

# Переработка сырья и ресурсосбережение

УДК 666.924:666.9.04

**Костогриз К.П.**, канд. техн. наук, **Жайворонок В.А.**,  
**Хвастухін Ю.І.**, докт. техн. наук, проф., **Роман С.М.**  
*Інститут газу НАН України, Київ*  
*вул. Дегтярівська, 39, 03113 Київ, Україна, e-mail: tspgas@ukr.net*

## Отримання вапна з високою реакційною здатністю в апараті з псевдозрідженим шаром інертного матеріалу

При сухій десульфуризації, наприклад, газоподібних продуктів згоряння ТЕС та сміттєспалювальних заводів широко застосовується СаО – продукт випалювання природних карбонатних порід, переважно СаСО<sub>3</sub>. Технології випалювання у залежності від термообробки вапняків формують продукт з певними фізико-хімічними параметрами: пористістю, питомою поверхнею, величиною усадки, хімічною активністю тощо. Досліджено вплив умов термообробки на властивості отриманого продукту. Показано можливість швидкісної низькотемпературної термообробки дрібнодисперсного вапняку у псевдозрідженому шарі інертного матеріалу для отримання СаО необхідної якості. Описано лабораторну установку для проведення досліджень, методики проведення експерименту та обробки експериментальних даних. У результаті проведених досліджень досягнуто ступінь випалювання дрібнодисперсного вапняку 80 % в апараті з псевдозрідженим шаром інертного матеріалу та визначено час перебування частинок у шарі інерту. *Бібл. 10, рис. 2, табл. 1.*

**Ключові слова:** методи сухої десульфуризації, випалювання вапняку, високореакційне вапно, апарат з псевдозрідженим шаром.

Зменшення викидів NO<sub>x</sub> та SO<sub>x</sub> у тепловій енергетиці України є актуальною задачею. При нормативах, прийнятих у країнах ЄС (менше 200 мг/нм<sup>3</sup> викидів SO<sub>x</sub> та менше 200 мг/нм<sup>3</sup> NO<sub>x</sub> у відхідних газах), реальні викиди ТЕС все ще складають 3400–5100 мг/нм<sup>3</sup> для SO<sub>2</sub> та 2000 мг/нм<sup>3</sup> для NO<sub>x</sub> [1].

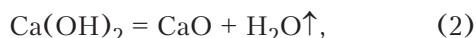
Зменшення викидів NO<sub>x</sub> може бути забезпечено та у деяких випадках забезпечується порівняно простим, хоча й затратним способом: зниженням температури факела горіння пилувугільних пальників. Це досягається рецирку-

ляцією продуктів згоряння до кореня факелу, збільшенням довжини факелу горіння, організацією двостадійного спалювання палива, але призводить до зменшення потужності енергоблока на 3–6 %. Для зменшення викидів SO<sub>x</sub>, зокрема методами сухої десульфуризації, застосовують спеціальні сорбенти, що подаються у певні зони газових трактів котлоагрегату. Найчастіше як сорбент використовується вапняк та його похідні СаО та Са(ОН)<sub>2</sub> завдяки великому поширенню у світі його родовищ та відносно низькій ціні.

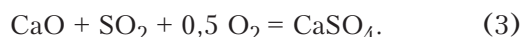
### Обробка вихідних вапняків

Застосування розмеленого вапняку, що подається разом з паливом у топку котла, показало малу ефективність цього способу [1]. Через ряд причин навіть при ступені зв'язування  $\text{SO}_2$  60–90 % його витрата є досить великою (співвідношення  $\text{Ca}/\text{S} \geq 3$ ). Робилися також недостатньо ефективні спроби подачі завчасно підготовленого дрібнодисперсного вапна у топку котла, що пов'язано з перебуванням частинок вапна у зоні високих температур топки котла, що призводило до обпалення поверхні сорбенту та зменшення його активності.

За даними [2], суха десульфуризація більш ефективно може здійснюватися при введенні сорбенту  $\text{CaCO}_3$  або  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  у зони з більш низькими температурами, де відбувається спочатку декарбонізація вапняку (1) чи дегідратація гашеного вапна (2) до  $\text{CaO}$ :



а потім утворення безводного гіпсу:



Нижня межа методу, що застосовується, становить 750 °С для вапняку та 530 °С для гашеного вапна. Використання гашеного вапна замість негашеного пояснюється тим, що воно має більш розвинену питому поверхню [2]. Малу питому поверхню має широко розповсюджене вапно, що отримують у шахтних, обортових печах та апаратах з псевдозрідженим шаром, де при тривалому перебуванні у високотемпературній зоні (десятки хвилин) відбувається його дезактивація.

