газом забезпечується технологічними сегментами: станція свердловинної підземної газифікації вугілля (СПГВ), поверхневі газогенератори, дегазаційними і біогазовими установками. Технологічний сегмент дегазаційної і біогазової установки складаються з дегазаційних свердловин, вакуумнасосів та біогазової установки. Дегазаційна установка забезпечує видобування газу метану з подробленої товщі породовугільного масиву та виробленого простору шахтного поля, біогазові установка виробляють метан з біовідходів з подальшою очисткою та змішуванням дегазаційним струменем з метою підвищення складової метану у дегазаційному струмені, відокремлення метану від інших газів дегазації за допомогою мембранних систем та його накопичення у резервуарах сегменту.

Метанові ресурси вуглепородного масиву родовищ Донбасу за різними оцінкам складають 1257 – 1350 млрд. м³, у вільному стані 164 млрд. м³. Більша частина запасів газу метану знаходиться у сорбованому стані, інша (менша) – у розчиненому або вільному. Дегазація вугільних пластів це необхідність забезпечення екологічної і технологічної безпеки ведення гірничих робіт та закриття вугільних підприємств. На шахтах забезпечувалась дегазацією вугільні пласти, які знаходилися у діючих шахтних полях, при цьому 95,8% метану викидалося в атмосферу, лише 80 млн. м³, а 4,2% від видобутку – утилізувалася. Дегазація вуглепородної товщі відпрацьованих шахтних полів на техногенних територіях шахти не відбувалася. Шахтний метан з виробленого простору шахти по тріщинуватому, техногенному, подробленому масиву потрапляє у жилі, промислові приміщення на поверхові землі й у атмосферу, створюючи небезпечне середовище, яке негативно впливає на довкілля.

Природна метаносність пластів кам'яновугільного родовища Західного Донбасу «ДТЕК Павлоградвугілля» коливається у великому діапазоні 4,7 – 22,6 м³/т, порід покрівлі та подошви 1,8 – 2,2 м³/т. Прогнозні запаси газоподібних вуглеводнів приблизно складають 1,5 млрд м³. Ефективність дегазації вуглепородної товщі шахтного поля, при середньому виході метану у дегазаційному струмені 5,84 – 9,72%, у середньому складає 15%. У атмосферу при дегазації шатного поля викидається до 11,3 млн. м³ метану на рік при концентрації мета-

ну у діапазоні від 3 до 60%. Концентрація метану у дегазаційній суміші не відповідає вимогам способів і схем дегазації [17, 18].

Шляхи вирішення проблеми. Ефективність утилізації метану у вуглеводобувних країнах Євросоюзу в 3 – 4 рази вища ніж в Україні. Розвиток економічного і наукового потенціалу цих країн дозволяє створювати технології, які утилізують до 50% вугільного метану. Умови закладання дегазаційних свердловин, які дозволяють ефективно здійснювати дегазацію подробленого масиву і виробленого простору, моделюються згідно математичної моделі розробленої проф. Савостьяновим А.В. Модель враховуючи реальні гірничо-геологічні умови на час ведення гірничих робіт розраховує напружено-деформований стан породовугільного масиву з урахуванням параметрів видобутку вугільного пласта і встановлює закономірності розшарування породної товщі з показниками порожнин та виробленого простору, що дає можливість обґрунтувати параметри закладання направлених дегазаційних свердловин [19, 20].

