

Литература

1. Филиппова Я.В. Применение перегоревших пород шахты им. Калинина для строительства дорожного полотна / Филиппова Я.В., Ефимов В.Г. // Экологічні проблеми паливно - енергетичного комплексу: матеріали IV Регіональної наукової конференції аспірантів і студентів. - Донецьк, ДонНТУ. - 2013. - С. 71 – 72.
2. Дороги из отходов. Н.И. Буравчук, О.В. Гурьянова, Е.П. Окоороков и др. // Энергосбережение, 2013. - №3. - С. 12 – 13.
3. Скрыпник Т. В. Возможности использования шахтных горных пород в Донецкой области / Скрыпник Т. В // Новости передовой науки: материалы Международной научно-практической конференции. - София, Болгария, 2013. - том №1.- С. 1-2.
4. Выборов С. Г. Экологические последствия структурно - вещественных преобразований отвальных пород терриконов / С. Г. Выборов, Ю. А. Проскурня, А. А. Силин // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». - Донецьк, ДонНТУ, 2010. - вип. 11(161). - С. 155 – 160.
5. Ныцюк И.И. Использование шахтной породы АП «Шахта им. М. И. Калинина» для производства стройматериалов / Ныцюк И.И., Завьялова Е.Л. // Комплексне використання природних ресурсів: матеріали IV Регіональної конференції. - Донецьк, ДонНТУ, 2011. - С. 80 – 90.
6. Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. — Ростов – на – Дону: Феникс, 2007. — 368 с.
7. Гохман Л.М Регулирование процессов структурообразования и свойств дорожных битумов добавками дивинилстирольных термоэластопластов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: 1974. – 25 с.

УДК 622.27.326

ІСАЄНКОВ О.О., ІСАЄНКОВ К.О.¹

ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИДОБУТКУ ТА СПАЛЮВАННЯ ВУГІЛЛЯ — ФАНТАСТИКА АБО РЕАЛЬНІСТЬ?

Вугілля, судячи з усього, ще довго залишатиметься попереду серед інших енергоносіїв. Проте спалювання вугілля приводить до забруднення довкілля. Тому розробка і використання чистих технологій видобутку і переробки вугілля є завданням №1 у всьому світі.

Світовий попит на вугілля. На долю вугілля, за даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) [1], доводиться близько 40% світового виробництва електроенергії. У деяких країнах цей показник значно вищий: у Китаї і

¹ КІП ДонНТУ

Австралії доля вугілля у виробництві електроенергії складає по 77%, ПАР — 92%, Польщі — 94%. З кожним роком попит на нього, особливо в країнах, що розвиваються, продовжує зростати. При цьому зі всіх енергоносіїв вживання вугілля зростає найбільш нестримно.

Заміна вугілля іншими джерелами енергії здійснюється слабо із-за високої собівартості останніх і обмежень, пов'язаних з їх постачаннями. Політична нестабільність в деяких країнах-експортерах нафти викликає сумнів в ритмічності постачань цієї сировини і веде до подорожчання не лише нафти, але і природного газу.

Альтернативні джерела енергії, зокрема вітер і біомаса, також доки не можуть істотно вплинути на зниження об'ємів використання вугілля. Основна проблема вітроенергетики — нерівномірність вітру і неможливість забезпечити безперервний потік енергії. Досвід використання енергії берегового вітру показав, що коефіцієнт електричного навантаження зазвичай на 18-20% нижче очікуваного, а періоди пікової енергії вітру рідко збігаються з періодами пікового вживання електроенергії. Переривистий і розосереджений характер енергії вітру вимагає значних додаткових капіталовкладень в резервні потужності традиційної енергогенерації і мережі електропередачі.

Таким чином, не дивлячись на існування альтернативних джерел енергії, їх географічна концентрація, висока собівартість і тривалий період освоєння роблять маловірогідною можливість значного заміщення ними вугілля при виробництві електроенергії.

Все це, а також широке поширення, надійність постачань і конкурентоздатна ціна вугілля дозволяють зробити висновок, що і в майбутньому він залишиться основним викопним паливом для задоволення енергетичних потреб населення планети.

Проте зростання потужностей вугільної енергетики спричиняє за собою екологічні проблеми. Вугілля вважається "найбруднішим" енергоносієм. Причому значної шкоди довкіллю завдається як при його видобутку (забруднення наземних водних джерел і підземних вод, перетворення родючих земель в терикони), так і при спалюванні.

Отже, необхідно прискорити розробку і повсюдне впровадження технологій [2], які зменшать негативну дію на довкілля від використання вугілля вже в самому найближчому майбутньому.

Технології. За останніх 30-40 років накопичений значний досвід впровадження чистих технологій видобутку і переробки вугілля. Спочатку акцент робився на скорочення викидів твердих часток у відпрацьованих газах — сірчистого ангідриду, окислів азоту і ртуті. З часом вектор досліджень чистих технологій видобутку і переробки вугілля змістився у бік розробки і використання технологій з низьким і близьким до нуля рівнем викидів парникових газів, таких як уловлювання і зберігання CO₂.