За даними [3], питома поверхня частинок кальцинованого вапняку залежить від властивостей вапняку, що використовується (вміст карбонату кальцію, домішок, початкової пористості), розміру частинок, режимів кальцинації (температури, часу перебування, складу випалювальних газів, швидкості тепло- та масообмінних процесів при випалюванні).

Природні вапняки містять 90–98 % карбонату кальцію. Їх пористість  $\epsilon_0 = 0,03\text{--}0,35$ , питома поверхня  $S_0$  складає від 1 до 10  $\text{м}^2/\text{г}$  та представлена переважно макропорами. Геологічно більш молоді вапняки мають більшу пористість та питому поверхню [4].

У початковий момент після кальцинування, як показують фотографії [5], отримані на сканувальному електронному мікроскопі, частинки  $\text{CaO}$  з пористістю  $\epsilon = 0,48$  та питомою поверхнею  $S_0 = 104 \text{ м}^2/\text{г}$  представлені у вигляді кулеподібних зерен діаметром 17,4 нм, пори між якими складають близько 4 нм; такі зерна об'єднані у кластери до 125 штук. За даними [5], отриманими на ртутному порометрі, мікрозерна 5–10 нм об'єднані у кластери розмірами до 1  $\mu\text{м}$ . У середньому вважають, що кластери від 200 до 500 нм з мікропорами між зернами 4–10 нм розділені порами 100 нм.

Швидкість процесу кальцинування вапняку, навіть для порівняно дрібних фракцій  $< 100 \mu\text{м}$ , у значній мірі залежить від розміру частинок, тепло- та масообміну, кінетики реакції та температури випалювання [6]. Так, при температурі 900–1000 °С парціальний тиск  $\text{CO}_2$  у частинках складає 1–3 атм, а при 700 °С — 0,02 атм. Дослідження властивостей різних вапняків після кальцинування за різними методами показує велику розбіжність величин їх питомої поверхні: від 6,6 до 104  $\text{м}^2/\text{г}$  [3].

Це свідчить про те, що активність більшості продуктів випалювання постраждала через усадку. Як причини вказуються надлишковий час перебування в зоні випалювання, а також наявність у випалювальних газах  $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$ . Так, за даними [7], для вапняків, що випалені при температурі 750–950 °С в атмосфері 6,5 %  $\text{CO}_2$ ; 1,8 %  $\text{O}_2$ ; 13 %  $\text{H}_2\text{O}$  та  $\text{N}_2$ , через одночасну дію кальцинації та карбонізації величина початкової питомої поверхні складає  $S_0 \approx 70 \text{ м}^2/\text{г}$ , швидкість зменшення питомої поверхні за рахунок усадки дорівнює 60–100  $\text{м}^2/(\text{г}\cdot\text{с})$ .

Таким чином, для отримання високореакційного вапна необхідно здійснювати випал дрібнодисперсного матеріалу протягом короткого проміжку часу при мінімальних температурах. Для забезпечення цих умов необхідно здійснювати термообробку при інтенсивній теплопередачі від випалювального середовища до частинок вапняку [8].

Як відомо з роботи [9], в апаратах з псевдозрідженим шаром можливо досягнути величини теплопередачі до оброблюваного матеріалу  $\alpha \geq 1000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{год}\cdot\text{К})$ . На дослідній установці в Інституті газу було виконано дослідження для з'ясування можливості використання апаратів з псевдозрідженим шаром для випалу дрібнодисперсного вапна.

### Опис дослідної установки та методики проведення експерименту

Швидкісне випалювання дрібнодисперсного вапняку було проведено на дослідній установці КС-07 Інституту газу НАН України у псевдозрідженому шарі інертного матеріалу (рис.1).