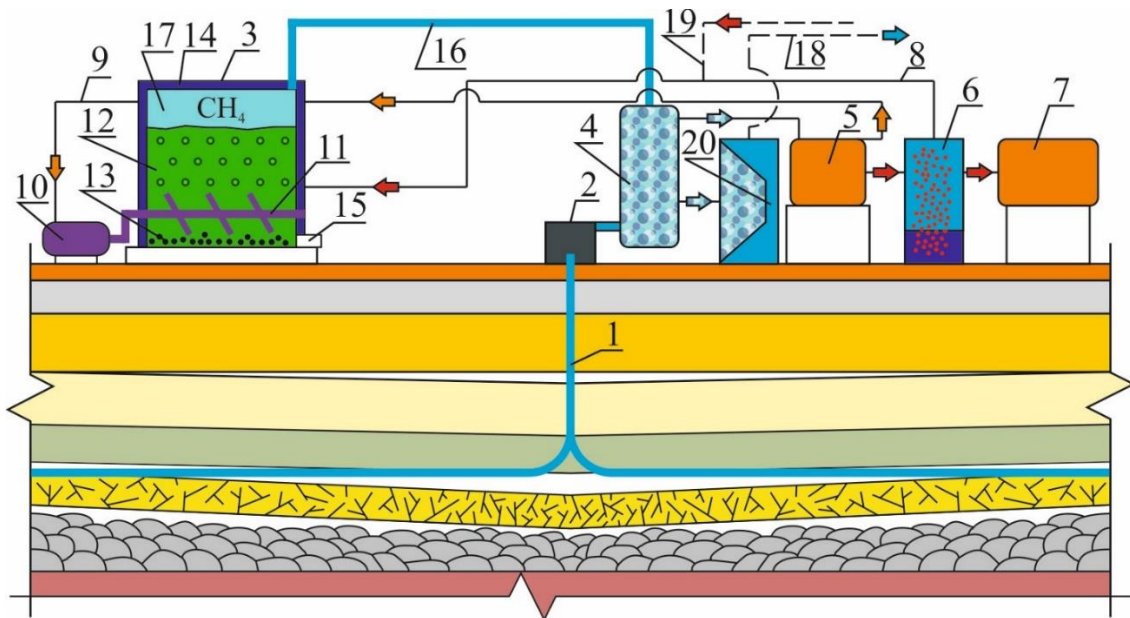


Рис. 1 Спосіб дегазації вуглепородного техногенного масиву і виробленого простору вугільних пластів (на відпрацьованих шахтних полях): 1 – дегазаційна похило-горизонтальна свердловина; 2 – вакуум-насос; 3 – біогазова установка; 4 – резервуар для змішування газів дегазації та біогазу; 5 – вільно-поршнева установка; 6 – котел; 7 – паротурбінна установка; 8 – трубопровід з теплоносієм (гаряча вода, $T = 40 - 60 \text{ }^\circ\text{C}$); 9 – провід електроструму до двигуна гвинта мішалки біомаси; 10 – двигун гвинта мішалки біомаси; 11 – гвинт мішалки біомаси; 12 – біомаса; 13 – продукти біорозпаду (добриво); 14 – кожух з теплою водою; 15 – отвір для випуску продуктів біорозпаду (добриво); 16 – газопровід; 17 – газгольдер. 18 – подача газу до збірного резервуару. 19 – подача тепла до метантенка; 20 – блок очистки і резервуар збору газу

Найбільших недоліків при дегазації вуглепородного масиву на шахтах України є низький вміст метану у газоповітряних сумішах, що видаються на поверхню за допомогою вакуум-насосів. Лише у поодиноких випадках метан можна утилізувати та використовувати як хімічну сировину чи як паливо для автомобільних двигунів або у когенераційних установках. На рис. 1 представлений загальний вид технологічної схеми підвищення енергетичної цінності газів свердловинної дегазації техногенного вуглепородного масиву та виробленого простору відпрацьованого шахтного поля при розробці вугільних пластів.

У більшості випадків це газові суміші із низьким вмістом горючих газів, що деколи навіть вимагає додаткових заходів безпеки, адже при зниженні концентрації метан стає вибухонебезпечним. Для вирішення даної проблеми застосовуються різні методи в тому числі спеціальні гірничі виробки, які ізолюють від гірського масиву за допомогою тампонування закріпного простору, застосовують газгольдер (що при великих об'ємах метану є майже неможливим), додають до газоповітряної суміші природний газ тощо.

При реалізації способу, дільниця вугільного пласта розкривається дегазаційною свердловиною 1 (вертикальна або похило-горизонтальна), для здійснення дегазації підробленого породовугільного масиву [21 – 25]. За допомогою вакуум-насосу 2, який встановлюється в усті свердловини 1 на поверхні землі, формується блок вилучення шахтного метану з вуглепородного масиву. Гази дегазації по свердловині 1 направляються у резервуар 4 для змішування з біогазом який містить 60 – 90% метану. Збагачені таким чином газу (26 – 44% CH_4) під тиском 0,6 – 1,9 МПа направляються у блок очистки і далі у резервуар збору газів 4 і при потребі з урахуванням кон'ютури споживання направляються на газотурбінну (газопоршневу) установку 5 для вироблення електроенергії, або ну блок очистки і переробки газу і конденсату ГЕХК. Тепло вихлопних газів газотурбінної (газопоршневої) установки із залишковим тиском 0,2 – 0,5 МПа направляється до котла 6 де виробляється пар і тепла вода. Пар направляється на паротурбінну установку 7 для отримання електроенергії, тепла вода по трубопроводу 8 подається до кожуху 14 біогазової установки 3 і при періодичному змішуванні за допомогою двигуна 10 гвинтом мішалки помеленої біомаси 11, під дією тепла у біогазовій установці 3 відбуваються процеси бродіння біомаси (термофільний процес – 50 – 55 С), що забезпечує розмноження та ріст бактерій (метано-агентів) з отриманням біогазу, значну частину якого складає метан та продукти біорозпаду 13 органічної маси, що представляють собою обеззаражене добриво, одна тонна якого еквівалентна 4 т азотно-фосфатних добрив, що виробляються у промисловості. Біогаз накопичується у верхній частині (газгольдері 17) біогазової установки 3 з продуктивністю 0,3 – 0,9 m^3 на 1 кг органічної сировини, а продукти біорозпаду 13 виводяться за допомогою гвинта мішалки біомаси 11 через отвір для випуску продуктів біорозпаду (добриво) 15. Сировиною для метанового бродіння з отриманням біогазу можуть бути сільськогосподарські, промислові органічні відходи, стічні води очисних споруд та вся органіка. У результаті процесу отримуємо склад біогазу з значним показником горючого газу метану (CH_4) – 54 – 86%, баластні газу представлені двоокисом вуглецю (CO_2) – 11 – 40%, азотом (N_2) – 1 – 5%, (O_2) – 0,6 – 3%,

(H_2S) – 0,2 – 3%. Двигун для гвинта отримує електрострум, який надходить по проводу 9 і виробляється на газотурбінній установці 5.

