

*Л.О. Нагірняк, М.Ф. Юрим, канд. техн. наук, доцент  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

## **ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА В ЦЕМЕНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

У статті наведена схема використання твердого палива в обертових печах цементних виробництв, та результати його практичного застосування для зменшення споживання імпортного газоподібного палива. Показана перевага запропонованого методу очищення забрудненого кам'яновугільним пилом повітря з наступною утилізацією вловленого пилу і його подальшим використанням у пальниках обертових печей. Результати наведені у статті можуть мати теоретичне і практичне застосування в промисловому виробництві цементного клінкеру. Наведено конструкцію пристрою для вловлювання і розділення сипучих матеріалів в потоці рідини або газу новизна якого захищена Деклараційним патентом на корисну модель та проведено розрахунок його екологічної та економічної ефективності.

*Ключові слова:* пиловидне тверде паливо, пристрій для вловлювання і розділення сипучих матеріалів, обертові печі, пальники обертових печей, клінкер, рукавні фільтри, ГДК шкідливої речовини, максимальна приземна концентрація.

*Вступ.* Виробництво цементу в Україні зростає з кожним роком, як і зростають його потреби у різних сферах будівельної промисловості, цивільного та промислового будівництва. Більшість цементних заводів України працюють по вологому способі виробництва цементного клінкеру.

*Постановка задачі на основі аналізу літературних джерел.* Із літературних джерел [2, 3, 4], та заводських даних відомо, що вологий спосіб виробництва цементного клінкеру вимагає великих затрат теплової енергії, яку одержують спалюванням в обертових цементних печах газоподібного палива. Проте, останнім часом, загострилося питання економії енергетичних ресурсів у вигляді газоподібного палива. Перед цементною промисловістю України стоїть першочергове завдання - збільшити долю використання твердого палива, а саме, кам'яного вугілля, що дасть можливість вирішити два важливих завдання:

- а) зменшити долю споживання імпортного газу;
- б) сприяти розвитку вітчизняної вугільнодобувної галузі.

Крім того, як показали результати проведених досліджень [4], при використанні пилоподібного вугільного палива, продукти його згоряння (попіл і шлак) є компонентами в'язучих мінералів, що містяться у цементному клінкері одержаному при обпалі шламу в цементних обертових печах. Причому, ці пилоподібні компоненти (попіл і шлак), вловлюються теплообмінними пристроями обертових печей які працюють по вологому способі виробництва цементу. Тому багато заводів з виробництва цементу вологим способом, запровадили і продовжують запроваджувати схеми використання в якості палива подрібненого пилу кам'яного вугілля, який подається в пальники обертових печей разом з певною частиною газу. Проте, підготовка пилу кам'яного вугілля потребує сучасної технологічної схеми помелу вугілля і вловлювання його пилу. Ось чому виникла задача оснащення технологічної схеми сучасним ефективним обладнанням. Отже, проблеми згадані у цій статті є актуальними, а їх вирішення може застосовуватися також у виробництві інших в'язучих матеріалів та пористих заповнювачів для бетонних і залізобетонних виробів, таких як керамзит, вермикуліт, аглопорит, цеоліт.

*Розв'язок поставленої задачі.* Через те, що продукти згоряння пилу кам'яного вугілля повністю зв'язуються в печах зі шламом цементного клінкеру, то їх винос за межі обертових печей майже відсутній і не потребує встановлення додаткових очисних споруд для очищення димових газів обертових печей. Необхідні лише очисні споруди на лінії помелу

кам'яного вугілля, з метою вловлювання вугільного пилу і подальшого його використання у вигляді пилоподібного палива.

Зважаючи на вищесказане, в статті запропонована, розрахована і обґрунтована технологічна схема очищення газового середовища від вугільного пилу ВАТ „Івано-Франківськцемент”, яка дозволяє створити екологічні умови для використання пилоподібного палива в обертових печах ВАТ „Івано-Франківськцемент” з метою одержання цементного клінкеру. Схема дозволяє створити сприятливу екологічну ситуацію в цехах помелу твердого палива, та обпалу цементного клінкеру в межах стандартів і норм охорони навколишнього середовища, значно знизити собівартість та покращити конкурентноспроможність цементу, який виробляється підприємством.