Дослідна установка складається з металевого корпусу, в якому розподільними ґратками поєднано верхню та нижню камери. Камери зроблені з труби діаметром  $D = 70 \times 7$  мм з кварцового скла, теплоізольовані для компенсації втрат у навколишнє середовище та оснащені електрообігрівачами з ніхромової спіралі з регульованою автотрансформатором напругою. Верхня камера є камерою випалювання, що заповнена шаром інертного матеріалу висотою  $H = 50-70$  мм – кварцового піску фракції  $0,4-0,6$  мм. Нижня камера заповнена як газорозподільником керамічними кільцями  $2-5$  мм. Повітря через ротаметр та регульовальний кран подавали у нижню камеру для попереднього нагріву та рівномірного розподілу. Температуру псевдозрідженого шару вимірювали потенціометром з хромель-алюмінієвою термопарою.

Розмелену вихідну сировину через жароміцну трубку пульсаційно подавали в камеру випалювання, а саме: безпосередньо у псевдозріджений шар кварцового піску. Випалений матеріал виносився газовим потоком та накопичувався у камері осадження.

Порядок пуску дослідної установки наступний. Вмикали нагрівання камер. Подачею по-

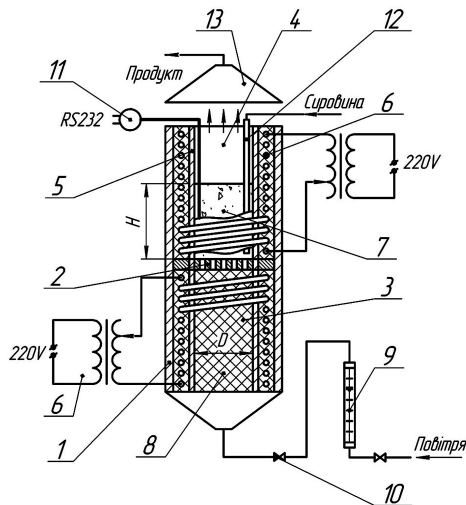


Рис.1. Схема дослідної установки КС-07: 1 – корпус; 2 – ґратки розподільні; 3 – камера верхня; 4 – камера нижня; 5 – труба кварцова; 6 – електрообігрівачі; 7 – шар інертного матеріалу; 8 – кільця керамічні; 9 – ротаметр; 10 – кран регульовальний; 11 – блок вимірювальний; 12 – трубка жароміцна; 13 – камера осадження.

вітря, підігрітого у нижній камері, регулювали режим оптимального псевдозрідження  $U_0 = (3-5)U_{кр}$  (кварцового піску у верхній камері). Після досягнення необхідної робочої температури шару починали завантажувати вихідний матеріал. При контакті частинок з псевдозрідженим шаром відбувалося їх миттєве випалювання. Випалені частинки підхоплювалися газовим потоком, виносилися з шару інертного матеріалу та камери, накопичувалися у камері осадження. Діапазон зміни у дослідях температури псевдозрідженого шару  $900-1000$  °С.

Зібрані після кожного дослід зразки аналізувалися. Ступінь випалювання визначали за втратами маси кожного зразку після витримки його у муфельній печі при температурі  $950$  °С протягом 1 год.

Матеріалом, що досліджувався, був вапняк з вихідною пористістю  $\varepsilon_0 = 0,6$  та вмістом карбонату кальцію  $96$  %.

### Методика обробки експериментальних даних

Випалювання вапняку відбувалося у режимі фільтрації дрібнодисперсних частинок через псевдозріджений шар інертного матеріалу, тому час перебування частинок у зоні випалювання можна представити у такому вигляді:

$$\tau = H_{ш} / U_{ф}, \quad (4)$$

де  $H_{ш}$  – висота шару в режимі розвинутого псевдозрідження, м;  $U_{ф}$  – швидкість фільтрації матеріалу, що випалюється, через псевдозріджений шар інертного матеріалу, м/с.

Швидкість фільтрації визначається як різниця між середньою швидкістю повітря у просторі пор псевдозрідженого шару та швидкістю витання частинок вапняку:

$$U_{\tau} = U_{в} - U_{кр}'' , \quad (5)$$

де  $U_{в} = U_0 / \varepsilon_{п.ш}$  ( $U_0$  – середня швидкість повітря у розрахунку на вільний поперечний переріз камери випалювання при заданій температурі, м/с;  $\varepsilon_{п.ш}$  – пористість псевдозрідженого шару);  $U_{кр}''$  – швидкість початку винесення частинок вапняку, м/с.