Термін процесу переробки біомаси у біогаз та добрива з коефіцієнтом корисної дії 0,76 – 0,9 становитиме 5 – 8 діб, прискорення процесу можливо до однієї доби за рахунок інтенсивного перемішування, підтримання постійної температури для бродіння, використання якісної фітомаси. Теплота згорання отриманої газової суміші складатиме 10,64 – 19,5 МДж/м³. Кількість отриманої електроенергії становить 8172 – 16486 кВт/добу при вартості 1 кВт 0,63 – 0,78 грн. Також можливе використання одержаної газової суміші замість природного газу в залежності від потреб споживачів та сезонних коливань пікових навантажень на мережу газопостачання. Потік продаж і зменшення затрат при різній споживчій кон'юктурі продукції біодегазаційного сегменту ГЕХК подано на рис. 2.

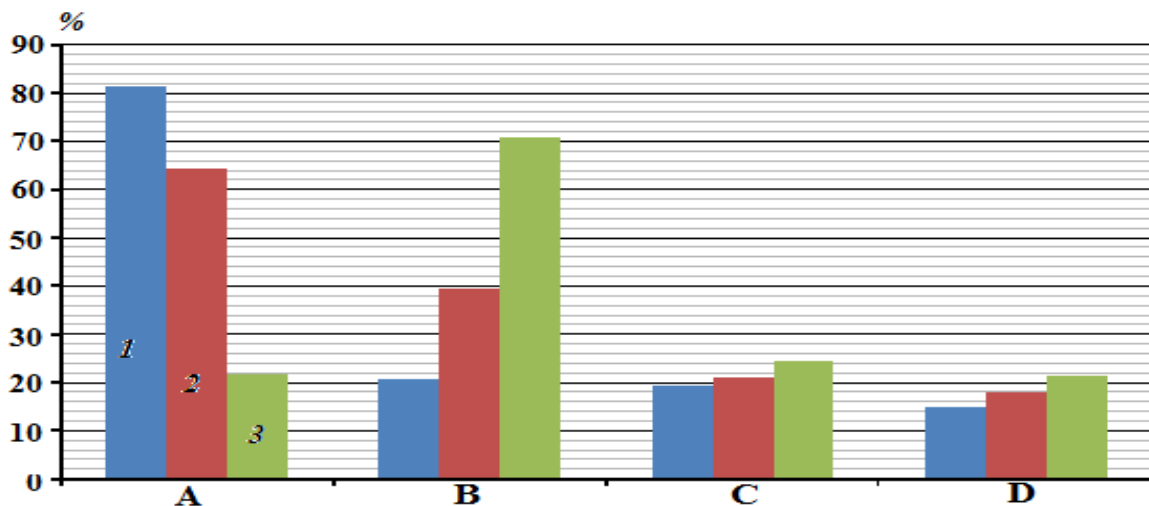


Рис. 2 Потік продаж і зменшення затрат при різній споживчій кон'юктурі продукції біодегазаційного сегменту ГЕХК при виробленні; А- газу CH_4 , В-електроенергії, С- тепла, D-зменшення витрат на охорону довкілля при різних режимах процесу: 1-газовий режим; 2-змішаний; 3- енергетичний

Представлена технологія дегазації вуглепородного масиву дає можливість утилізації бідних дегазаційних сумішей, та підвищує їх енергетичну цінність і забезпечує потрібну концентрацією метану, отримання тепла, електроенергії та енергетичного газу на місці дегазації, локалізації викидів газів дегазації та забезпечення функціонування метантенків протягом всього року в замкнутому технологічному циклі ГЕХК на базі СПГВ при утилізації техногенного поверхневого та підземного простору закритих вугільних шахт. За рахунок цього забезпечується отримання дешевої електроенергії й тепла на енергогенеруючих установках, паливного газу (метану) й добрив на місці дегазації вуглепородного масиву протягом всього року, що підвищує ефективність, екологічність процесу дегазації техногенного масиву і виробленого простору, та утилізації викидів сільськогосподарство.

Комбінація технологій у технологічному сегменті ГЕХК з вироблення продуктів СПГВ і біогазу, дозволяє забезпечити якість і мобільність продукції. Детальну

схему сегменту ГЕХК з виробництва генераторного газу методом газифікації вугільного пласта і біогазу методом анаеробного зброджування органічної сировини у метантенках наведено на рис. 3.