Запропоновану схему підготовки твердого палива можна використати також у теплових установках для варки гіпсу та в теплоенергетичних установках.

Використання пилоподібного вугільного палива дало змогу знизити енергетичні і теплові затрати на обпал клінкеру в обертових печах, використовуючи вугілля вітчизняних вугільних басейнів. Встановлення очисного обладнання на ділянках помелу кам'яного вугілля та після обертових печей, дозволило знизити викиди шкідливих речовин і пилу до норм, затверджених законодавством України.

На ВАТ „Івано-Франківськцемент” запроваджена система контролю та автоматизованого регулювання основних процесів цеху обпалу цементного клінкеру та ділянки помелу вугільного палива із його дозуванням у пальники обертових печей. Пилоочисне обладнання вітчизняних та зарубіжних виробників надійно охороняє навколишнє середовище від всіх типів забруднень, що утворюються на виробництві.

Схема дає змогу використовувати вугілля Донецького та Львівсько-Волинського вугільних басейнів для одержання вугільного пилоподібного палива у співвідношенні 50% на 50%, що є економічно вигідним для сучасного стану паливо-енергетичного комплексу України. Схема підготовки твердого пилоподібного палива на ВАТ „Івано-Франківськцемент” є такою.

Кускове вугілля, що поступає на підприємство залізничним транспортом, складується, потім грейдерним краном подається у бункер кускового вугілля. З метою виділення із кусків вугілля металевих предметів під бункером розміщений магнітний сепаратор, в якому проходить уловлювання металевих предметів і який одночасно транспортує кускове вугілля у млин, де його перемелюють та одночасно підсушують димовими газами за температури 187 °С. Продуктивність такого млина марки PFEIFFER AG [2], становить 15 т/годину. Для запобігання підвищення температури подрібненого матеріалу, у млин подається азот N<sub>2</sub>, під тиском 15 бар, який витісняє кисень і не запобігає самозагорянню подрібненого матеріалу.

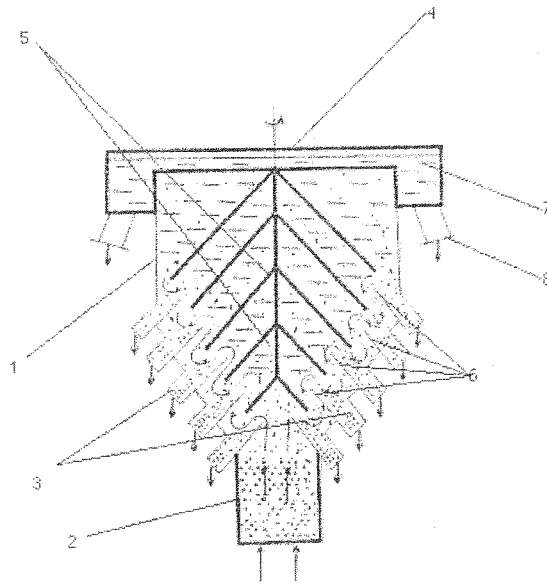
Для транспортування подрібненого пилоподібного палива в млин подається стиснене повітря під тиском 6 бар, яке транспортує його у пристрій [1], де відбувається виділення великих частинок вугілля розміром понад 5 мкм. Вловлені в запропонованому пристрої частинки повертаються на домел в млин.

Схема пристрою, який запропоновано встановити на технологічній лінії помелу кам'яного вугілля, наведена на рис. 1 [1].

Процес очищення в пристрої відбувається частково завдяки відцентровій силі, частково – силі земного тяжіння. Осідання твердих частинок в газовому середовищі підпорядковується принципово тим же закономірностям, що й осадження під дією сил тяжіння в крапельній рідині. Швидкість відстоювання за однакових умов пропорційна різниці густин частинок  $\rho_{тн}$  і газу  $\rho_g$ .