Оскільки весь процес випалювання відбувався в режимі розвинутого псевдозрідження, приймаємо  $\varepsilon_{п.ш} = 0,7$  [9]. Швидкість початку винесення частинок визначаємо з рівнянь [9]:

$$Re_{кр}'' = Ar / (18 + 0,61 Ar^{1/2}); \quad (6)$$

$$Ar = (g d_e^3 / \nu_{п}^2) [(\rho_{м} - \rho_{п}) / \rho_{п}]; \quad (7)$$

$$Re_{кр}'' = U_{кр}'' d_e / \nu_{п}, \quad (8)$$

де  $Re_{кр}$  — число Рейнольдса для швидкості винесення частинок;  $Ar$  — число Архімеда;  $d_e$  — еквівалентний діаметр частинок, м;  $\rho_M$ ,  $\rho_P$  — густина матеріалу та повітря,  $кг/м^3$ ;  $\nu_P$  — коефіцієнт кінематичної в'язкості,  $м^2/с$ .

Еквівалентний діаметр частинки вапняку визначаємо так:

$$d_e = d_{cp} \psi, \quad (9)$$

де  $d_{cp}$  — середній розмір частинок вузької фракції, м;  $\psi$  — коефіцієнт форми ( $\psi = 0,7$  для подрібненого вапняку).

### Обговорення результатів дослідження

Оптимальні температури для отримання найбільшої ефективності при випалюванні вапняків різні для різних порід та можуть бути визначені лише експериментально. Проте таку температуру слід співставити з оптимальною температурою для отримання високореакційного вапна. Мінімальна температура дисоціації для кальциту  $898\text{ }^\circ\text{C}$  [10], але на практиці вона є більш високою ( $1000\text{--}1350\text{ }^\circ\text{C}$ ) та залежить від кристалічної структури породи та розмірів частинок, що випалюються. Для отримання вапна з оптимальними властивостями вибирають зазвичай невеликий інтервал температур поблизу мінімуму.

У таблиці наведено результати обробки експериментальних даних: для різного фракційного складу сировини, що оброблюється, розраховано час перебування частинок у шарі інертного матеріалу (4) та ступінь його випалювання при різних температурах.

Розрізняють випалювання при високій та низькій температурах з тривалим періодом випалювання, що призводить у першому випадку до отримання перепаленого вапна з великими усадкою та густиною, низькими пористістю та хімічною активністю, у другому — вапна з малими усадкою та густиною, високою пористістю. Проте, як зазначено у роботі [10], швидкість нагрівання має великий вплив на якість вапна, його усадку, пористість та реакційну здатність більше, ніж максимальна температура чи тривалість випалювання при цій температурі.

Низькотемпературне швидкісне випалювання дрібнодисперсної частинки вапняку забезпечує достатні умови для дисоціації карбонату кальцію на поверхні частинки та її ядра

### Результати обробки експериментальних даних

Час перебування $\tau$ , с			Ступінь випалювання $\eta$ , %		
900 $^\circ\text{C}$	950 $^\circ\text{C}$	1000 $^\circ\text{C}$	900 $^\circ\text{C}$	950 $^\circ\text{C}$	1000 $^\circ\text{C}$
$d = 160\text{--}200\text{ мм}, d_e = 126\text{ мм}$					
0,289	0,246	0,216	71	75	80
0,118	0,107	0,099	66	71	75
0,074	0,069	0,064	65	67	71
$d = 100\text{--}160\text{ мм}, d_e = 91\text{ мм}$					
0,674	0,556	0,480	71	73	75
0,154	0,142	0,133	63	69	73
0,087	0,082	0,077	60	64	69
0,060	0,057	0,054	58	63	68
$d = 63\text{--}100\text{ мм}, d_e = 57\text{ мм}$					
0,278	0,260	0,244	70	73	75
0,116	0,110	0,105	65	68	71
0,073	0,070	0,067	50	55	61
0,054	0,051	0,049	48	54	60
$d = 40\text{--}63\text{ мм}, d_e = 36\text{ мм}$					
0,225	0,214	0,204	72	73	75
0,106	0,101	0,097	65	68	74
0,069	0,066	0,063	61	64	66
0,051	0,049	0,047	52	60	62
$d < 40\text{ мм}, d_e = 28\text{ мм}$					
0,214	0,204	0,195	70	73	78
0,103	0,099	0,095	65	71	75
0,068	0,065	0,062	59	63	68
0,051	0,049	0,047	56	62	67

без збільшення температури та тривалості випалювання, що має місце для шматків значних розмірів, що випалюють у шахтних чи обертових печах з високотемпературними зонами та великою тривалістю обробки.