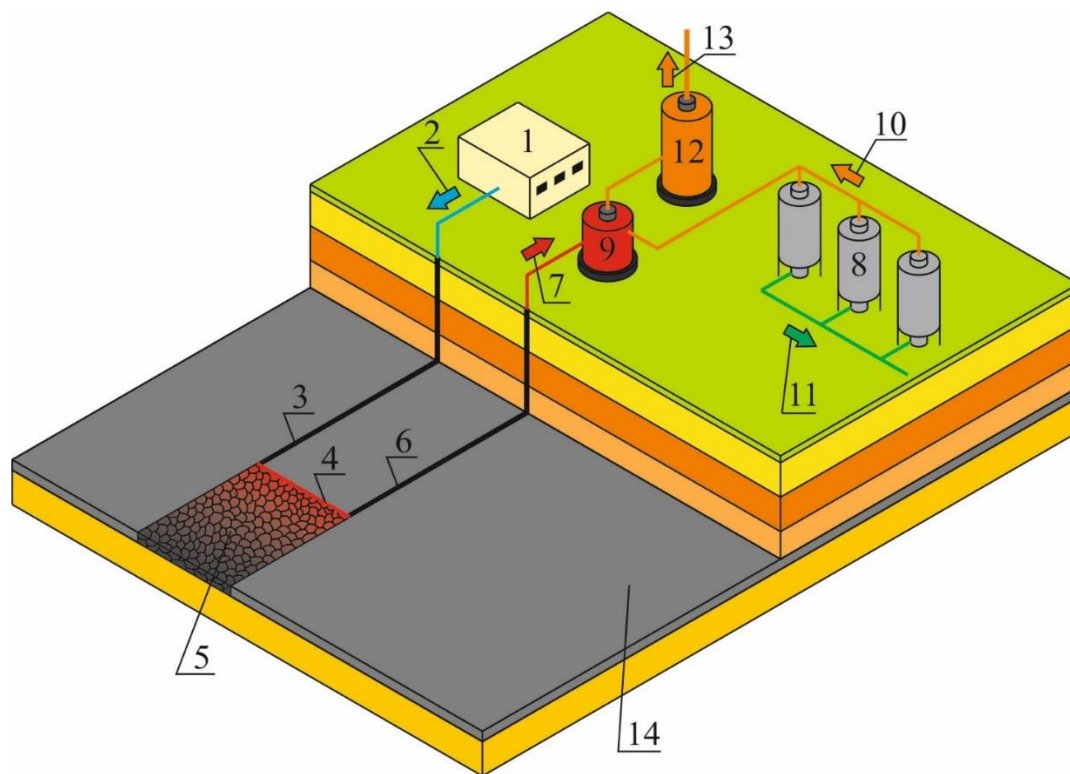


Рис. 3. Схема сегменту ГЕХК з виробництва генераторного газу методом газифікації вугільного пласта і біогазу методом анаеробного зброджування органічної сировини у метантенках [10]: 1 – компресорний блок; 2 – подача дуття; 3 – дуттєва свердловина; 4 – реакційний канал; 5 – вигазований простір; 6 – газовідвідна свердловина; 7 – генераторний газ; 8 – біогазова установка; 9 – блок очистки штучних газів; 10 – біогаз; 11 – добрива; 12 – збірний резервуар; 13 – штучні паливні гази; 14 – вугільний пласт

Суть даного технологічного рішення полягає у підготовці підземного газогенератора шляхом розкриття вугільного пласта похило-горизонтальними експлуатаційними свердловинами і з'єднання їх горизонтальної частини, що монтується у вугільному пласті реакційним каналом. Після підготовки газогенератора через дуттєву свердловину здійснюється підпал вугільного пласта на сполучені з реакційним каналом і на осередок горіння подається дуттєва суміш, формуючи таким чином по всій довжині реакційного каналу активні зони реакційну та відновлювальну, виводячи підземний газогенератор у продуктивний режим газифікації з відводом продуктів газифікації по газовідвідній свердловині на поверхневий комплекс очистки та переробки. Температура газів СПГВ при газифікації малопотужного вуглекам'яного пласту на поверхні газовідвідної свердловини знаходиться у діапазоні 227 – 461 оС, після охолодження генераторний газ спрямовується до подальшої очистки і розділенню, а частина тепла отриманого при охолодженні генераторного газокондексату за допомогою теплоносія спрямовується до кожуху ме-

тантенку забезпечуючи термофільні умови процесу виробки біогазу у діапазоні температур 50 – 60 оС. Потужність підземного газогенератору при газифікації кам'яного вугілля марки ДГ малопотужного пласту, в умовах Західного Донбасу «ДТЕК Павлоградвугілля», складе 4,45 – 6,8 тис. м³/год із складом паливних газів (СН₄, Н₂, СО) 30,5 – 84,2% та теплою згоряння 3,9 – 8,6 МДж/м³. Біогазова установка складається з шести метантенків її потужність 216,5 – 423,1 м³/год із складом метану СН₄ – 52,4 – 76,9 % з теплою згоряння – 15,8 – 21,3 МДж/м³ та виходом біодобрив, рідких – 2,8 – 5 т/доб., твердих – 4,8 – 10,2 т/доб. Показники зміни якісних і кількісних параметрів штучного газу газифікації при додаванні метанової складової біогазу подано на рис. 4

