

4. Кузык И.Н. Оценка влияния породных отвалов шахт центрального Донбасса на окружающую среду / В.Н.Артамонов. // Збірка доповідей міжнародної науково-технічної конференції «Сталій розвиток гірничо-металургійної промисловості». – Кривий Ріг, 2004. – С.351-354.
5. Кузык И.Н. Оценка степени экологической опасности горящих породных отвалов ГХК «Донецкуголь» / Вісті Донецького гірничого інституту. – 2009. - №1 - С. 101-105.
6. Зубова Л.Г. Терриконики угольных шахт – источник сырья для получения галлия, германия, висмута / Л.Г.Зубова // Уголь Украины. К: Украина. – 2004. - №1. – С.41-42.
7. Смірний М.Ф., Зубова Л.Г., Зубов О.Р. Екологічна безпека териконових ландшафтів Донбасу. Монографія. – Лучанськ: Вид-во СНУІМ. В.Даля, 2006. – 232 с.
8. Артамонов В.М., Кузык І.М., Мокроусова Т.І., Балакі О.А., Заячуковська В.В. Вибір та обґрунтування технологічних рішень при використанні порід відвалів шахт як сировини для промисловості // Наукові праці НГУ / - Дніпропетровськ, 2005, №10. – С. 19-22.
9. Канин В.А., Тиркель М.Г., Киселев Н.Н. Комплексное решение экологических проблем в крупных промышленных регионах // Уголь Украины. – К.: Техника, 2004 №9. – С. 44-46.
10. А.С. Братишко, Н.Н. Гавриш, В.И. Пилюгин. Разработка месторождений полезных ископаемых: Учеб. для вузов. – Донецк: «ЛИК», 1997. – 628с.
11. Отчет о проведении физико-химических исследований отвальной массы ш/у «Холодная балка» ПО «Макеевуголь» рекомендации к проекту формирования породного отвала с пожаробезопасными слоями / НИИГД – Д.: 1993, – 22с.
12. Екологічний паспорт Донецької області / Державне управління охорони навколишнього середовища в Донецькій області, 2009. – 125 с.
13. Науково-методичні рекомендації щодо поліпшення екологічного стану земель, порушених гірничими роботами (створення ландшафтних заказників, екологічних коридорів, відновлення екосистем) / Шапар А.Г., Скрипник О.О., Копач П.І. та ін. :[за ред. А.Г. Шапара]. – Дніпропетровськ : Моноліт, 2007. – 270 с.
14. Формування міжрегіональної системи екокоридорів Дніпропетровської та Донецької областей з використанням техногенних відновлювальних елементів / О.О. Скрипник, С.М. Сметана, І.М. Кузык. – Дніпропетровськ, 2011.

УДК 621.065

**Кулик М.П. (Україна, Івано-Франківськ)**

### **ЗАСТОСУВАННЯ МЕМБРАННИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

**Вступ.** Перспектива використання комбінованих парогазових установок полягає, перш за все, в їх мобільності по швидкості зміни потужності. Цей факт безсумнівно робить такі установки придатними для покриття пікових навантажень, для чого абсолютно невідповідними є інші види енергетичних установок чи електростанцій (ТЕС, ГЕС, АЕС).

**Постановка проблеми.** Широке використання парогазових установок обмежується дороговизною палива для газової частини, а комбіновані парогазові установки характеризуються тим, що звична парова частина енергетичної частини викидає в навколишнє середовище величезні кількості шкідливих речовин. Серед них по величині валових викидів і класу небезпеки, а також впливу на атмосферне повітря і зміну клімату, виділяється оксиди азоту.

Методам зменшення оксидів азоту в димових газах присвячені роботи багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених. Аналізуючи їх результати можна стверджувати, що утворення оксидів азоту залежить від таких чинників: конструкція пальників, надлишок атмосферного повітря, висока температура факела, та час перебування палива та окислювача в зоні горіння.

Враховуючи той факт, що спостерігається тенденція до погіршення якості вугілля, а джерелом утворення оксидів є атмосферний азот, то в перспективі викиди оксидів азоту будуть тільки збільшуватися.

**Виділення невирішеної задачі.** Необхідність переведення великої енергетики на комбіновані парогазотурбінні установки для підвищення мобільності в плані покриття пікових навантажень, та суворі вимоги по екологічності енергетичних установок, а з другого боку - дороговизна газотурбінного палива (газоподібного чи рідкого) та погіршення якості енергетичного вугілля ставить перед сучасними науковцями двоєдину і взаємовиключаючу задачу.

Таку задачу можна сформулювати наступним чином:

- а) перевести газову частину комбінованої парогазотурбінної установки на тверде паливо;
- б) спалюючи все більше вугілля низької якості зменшити рівень екологічної небезпеки без суттєвого погіршення техніко-економічних показників окремо взятого блока.

Вирішення такої проблеми можна реалізувати використовуючи найсучасніші досягнення науки та технологічні новинки відомих світових розробників.