На рис.2 наведено залежності ступеня випалювання дрібнодисперсного вапняку різних фракцій від часу перебування частинок у шарі інертного матеріалу при різних температурах. З графіків видно, що зі збільшенням температури випалювання для фракцій ступінь випалювання зростає, із зменшенням середнього діаметра фракції час перебування частинки в шарі інертного матеріалу зменшується, відповідно зменшується ступінь випалювання, що пояснюється недостатнім часом перебування частинок у шарі інертного матеріалу. При більш високих температурах, зокрема  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ , ступінь випалювання фракцій більш рівномірний.

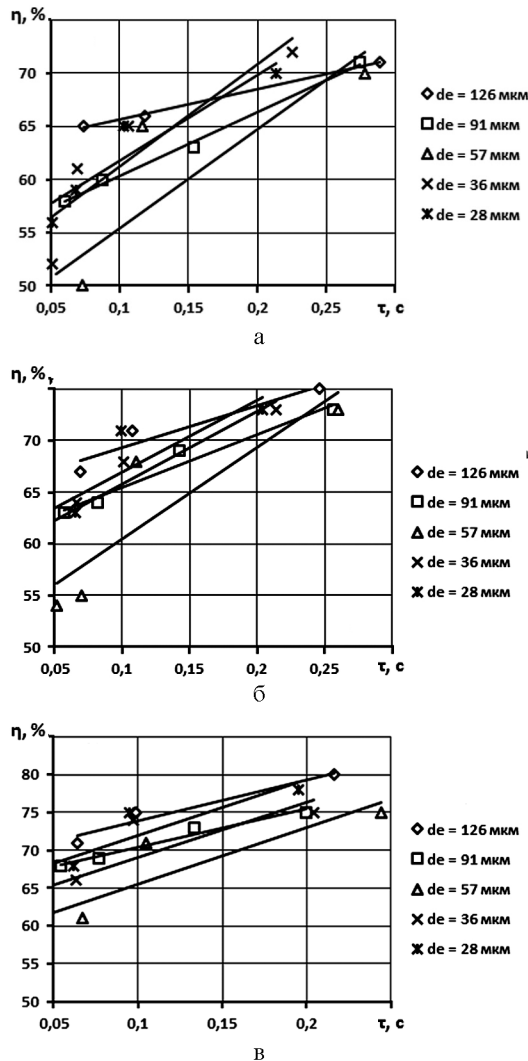


Рис.2. Залежність ступеня випалювання  $\eta$  фракцій вапняку від часу перебування частинок  $\tau$  у шарі інертного матеріалу при температурах, °С: а – 900; б – 950; в – 1000.

### Висновки

Сухі методи десульфуризації димових газів ґрунтуються на процесі адсорбції, тобто поглинанні газів на поверхні твердих тіл. Як сорбенти використовують речовини, що мають пористу структуру й велику питому поверхню. Одним із найпоширеніших сорбентів є вапняк, що потребує попередньої термічної підготовки та отримання продукту  $\text{CaO}$  з заданими фізико-хімічними параметрами.

Створено дослідну установку, методику дослідження та методику обробки експериментальних даних, що дозволяють дослідити можливість швидкісної (0,3–0,5 с) низькотемпературної (880–920 °С) термообробки дрібнодисперсного вапняку ( $d < 90$  мкм) у псевдозрідженому шарі інертного матеріалу.

Отримано високий ступінь випалювання (55–80 %) дрібнодисперсних частинок навіть при малій висоті шару інертного матеріалу та відповідного їм часу перебування у ньому. Більший ступінь випалювання дрібнодисперсної сировини можна отримати у напівпромислових установках більшої одиничної потужності з більшим шаром інертного матеріалу.