Концептуальний розвиток технологічного біодегазаційного сегменту ГЕХК представляє собою комплекс завдань які необхідно вирішити:

– застосовувати як підземну дегазацію техногенного масиву та виробленого простору так і поверхневу із застосуванням направлено буріння дегазаційних свердловин;

– застосовувати дегазацію відпрацьованих шахтних полів, що поліпшить екологічну ситуацію та підвищить безпеку у житлових та промислових приміщеннях де є небезпека виділення метну;

– максимальне комплексне використання метану вугільних родовищ у тому числі у суміші з природним газом та метаном, який утворюється у біогазових установках;

– використання горючого газу біодегазаційного сегменту у комплексі очистки та переробки продукції ГЕХК, дозволить підвищити якість і урізноманітнити виробку продукції комплексу;

– впровадження біодегазаційного сегменту у ГЕХК дозволить комплексно у замкнутому циклі утилізувати та переробляти продукцію сегменту, підвищуючи продуктивну спроможність комплексу, покращуючи його логістичну структуру.

Перевагами комбінованої енергосистеми є можливість поєднання у єдиній системі одночасного вилучення вугілля нетрадиційними технологіями, його переведення у газоподібний стан, доведення до необхідної калорійності цього газоподібного енергоносія за допомогою «підсвітлення» його метаном із дегазаційних свердловин та біогазових установок. Виробництво на цій основі електричної, механічної і теплової енергії, а також хімічних продуктів дають можливість підвищити економічну ефективність цієї технології, оскільки усі вони використовуються для паливно-енергетичного сектору нашої держави. Пуста порода безпосередньої покрівлі та підшви, зола і прошарки породи, які входять до складу вугілля, при його газифікації залишаються у виробленому просторі, що вилучає забруднення поверхні та забезпечує екологічність усього процесу. Щодо управління напружено-деформованим станом гірського масиву, то заповнення виробленого простору відбувається під дією сил гравітації обваленими породами покрівлі. Завдяки підданій термічній обробці, ці породи деформуються більшими блоками, що знижує величини переміщення бічних порід та, відповідно, позитивно впливає на стан поверхні та об'єктів, які на ній знаходяться.