На наш погляд проблема вирішується шляхом заміни газоподібного чи рідкого, і в той же час дорогого газотурбінного палива продуктом, що нагрівається продуктами згорання (димовими газами). А це можна

зробити використовуючи двохстадійне (або трьохстадійне) спалювання низькоякісного твердого палива. При цьому, в рубашці охолодження передтопка нагрівається робоче тіло для газової турбіни.

Друга частина проблеми, а саме зменшення питомих валових викидів при збільшенні кількості спалюваного низькоякісного вугілля, вирішується шляхом подачі на згоряння не надлишку атмосферного повітря, а повітряну суміш збагачену киснем з використанням передових сучасних мембранних технологій для розділення газів та газових сумішей.

Використання мембранних процесів і технологій дозволяє створювати економічно ефективні, практично безвідходні, а також екологічно чисті технологічні процеси в різних галузях промисловості. Спочатку мембранні технології були створені у сфері розділу високомолекулярних сполук, очищення забруднених розчинів. Тепер такі процеси поширюються і в області розділення газових сумішей.

**Запропоновані технічні рішення.** Нами запропонована принципова схема парогазової турбінної установки, в якій зроблена спроба реалізувати запропонований вище підхід. На рис. 1 приведена спрощена схема такої енергетичної установки.

Особливістю запропонованої енергетичної установки є те, що повітряний компресор виконаний щонайменше у вигляді двох ступеней, між якими розташований мембранний розділювач, який до того ще і з'єднаний також із газгольдером для зберігання азоту.

В додаткову топку (або передтопок) 2 поступає певна кількість низькоякісного вугілля а з вихлопу газової турбіни 3 туди ж поступає збагачена киснем повітряна суміш для започаткування процесу горіння. Недогорівша паливна суміш в подальшому догорає в основній топці 1 котельного агрегату. При цьому димовими газами нагрівається водяна пара, яка і крутить парову турбіну (на схемі не показані) та генератор виробляє електроенергія по звичній схемі. Атмосферне повітря в першій ступені 4 компресора стискується, проходить через мембранний розділювач, в другій ступені 5 теж стискується, та поступає по лінії 17 в рубашку 9 додаткової топки, де нагрівається до необхідної для роботи ГТ температури. За необхідності в рубашку охолодження передтопка може подаватися певна кількість перегрітої водяної пари із парового циклу. В цій рубашці за допомогою множини теплових трубок 11 суміш нагрівається теплом додаткової топки, та як робоче тіло поступає по трубопроводу 15 на газову турбіну 3. Генератор, який теж не показаний виробляє електричну енергію в газовій частині енергоустановки. Вихлоп ГТ, з досить високими теплотехнічними параметрами поступає на вхід додаткової топки для ініціювання процесу горіння. В основну топку теж подається подрібнене вугілля для повного завантаження котельного агрегату.

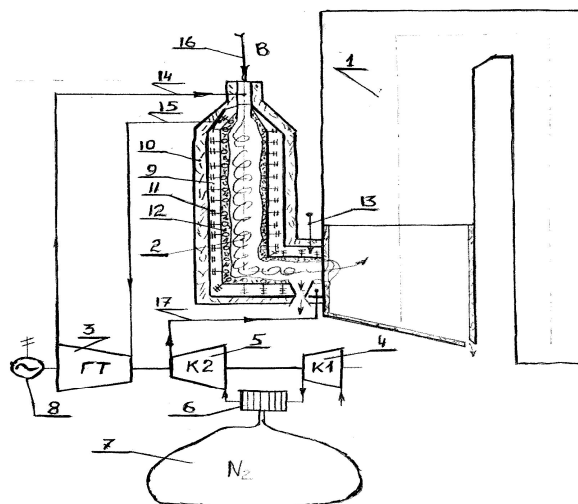


Рис.1. Енергетична установка з мембранним розділювачем повітря

1 – основна топка, 2 – додаткова топка, 3 – газова турбіна, 4, 5 – дві ступені компресора, Мембранний розділювач, 7 – газгольдер азоту, 8 – електрогенератор газової частини, 9 – повітряна рубашка передтопка, 10 – зовнішня теплоізоляція, 11 – теплові трубки, 12 – внутрішня стінка додаткової топки, 13 – лінія впрыску пари в рубашку додаткової топки, 14 – повітропровід вихлопу газової турбіни, 15 – трубопровід робочого тіла ГТ, 17 – лінія збагаченого киснем атмосферного повітря

Сучасний рівень розвитку мембранних технологій може забезпечити збагачення атмосферного повітря до 30-40 % кисню, а спеціально підібрані полімерні мембрани та нанотехнології забезпечать значно вищі показники.

Перевід горіння палива в атмосфері, збагаченій киснем приводить до різкого зменшення викидів шкідливих газів в атмосферне повітря, а також зниження надлишку повітря зменшить теплове забруднення, адже різко впадуть об'єми повітря, що поступає на процес згоряння палива.