### Список літератури

1. Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Гапонич Л.С. та ін. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України. Київ : ГНОЗІС, 2013. 308 с.
2. Вольчин І.А., Георгиев А.В., Ясинецький А.А. Термодинамическая оценка методов сухой десульфуризации дымовых газов. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2010. № 2. С. 85–92.
3. Cordoba P. Status of flue gas desulphurization (FGD) systems from coal-fired power plants: Overview of the physico-chemical control processes of wet limestone FGDs. *Fuel*. 2015. № 144. P. 274–286.
4. Heebink Lv, Hassett Dj. Hg release from FGD. *Proceeding of international ash utilization symposium*. CAER. University of Kentucky. 2003. 75 p.
5. Schroeder K., Kairies C. Distribution of Hg in FGD by-products. *Proceedings of world of coal ash conference*. CAER. University of Kentucky, 11 Apr. 2005. — 1. Paper 100; 2005.
6. Babcock&Wilcox Power Generation Group (B&W). Steam-its generation and use. Ohio : Babcock and Wilcox Company. 1991. 980 p.
7. Kikkawa H., Nakamoto T., Morishita M., Yamada K. New wet FGD process using granular limestone. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2002. Vol. 41. P. 3028–3036.
8. Kiil S., Nygaard H., Johnsson J.E. Simulation studies of the influence of HCl absorption on the performance of a wet flue gas desulphurization pilot plant. *Chem. Eng. Sci.* 2002. Vol. 57. P. 347–435.
9. Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А. Аппараты со стационарным зернистым слоем. Л. : Химия, 1979. 176 с.
10. Роберт С. Бойтон. Химия и технология извести. М. : Стройиздат, 1972. 240 с.

Надійшла до редакції 12.10.17



**Костогрыз К.П.**, канд. техн. наук, **Жайворонок В.А.**,  
**Хвастухин Ю.И.**, докт. техн. наук, проф., **Роман С.Н.**  
**Институт газа НАН Украины, Киев**  
ул. Дегтяревская, 39, 03113 Киев, Украина, e-mail: tspgas@ukr.net

## Получение извести с высокой реакционной способностью в аппаратах с псевдооживленным слоем инертного материала

При сухой десульфуризации, например, газообразных продуктов сгорания ТЭС и мусоросжигающих заводов широко используется CaO – продукт обжига природных карбонатных пород, главным образом CaCO<sub>3</sub>. Технологии обжига в зависимости от режимов термообработки известняков формируют продукт с определенными физико-химическими свойствами: пористостью, удельной поверхностью, величиной усадки, химической активностью. Исследовано влияние условий термообработки на свойства полученного продукта. Показана возможность быстрой низкотемпературной термообработки мелкодисперсного известняка в псевдооживленном слое инертного материала для получения CaO необходимого качества. Описаны лабораторная установка для проведения исследований, методики проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных. В результате проведенных исследований достигнута степень обжига мелкодисперсного известняка 80 % в аппарате с псевдооживленным слоем инертного материала и определено время пребывания частиц в слое инерта. *Библ. 10, рис. 2, табл. 1.*

**Ключевые слова:** методы сухой десульфуризации, обжиг известняка, высокорекреационная известь, аппарат с псевдооживленным слоем.

**Kostohryz K.P.**, Candidate of Technical Sciences, **Zhaivoronok V.A.**,  
**Khvastukhin Yu.I.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, **Roman S.M.**  
**The Gas Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev**  
39, Degtyarivska Str., 03113 Kiev, Ukraine, e-mail: tspgas@ukr.net

## Production of Lime with High Reactivity in a Fluidized Bed Apparatus of an Inert Material

In dry desulfurization, for example, of gaseous combustion products of thermal power plants and incineration plants, calcium oxide CaO, as a product of firing of natural carbonate rocks, mainly limestones (CaCO<sub>3</sub>), is widely used. Firing technology, depending on the limestone heat treatment regimes, form a product with certain physicochemical properties: porosity, specific surface, shrinkage value, chemical activity. The influence of heat treatment conditions on the properties of the product obtained is studied. The possibility of fast low temperature heat treatment of finely dispersed limestone in a fluidized bed of an inert material to produce CaO of the required quality is shown. Research facility, technique for carrying out experiments and processing experimental data are described. As a result of the research, the degree of calcination of 80 % of fine limestone in a device with fluidized bed of inert material was achieved and the residence time of the particles in the inert layer was determined. *Bibl. 10, Fig. 2, Tab. 1.*