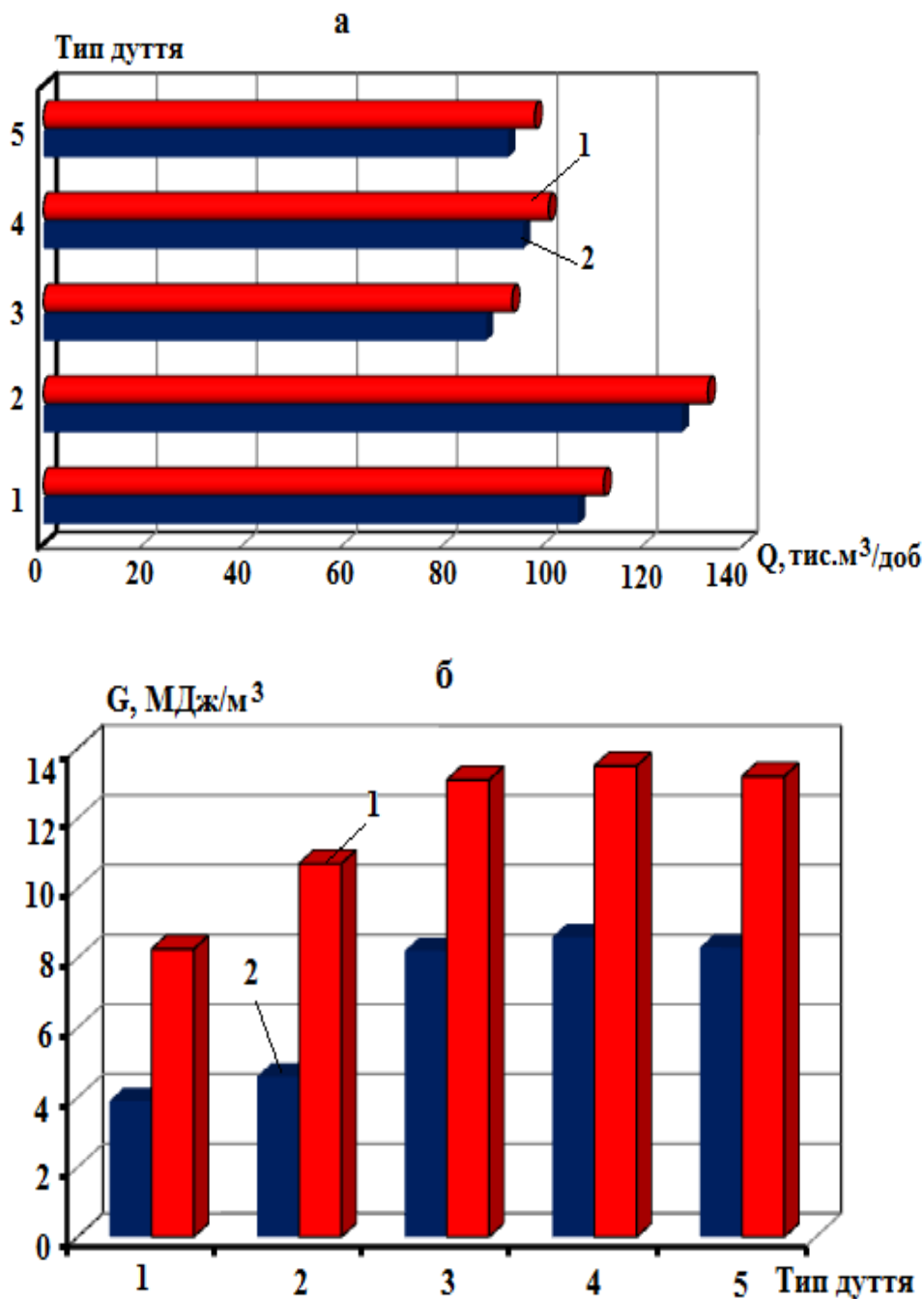


Рис. 4. Показники зміни кількісних (а – вихід штучного газу: 1 – біогаз + генераторний газ; 2 – генераторний газ) і якісних (б – теплота згоряння: 1 – біогаз+генераторний газ; 2 – генераторний газ) параметрів штучного газу газифікації при додаванні метанової складової біогазу у залежності від типу дуття: 1 – повітряне; 2 – парове; 3 – кисневе; 4 – парокисневе; 5 – вуглецеве-кисневе

Висновок. Незважаючи на розвиток альтернативної енергетики, утворення енергії із невідновлювальних джерел найближчим часом все одно зростатиме. Це надалі підвищуватиме екологічне навантаження на гірничодобувні регіони, і викликатиме необхідність розробляти нові технології утилізації та промислового використання відходів. Перспективним напрямом є удосконалення наявних та роз-

робка нових технологій традиційної теплової та ядерної енергетики із нульовим викидом шкідливих речовин. Крім цього необхідно максимально залучати у виробництво уже наявні хвостовища, з розглядом їх як родовищ мінеральної та енергетичної сировини техногенного походження [14].

Комбінування різних способів видобутку метану із застосуванням технологічних схем замкнутого циклу, дає можливість адоптувати бідні дегазаційних суміші у технологічний цикл з переробки відходів сільського господарства, отриманням горючих газів (метан CH_4) і екологічно чистих органічних добрив, електричної, теплової енергії за когенераційною схемою та газових моторних палив, що забезпечує комплексність використання вторинних ресурсів, екологічність і ефективність процесу дегазації вугільних пластів.

Термохімічна енергетика може стати якісним стрибком у розвитку виробничих сил, що дозволить блокувати ступаючу сировинну екологічну кризу і внести корінний перелом у розвиток енергетики, видобувної й інших галузей промисловості [14].

Перелік посилань

1. Дичковський, Р.О. (2013). Наукові засади синтезу технологій відобування вугілля із тонких та надтонких пластів у слабометаморфізованих породах працювання. *Д.: Національний гірничий університет*, 243 с.
2. Півняк, Г.Г., Бешта, О.С., Пілов, П.І., Дичковський, Р.О., Табаченко М.М., Фальштинський, В.І., та ін. (2013). Економічні і екологічні аспекти комплексної генерації та утилізації енергії в умовах урбанізованих і промислових територій. *Монографія – Д.: Національний гірничий університет*, 176 с.
3. Табаченко, М.М., Самуся, В.І., Дичковський, Р.О., Фальштинський, В.І., та ін. (2012). Новітні принципи теплонасосних та когенераційних технологій використання викидного тепла. *Монографія – Д.: Національний гірничий університет*, 247 с.
4. Khomenko, O., Kononenko, M., Myronova, I., & Yurchenko, K. (2017). Ways of technogenic loading decreasing on mining regions of Ukraine. *Collection Of Research Papers Of National Mining University*, (51), 77-83.
5. Півняк, Г.Г., Бешта, О.С., Табаченко, М.М., Самуся, В.І., Шкрабець, В.Ф., Дичковський, Р.О. та ін. (2013) Традиційні та нетрадиційні системи енергозабезпечення урбанізованих і промислових територій України. *Монографія – Д.: Національний гірничий університет*, 333 с.
6. Khomenko, O., Kononenko, M., & Myronova, I. (2017). Ecologic-and-technical aspects of iron-ore underground mining. *Mining of mineral deposits*, 11(2), 59-67 <https://doi.org/10.15407/mining11.02.059>
7. Дичковський, Р.О., Табаченко, М.М., Sabana, Edgar Cáceres. (2017). Енергетика геотехнологічної системи: проблеми, перспективи розвитку. *Зб. наук. пр. НГУ, Д.: Державний ВНЗ «НГУ»*, (52), 57-66.
8. Колоколов, О.В., Табаченко, М.М., Эйшинский, А.М. и др. (2000) Теория и практика термохимической технологии добычи и переработки угля. *Монография – Д.: НГУ*, 281 с.
9. Cáceres, E. and Alca, J.J. (2016). Potential For Energy Recovery From A Wastewater Treatment Plant. *IEEE Latin America Transactions*, 14(7), 3316-3321. [doi:10.1109/tla.2016.7587636](https://doi.org/10.1109/tla.2016.7587636)
10. Городничий, В.Е., Сорока, Д.В., Басок, Б.И. (2006). Экономическая эффективность системы отопления на базе теплового насоса малой мощности. *Экотехнологии и ресурсосбережение*, (4), 56 – 63.