МЕА в даний час визначено чотири групи чистих технологій використання вугілля, які можуть різко скоротити викиди парникових газів — поліпшення

якості вугілля, підвищення продуктивності існуючих електростанцій, вдосконалені технології і технології з близьким до нуля рівнем викидів забруднюючих речовин.

На думку Консультативної ради вугільної промисловості (СІАВ), п'ятою групою чистих технологій використання вугілля, необхідних для скорочення викидів парникових газів, повинні стати транспортування і зберігання CO_2 .

Поліпшення якості вугілля. За рахунок поліпшення якості вугілля шляхом його промивання, сушки і брикетування можна понизити об'єм викидів шкідливих газів всього на 5%. Але вживання цих процесів важливе, оскільки вони забезпечують негайний ефект скорочення викидів CO_2 .

Дані процеси передбачають використання відомих промислових технологій, які застосовуються в США, Європі, Японії і Австралії.

Так, для підвищення якості вугілля за допомогою його промивання застосовуються в основному два методи. Один з них — метод промивання водою з вимиванням з породи легшого вугілля. Другий метод полягає у вантаженні необробленого вугілля в рідину, що має щільність, проміжну між щільністю вугілля і скельної породи, в якій вугілля спливає, а скельна порода — тоне (розділення в щільному середовищі).

Для поліпшення низькосортного вугілля з високою вологістю застосовують в основному процес термічної сушки. Проте отримуване вугілля досить рихле і може знову поглинати вологу. Виготовити стабільний продукт, що добре транспортується, дозволяє брикетування.

Не дивлячись на доступність і простоту технологій поліпшення якості вугілля, вони все ще не досить широко поширені в країнах з економікою, що розвивається.

Підвищення ефективності електростанцій. Ефективність електростанцій на вугільному паливі в світі складає близько 35%, але в найбільш передових станцій цей показник може досягати 47%. Таким чином, ефективність більшості електростанцій набагато нижча за потенціал передових технологій. Адже підвищення теплового ККД до 40% знижує викиди CO_2 на 22%. Підвищення ефективності ТЕС можна досягти за рахунок їх модернізації і впровадження нових технологій.

Вдосконалені технології. Дослідження і розробка надкритичних (СК) і ультранадкритичних (УСК) технологій сьогодні вважаються основними напрямками розвитку електроенергетики. В даний час ефективність вугільних енергоблоків, що використовують технологію вживання надкритичних параметрів пари (температура пари на виході досягає 540-566 $^{\circ}\text{C}$, а тиск складає 250 бар), що набули широкого поширення в Європі і Японії, може досягати 42-45%. У деяких країнах вже працюють енергоблоки з ультранадкритичними параметрами пари (температура пари на виході перевищує 590 $^{\circ}\text{C}$, а тиск понад 250 бар).

За даними МЕА, в світі існує 240 надкритичних енергоблоків і 24 ультранадкритичних. Зниження вартості цих технологій залишається складним і досить важливим завданням. Лише новий вигляд високолегованої сталі, що розробляється, допоможе звести до мінімуму проблему корозії, дозволить працювати

механізмам при досить високих температурах, а нове контролююче устаткування додасть велику гнучкість станціям такого типа.

Іншими заходами по скороченню викидів шкідливих газів є підвищення ефективності роботи енергоблоків (багато старих блоків працюють з ККД нижче 30% і підлягають негайній модернізації), а також газифікація вугілля.

Газифікація вугілля лише останні 35 років стала вважатися одним з напрямів розвитку чистих технологій вугілля [3]. До переваг газифікації можна віднести гнучкість у використанні різного вихідного матеріалу (наприклад, вугілля, біомаси, гудрону і промислового палива, що отримується вакуумною перегонкою мазуту), а також наявність варіантів виробництва різних продуктів (наприклад, електроенергії, хімікатів, водню, моторних палив і синтетичного природного газу). Потенційно за допомогою технології комбінованого циклу з внутрішньою газифікацією вугілля можна досягти вищої ефективності в порівнянні з надкритичними, ультранадкритичними котлами.

Продуктивність ТЕС, що працюють на кам'яному вугіллі [1]

Тип станції	Спалювання вугільного пилу (СВП)	СВП	СВП	СВП	Комбінований цикл комплексної газифікації (КЦКГ)
Паровий цикл	Докритичне	Типовий надкритичний тиск пара	Ультранадкритичний тиск пара (найкращий)	Ультранадкритичний тиск пара (AD700)	Трійний проміжний підігрів під тиском
Параметри пара	180 бар 540°C 540°C	250 бар 560°C 560°C	300 бар 600°C 620°C	350 бар 700°C 700°C	124 бар 563°C 563°C
Повна потужність, МВт	500	500	500	500	500
Додаткова енергія, МВт	42	42	44	43	67
Корисна потужність, МВт	458	458	456	457	433
Повний ККД, %	43.9	45.9	47.6	49.9	50.9
Корисний ККД, %	40.2	42.0	43.4	45.6	44.1
Емісія CO ₂ , т/h	381	364	352	335	321
Питома емісія CO ₂ , т/МВт нетто	0.83	0.80	0.77	0.73	0.74

Не дивлячись на те, що дана технологія ще недостатньо освоєна і вимагає подальших досліджень і розробок, в Нідерландах, Іспанії і США вже успішно її застосовують.