**Key words:** hydrogen, carbon nanomaterials, single-walled and multiwalled nanotubes, sorption, storage of hydrogen.

### References

1. Vol'chin I.A., Dunaevs'ka N.I., Gaponich L.S., Chernyavs'kij M.V., Topal O.I., Zasyad'mo Ya.I., Perspektivy vprovadzhennya chystykh vugil'nykh tekhnologij v energetyku Ukrainy. Kiev : GNOZIS, 2013. 308 p. (Ukr.)
2. Volchyn Y.A., Heorhyev A.V., Yasynetskyi A.A. Termodynamicheskaia otsenka metodov sukhoi desulfuryzatsyy dymovykh gazov. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*. 2010. No. 2. pp. 85–92. (Rus.)
3. Cordoba P. Status of flue gas desulphurization (FGD) systems from coal-fired power plants: Overview of the physic-chemical control processes of wet limestone FGDs. *Fuel*. 2015. No 144. pp. 274–286.
4. Heebink Lv, Hassett Dj. Hg release from FGD. Proceeding of international ash utilization symposium, CAER. University of Kentucky. 2003. 75 p.
5. Schroeder K., Kairies C. Distribution of Hg in FGD by-products. Proceedings of world of coal ash conference, CAER, University of Kentucky, April 11 – 1. 2005. Paper 100; 2005.
6. Babcock&Wilcox Power Generation Group (B&W). Steam-its generation and use, Ohio : Babcock and Wilcox Company. 1991. 980 p.
7. Kikkawa H., Nakamoto T., Morishita M., Yamada K. New wet FGD process using granular limestone. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2002. No. 41. pp. 3028–36.
8. Kiil S., Nygaard H., Johnsson JE. Simulation studies of the influence of HCl absorption on the performance of a wet flue gas desulphurization pilot plant. *Chem. Eng. Sci.* 2002. No. 57. pp. 347–435.
9. Aerov M.E., Todes O.M., Narynskyi D.A. Apparaty so statsyonarnym zernystym sloem, Leningrad : Khymyia. 1979. 176 p. (Rus.)
10. Robert S. Boiton. Khymyia i tekhnolohyia izvesty, Moscow : Stroizdat, 1972, 240 p. (Rus.)

Received October 12, 2017

УДК 661.666

**Семейко К.В.**, канд. техн. наук

**Институт газа НАН Украины, Киев**

*ул. Дегтярская, 39, 03113 Киев, Украина, e-mail: k\_simeyko@ukr.net*

## Исследование характеристик и свойств пироуглеродных покрытий

Одним из вариантов проектируемых ядерных реакторов, обладающих повышенной пассивной защитой, являются реакторы с микровтэлами и шаровыми ТВЭЛами, одним из главных компонентов которых является пироуглерод. Пироуглерод имеет высокую радиационную и коррозионную стойкость, поэтому перспективными также являются исследования, направленные на утилизацию радиационных отходов, что является актуальной проблемой не только для Украины, но и для всего мира. Благодаря уникальным свойствам пироуглерод можно использовать в различных областях науки и промышленности. На протяжении нескольких лет в Институте газа НАН Украины проводились исследования по получению пироуглеродных покрытий пиролизом углеводородных газов в реакторах с электротермическим псевдооживленным слоем. Проведено исследование их материаловедческих характеристик и свойств для определения возможности использования пироуглеродных покрытий, полученных по технологиям Института газа НАН Украины. Представлены результаты исследований по оценке плотности, чистоты, коррозионной стойкости, а также микрорельеф пироуглеродного покрытия. Сделаны промежуточные выводы о возможности применения полученного пироуглерода. *Библ. 16, рис. 3, табл. 1.*

**Ключевые слова:** пироуглерод, пиролиз, электротермический псевдооживленный слой, микровтэл.

Доля атомной энергетики в генерации электроэнергии Украины в первой половине 2017 г. составила более 53 %. К самым важным проблемам современной атомной энергетики относится обеспечение эксплуатационной безопасности действующих и проектируемых АЭС. Одной из задач «Новой энергетичної стратегії України до

2035 року: безпека, енергоефективність, конкурентна спроможність», утвержденной Кабинетом Министров Украины, является выбор реакторных технологий для строительства новых атомных энергоблоков для замещения мощности АЭС, которые будут выводиться из эксплуатации с 2030 г. Перспективным типом ядерных