11. Ковалев, А.А., Ковалев Д.А., Осмонов О.М. (2012). Способы повышения выхода товарного биогаза при анаэробной конверсии органических отходов в биоэнергетических установках. *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ «Агроинженерия»*. Вып. №2 (53). – С. 64-67.
12. Pazylich, Y., Kolb, A., & Potempa, M. (2017). Implementation of Energy Safety Policy in Ukraine by Means of Energy Saving in Electric Drive Systems. *Advanced Engineering Forum*, (25), 96-105. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/aef.25.96>
13. Фальштинський, В.С., Дичковський, Р.О., Саїк, П.Б., Лозинський, В.Г. (2016). Щодо можливості формування енергохімічного комплексу у замкнутому безпечного технологічному циклі на базі СПГВ. *Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників - 2016»*, 48-57.
14. Дичковський, Р.О., Табаченко, М.М., Cabana Cáceres, Edgar, (2017). Геоенергетика: ретроспектива і перспектива. *Зб. наук. пр. НГУ, Д.: Державний ВНЗ «НГУ»*, (53), 42-55.
15. Дичковський, Р.О., Фальштинський, В.С., Cabana, Edgar Cáceres. (2017). Щодо можливості утилізації відходів гірничого виробництва у замкнутому циклі підземного газогенератора. *Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників - 2017» – Д.: НГУ*, 38-46.
16. Pivnyak, G., Dychkovskiy, R., Falshtynskiy, V., & Cabana, E. C. (2017). Energy Efficiency and Economic Aspects of Mining Wastes Utilization within the Closed Cycle of Underground Gas Generator. *Advanced Engineering Forum*, 25, 1-10. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/aef.25.1>
17. Kamyshan, V.V., Kongrev, V.V. (2002). On the issue of methane extracting from coal deposits in Ukraine. *Ugol Ukrainy* (6), 133–135.
18. Коровяка, Е.А., Манукян, Э.С., Василенко, Е.А. (2011). Перспективы извлечения шахтного метана и его утилизация в условиях шахты „Западно-донбасская“ ОАО „Павлоградуголь“, *Научный вестник НГУ*, (4), 39-44.
19. Савостьянов, О.В. (2016). Методи прогнозу геомеханічних процесів для вибору технологічних параметрів відпрацювання пологих пластів. *Монографія, Д.: НГУ*, 245.
20. Савостьянов, О.В., Фальштинський, В.С., Дичковський, Р.О., Руських, В.В., (2007). Механізм поведінки породної товщі при свердловинній підземній газифікації тонких вугільних пластів. *Научный вестник Національного гірничого університету*, (10), 12-16.
21. Фальштинський В.С., Дичковський Р.О., Табаченко М.М., Ширін Л.Н. (2012). Спосіб дегазації вуглепородного масиву при розробці вугільних пластів. *Патент на винахід UA №99285 МПК (2012.01)*. Опубл. 10.08.2012. Бюл.№ 15.
22. Фальштинський, В.С., Дичковський, Р.О., Станьчик, К, Свядровські, Є, Лозинський, В.Г. (2010). Обґрунтування технологічних схем експериментального шахтного газогенератора. *Научный вестник Національного гірничого університету*, (3), 34-38.
23. Колоколов, О.В., Табаченко, М.М., (1988) Спосіб підземної газифікації пластів твердого палива. *Патент № 18410С1 E21B43/295 Держпатент України*. Оп. 25.12.97. Бюл. № 2.
24. Dychkovskiy Roman, Vladyko Oleksandr, Maltsev Dmytro, Cabana Edgar (2018). Some aspects of the compatibility of mineral mining technologies. *The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin*, (42), 73-82. DOI: 10.17794/rgn.2018.4.7
25. Колоколов О.В., Табаченко М.М., Ейшинський О.М. та ін. (2000). Теорія і практика термохімічної технології видобутку та переробки вугілля. *Монографія: Д.: НГА України*, 281 с.

АННОТАЦІЯ

Цель. На основе проведенного анализа установлены направления использования вторичных и возобновляемых ресурсов путем их переработки в замкнутом энергохимический комплексе и привлечением комплексных когенерационных систем из различных источников.

Методика исследований заключается в анализе, систематизации имеющегося опыта использования известных геоэнергетических систем, выборе подходов по их усовершенствованию

нию и установлены перспективы и возможности их сочетания в единую системы для использования отходов и возобновляемых ресурсов при сочетании традиционных и нетрадиционных технологий вместе с технико-экономическим обоснованием предлагаемых решений.