Враховуючи, що  $\rho_g$  на декілька порядків менша за густину крапельної рідини  $\rho_p$ , можна сказати, що швидкість очищення запилених газів в полі сили тяжіння буде значно вищою від швидкості відстоювання в крапельно-рідких середовищах.

Очищення газу відстоюванням є відносно малоефективним процесом, оскільки діючі сили в цьому випадку невеликі порівняно з відцентровими та іншими силами.



**Рис.1.** Схема пристрою для вловлювання і розділення сипучих матеріалів в потоці рідини або газу:

1 – циліндричний корпус; 2 – торцевий патрубок; 3 – патрубки відведення фракційного матеріалу; 4 – розділювач потоку; 5 – конічні вставки; 6 – поверхні перегородок; 7 – колектор; 8 – патрубок відведення сепарованої фази

Рух частинок пилу в пристрої, наведеному на рис.1, обумовлений в основному обертовим рухом потоку газу по напрямку до патрубків відведення, тому вплив сил тяжіння частинок має у цьому випадку значно менше значення.

Запилений газ поступає у пристрій тангенціально зі значною швидкістю, яка становить 20-30 м/с, через патрубок 2 у нижню частину корпусу 1 пристрою. В корпусі потік запиленого газу рухається вгору по спіралі вздовж внутрішньої поверхні конічних вставок 5 пристрою. При такому обертovому русі частинки пилу поступають в патрубки відведення фракційного матеріалу 3. Тут пил осаджується, а очищений газ піднімається вгору і видаляється через патрубок відведення сепарованої фази 8. Проміжне відведення вловленого пилу через патрубки 3 дозволяє значно підвищити ефективність очистки пилу в запропонованому пристрої. Після цього частково очищене повітря поступає у рукавний фільтр для повного очищення.

При очищенні фільтруванням газу пропускають крізь фільтрувальну тканину рукавного фільтра на поверхні якої затримується пил. В статті запропоновано частково очищене запилене середовище в пристрої, наведеному на рис.1, доочищувати в рукавному фільтрі типу ВЕГН [3, 4], продуктивністю 2600 м<sup>3</sup>/годину. Оскільки температура газового середовища на вході у фільтр становить 90 °С, то рукави фільтра виготовляють із лавсанової тканини, яка витримує температуру 197-212 °С. Аналогічно, як і в млин, в рукавний фільтр також передбачено подачу в аварійних ситуаціях стиснутого азоту під тиском 15 бар. Із рукавного фільтра через металеву трубу очищене газове середовище поступає завдяки вентилятору в навколишнє середовище.

Вловлений в пристрої і рукавному фільтрі пил вугілля подається в бункер меленого вугілля, де передбачена система аварійного захисту від самозапалювання і вибуху, шляхом подачі в аварійних ситуаціях стисненого азоту під тиском 15 бар і противибухові клапани на корпусі бункера.

Із бункера трьома системами подачі вловлений вугільний пил подається в пальники обертovих печей, де згоряє в суміші з природним газом у співвідношенні 2:1.

Для оцінки підвищення екологічної безпеки технологічної схеми підготовки пилу кам'яного вугілля запропонованими пилоочисними пристроями, нами в статті наведеній розрахунок можливостей цієї схеми виконати що умову при використанні пилоподібного вугільного палива і газу у співвідношенні 2:1, за схемою [4, 5].

Оскільки суміш газоподібна, то коефіцієнт  $F=1$ , для пилу  $F=2$ . Для рівнинного рельєфу місцевості коефіцієнт  $\eta = 1$ , для гористого рельєфу місцевості  $\eta = 2$ . Висота джерела викиду  $H = 99$  м при діаметрі гирла  $D_0 = 3,2$  м, швидкість викидів  $\omega_0 = 5$  м/с. Різниця температур  $\Delta T = 80$  °С, витрати забруднюючих речовин становлять:  $M_{\text{пилу}} = 27$  г/с;  $M_{\text{NO}_2} = 32$  г/с;  $M_{\text{SO}_2} = 15$  г/с. Коефіцієнти  $m = 0,87$  і  $n = 1$ .