Крім того, в даному випадку забезпечуються робота газового циклу без використання газотурбінного палива, бо на процес формування робочого тіла газотурбінного циклу йде тепло, отримане при спалюванні твердого, а іноді низькоякісного вугілля.

Очевидним недоліком цієї установки є наявність газгольдера для збагаченої азотом повітряної суміші. Вказаний недолік усунений в іншій ПГТУ, принципова схема якої зображена на рис.2.

В запропонованій нами схемі стиснуте повітря першою ступенню 4 компресора поступає в мембранний розділювач повітря, де від азоту відділяється кисень, який через регенератор після нагріву вихлопом газової турбіни через кисневий відсік додаткової топки поступає на спалювання низькосортного палива в додатковій топці. Інша частина повітря після мембранного розділювача, в якій переважає азот, стикається другою ступінню 5 компресора, поступає в азотний відсік додаткової топки, де нагрівається до необхідних температур і направляється в газову турбіну.

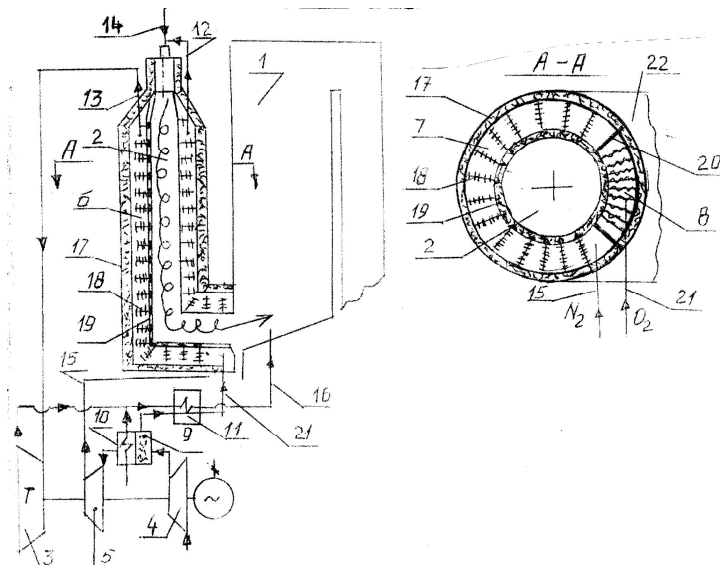


Рис.2 Принципова схема енергетичної установки з мембранним розділювачем повітря, кисневим та азотним відсіком в додатковій топці 1 – основна топка, 2 – додаткова топка, 3 – газова турбіна, 4, 5 – перша та друга ступінь компресора, 6 – рубашка охолодження додаткової топки, 7, 8 – азотний та кисневий відсіки рубашки охолодження, 9 – мембранний розділювач, 10 – холодильник, 11 – регенератор, 12 – вихідний патрубок кисневого відсіку, 13 – вихідний патрубок азотного відсіку, 14 – лінія подачі палива в додаткову топку, 15 – лінія стиснутого азоту, 16 – лінія вихлопу газової турбіни, 17 – теплоізоляція додаткової топки, 18 – теплові трубки додаткової топки, що вмонтовані у внутрішню стінку 19 додаткової топки, 20 – розділювача стінка відсіків, 21 – лінія кисню в кисневий відсік, 22 – скид додаткової топки

Вихлоп газової турбіни(або його частина) через регенератор 11 направляється до пальників основної топки. Туди може поступати частина кисню, якщо в деяких режимах в основну топку теж поступає свіжа порція молотого вугілля.

#### Висновок

Проаналізувавши запропоновані схеми комбінованих паро газотурбінних установок з мембранним розділювачем повітря на кисень та азот, можна зробити наступні висновки:

- отриманий кисень використовується для реалізації процесу горіння як додаткової топці так і в основній, що дає можливість відмовитися від використання величезної кількості повітря, яке з надлишком раніше подавалися в основний технологічний процес теплової енергетики;

- розроблена технологія генерування електроенергії дає можливість виключити із газового циклу дороге газоподібне чи рідке турбінне паливо, а реалізувати парогазовий цикл, використовуючи тепло низькоякісного твердого палива;

- кисневе дуття забезпечує різке зменшення об'ємної витрати димових газів, а значить і валовий викид шкідливих компонентів-продуктів спалювання вугілля, а також зменшує, так зване теплове забруднення навколишнього середовища.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Грінченко Д.М. Аналіз впливу кисневого дуття при спалюванні низькоякісного палива на викиди в довкілля. Вісник НУ"Львівська політехніка" – Теплоенергетика, інженерія довкілля. Автоматизація", вип..452, 2002р., с.242-247.
2. Грінченко Д.М., Грінченко Р.Д. Можливості використання мембранних технологій розділювання повітря в парогазових установках. Вісник ДУ "Львівська політехніка" – Теплоенергетичні системи та пристрої", вип..282, 1994р., с.12-21.
3. Пеньков В.І., Грінченко Д.М., Кулик М.П. Енергетична установка. Патент України № 18856.
4. Грінченко Д.М., Кулик М.П. Енергетична установка. Патент України № 18407