Існують і інші передові технології, що розвиваються, наприклад, паливні елементи. Проте перш ніж вони будуть готові до широкомасштабного впровадження, необхідно буде провести не один десяток досліджень.

Технології з близьким до нуля рівнем викидів. В даний час існує три основні підходи до уловлювання CO_2 на електростанціях:

- системи уловлювання після спалювання відокремлюють CO_2 , вироблений "продуктом" спалювання палива;
- системи уловлювання до спалювання обробляють первинне паливо в реакторі або установці для газифікації вугілля і виробляють синтез-газ, який потім перетворюється і ділиться на два газові потоки, — CO_2 для зберігання і водень (може використовуватися як паливо для газової турбіни або моторного палива);
- системи спалювання збагаченого киснем палива.

Уловлювання CO_2 при спалюванні вугілля, що продувається повітрям, включає його відділення і безпосередньо уловлювання CO_2 низької концентрації з димового газу. Найбільш переважним варіантом серед інших процесів уловлювання після спалювання (найменший рівень енергоспоживання і витрат) є процес адсорбції (поглинання), в якому для відділення CO_2 використовуються рідкі розчинники.

Не дивлячись на те, що дану технологію можна застосовувати як на абсолютно новій електростанції, так і адаптувати під ту, що вже існує, вона доки не знайшла широкого вживання на крупних вугільних електростанціях. Існує ряд не вирішених проблем: для процесу необхідний очищений димовий газ, випуск поглиненого CO_2 і відновлення розчинника, що застосовується для адсорбції, спричиняє за собою високі пасивні втрати енергії, які роблять негативний вплив на ефективність електрогенерації.

Застосування технології уловлювання CO_2 до спалювання в установках для газифікації вугілля вимагає додаткової установки зміщеного реактора для виробництва суміші водню і CO_2 з подальшою сепарацією CO_2 і стискуванням його для транспортування. Вже багато років використовуються лише окремі компоненти технології уловлювання CO_2 до спалювання. Для повноцінної роботи технології необхідні додаткові дослідження і розробки.

Всі основні компоненти для спалювання збагаченого киснем палива також існують в промислових масштабах лише окремо. Демонстраційний показ їх інтеграції в процесі спалювання був проведений доки лише в лабораторних умовах. Дана технологія не сильно відрізняється від спалювання з використанням повітря, але напівпромислова інтеграція всіх основних компонентів ще попереду.

Основною проблемою спалювання збагаченого киснем палива залишається високе вживання енергії при розділенні повітря для здобуття необхідного

потокі кисню. Збагачене киснем паливо дозволяє уловлювати CO_2 шляхом прямого стискування димового газу і не вимагає подальшого хімічного уловлювання або розділення. Процес спалювання збагаченого киснем палива також можна адаптувати до використання на існуючих електростанціях, проте його вживання може бути обмежене із-за високих енерговтрат в процесі розділення повітря. В той же час в цього процесу є значний потенціал для вживання на нових електростанціях.

Транспортування і зберігання CO_2 . Для успішного впровадження технологій чистого вугілля необхідно також розробити ефективні способи транспортування і довгострокового зберігання CO_2 .

Існують пропозиції по зберігання CO_2 в соленосних формаціях, виснажених покладах нафти і газу, глибинних вугільних жилах, сланцевих і базальтових формаціях. Не дивлячись на те, що сьогодні в деяких країнах вже накопичений певний досвід транспортування і зберігання CO_2 , необхідні додаткові широкомасштабні дослідження для вибору оптимального місця, де можна буде розмістити крупні сховища CO_2 і забезпечити їх безпеку.

Література:

1. International Energy Agency [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.iea.org/> — Загл. с экрана.
2. Исаенков А.А. Комбинированная технология, как основное направление повышения эффективности освоения недр // Геотехнології і охорона праці у гірничій промисловості: Зб. матеріалів V регіональної наук.-практ. конф., Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ, 12 жовтня 2011 р. – Донецьк: ООО «Цифровая типография», 2011. - С. 66-70.
3. Исаенков О.О., Ляшок Я.О., Исаенкова Ю.В. Возможность подземной газификации угля стать промышленной технологией / Проблемы гірничої технології: матеріали регіональної науково-практичної конференції, Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ, 26 листопада 2010 р. – Донецьк: ООО «Цифровая типография», 2010. - С. 143—149.