Результаты исследований. Рассмотрено современное состояние и перспективы использования вторичных и возобновляемых ресурсов в едином замкнутом комплексе горного предприятия. Предложены тенденции формирования энергогенерации и энергопотребления на основе альтернативных радикальных технологий. Авторами предложены направления изменения угледобычи, его использования при эксплуатации этого сырья из заброшенных и забалансовых пластов. Рассмотрены возможности применения систем когенерации от различных энергетических источников. Основным направлением энергетического совершенствования должно стать формирование единого энергохимический комплекса для повышения экономии целесообразности предложенных мероприятий. Это происходит с учетом экономической целесообразности и экологической компоненты, чтобы обеспечить минимальное негативное влияние на подземную горную среду и поверхность.

Научная новизна. Отражены системные связи между отдельными источниками энергогенерации для выбора целесообразных систем энергообеспечения различных территории, в том числе с привлечением вторичных и возобновляемых ресурсов в зависимости от климатических условий и географического положения и сформированы сравнительные технико-экономические показатели работы предложенной системы.

Практическое значение. Предложена методика сочетания различных энергетических источников в одной системе для использования вторичных и возобновляемых ресурсов и технологические схемы выполнения таких решений.

Ключевые слова: тепловая генерация энергии, системы газификации, системный подход, методы статистической обработки данных, технологические параметры энергогенерации, разработка месторождений энергетического сырья, технико-экономические показатели

ABSTRACT

Purpose. To develop a methodology for a sufficient justification of the parameters of prospective transport means for using in conditions of surface mining of mineral deposits at deep mines and calculation of economic effect from implantation of new technological solutions.

The methods of the research are the reviewing and systematizing the experience of using known transport means for surface mining operations, analyzing a number of approaches to their selection and theoretical substantiating of a new methodology taking into account the key technological parameters of surface mining and technical and economic indicators of mining transport systems.

Findings. The current state and prospects of using secondary and renewable resources in a joined closed complex of a mining enterprise are considered. The tendencies of the energy generation and energy consumption based on alternative radical technologies are proposed. The authors defined directions for changing coal mining, its use in the exploitation of this raw material from abandoned and off-balance seams. The possibilities of using cogeneration systems from various energy sources are considered. The main direction of energy improvement should be the formation of a single energy chemical complex to improve the economic feasibility of proposed activities. This is taking into account economic feasibility and environmental components to ensure a minimal negative impact on the underground mountain environment and surface.

The originality. The system links between individual power generation sources are selected for the expedient energy supply systems for different territories, including recruitment of secondary and renewable resources depending on climatic conditions and geographic location, and comparative technical and economic performance indicators of the proposed system are formed.

Practical implications. The technique of combining different energy sources in one system for the use of secondary and renewable resources and technological schemes for implementing such solutions are proposed.

Keywords: *thermal energy generation, gasification systems, system approach, methods of statistical data processing, technological parameters of power generation, development of energy resources deposits, technical and economic indicators*

УДК 622.271

© С.О. Федоренко, С.О. Жуков, Р.С. Заярський, Д.А. Тітов

КОНВЕРСИЙНІ ПЕРСПЕКТИВИ ГЗК ЗА УМОВ ОБ'ЄДНАННЯ МЕЖЕВИХ КАР'ЄРНИХ ПОЛІВ РУДНОГО РОДОВИЩА

© S. Fedorenko, S. Zhukov, R. Zayarskiy, D. Titov

CONVERSION PERSPECTIVES OF THE MINE COMPANIES UNDER CONDITIONS OF INTERMEDIATE QUARRY FIELDS OF IRON ORE DEPOSIT

Мета досліджень – обґрунтування загального підходу щодо розробки породного масиву між двома сусідніми кар'єрами за умов комплексного використання рудної і нерудної побіжної сировини.

Методика досліджень включає методи аналітичних розрахунків, техніко-економічний аналіз; обґрунтування імітаційної моделі конверсії ГЗК; статистичний аналіз звітності рудників та виконаних спостережень. Застосовуються економіко-математичні методи вирішення задач та їх порівняльні оцінки. Описуються прийняті гіпотези, а також авторські пропозиції.

Досліджено сучасний стан, можливість та умови і перспективи об'єднання кар'єрів Південного ГЗК та АрселорМіттал (кар'єр №3) за умов ліквідації перемички, яка розділяє їх у теперішній час. Розглядається методика рейтингової оцінки щодо варіантів упровадження видобутку попутної сировини на діючому рудному кар'єрі. Пропонується алгоритм та організаційні заходи щодо компонування і поєднання в цілісний потік технологічних процесів при переході на комплексний принцип розробки родовищ.

Наукова новизна полягає в формулюванні авторської ідеї щодо конверсії рудників за умов об'єднання їхніх кар'єрних полів шляхом залучення в продуктивну переробку побіжної мінеральної сировини, та в аналітичному обґрунтуванні параметрів об'єктів і процесів для