Тоді сума відношень максимальних концентрацій до ГДК цих речовин, згідно з методикою наведеною в [4, 5], становить:

$$\frac{C_{\text{ш}}^n}{\text{ГДК}_{\text{ш}}^n} + \frac{C_{\text{ш}}^{\text{NO}_2}}{\text{ГДК}_{\text{ш}}^{\text{NO}_2}} + \frac{C_{\text{ш}}^{\text{SO}_2}}{\text{ГДК}_{\text{ш}}^{\text{SO}_2}} = \frac{0,052}{0,3} + \frac{0,031}{0,085} + \frac{0,014}{0,5} = 0,561 < 1 \quad (1)$$

Отже, згідно з наведеним розрахунком, підприємство ВАТ „Івано-Франківськцемент” при спалюванні суміші твердого і газоподібного палива не повинно встановлювати додаткові очисні споруди для вловлювання викидів пилу,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , тому що сумарне відношення цих шкідливих викидів до їх максимальної приземної концентрації, згідно з проведеним розрахунком (1), менше за одиницю, що додатково підтверджує оптимальний вибір очисного обладнання для підготовки, утилізації і спалювання суміші твердого і газоподібного палива.

Нові знання, нове обладнання, удосконалення виробничих процесів, постійна неперервна співпраця із зарубіжними спеціалістами, все це дозволяє ВАТ " Івано-Франківськцемент " розвиватися для покращення рівня задоволення потреб клієнтів, умов роботи персоналу та захисту навколишнього середовища, відповідно до сучасних вимог сталого економічного розвитку нашої держави. Наведена в статті конструкція принципово нового пристрою для вловлювання і розділення пилу кам'яного вугілля [1], сприяє виконанню вищевказаних завдань відповідно до сучасних вимог охорони довкілля [4, 5] .

### **Висновки**

1. Спалювання газоподібного палива із пилоподібним вугільним у співвідношенні 1:2 дає можливість отримати значну економію газоподібного палива при незначних витратах на очищення повітря від вугільного пилу, завдяки встановленню пристрою для вловлювання і розділення сипучих матеріалів, наведеному на рис.1.

2. Встановлення сучасних пристроїв для очищення запиленого повітря дозволяє зменшити енергетичні витрати на його подрібнення, утилізувати значну кількість твердого палива з наступним його спалюванням в обертових печах.

3. Розрахунок ефективності запропонованих очисних пристроїв показав, що спалювання в обертових печах твердого палива у суміші із газоподібним не потребує додаткового встановлення очисних споруд після обертових печей, що приносить значний економічний ефект підприємству.

4. Наведене в статті принципово нове технологічне обладнання, дозволяє підприємству економити значні матеріальні та енергетичні витрати, сировинні матеріали та значно покращити рівень екологічної безпеки цеху підготовки твердого палива, що і підтверджено Декларційним патентом на корисну модель [1].

### **Список літератури:**

1. Декларційний патент на корисну модель № 26750. Україна. МПК В07В – 4/06(2007.01). Пристрій для вловлювання і розділення сипучих матеріалів в потоці рідини або газу / М.Ф. Юрим, Опубл. 10.10.2007, Бюл. №16. – 2 с.

2. Кузнецов И.Е., Шмат К.И., Кузнецов С.И. Оборудование для санитарной очистки газов / И. Е. Кузнецов, К. И. Шмат, С. И. Кузнецов. – К.: Техника, 1989. – 344 с.

3. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе / Н. Ф. Тищенко. – М.: Химия, 1991. – 368 с.

4. ДСТУ ISO 14001-97. Системи управління навколишнім середовищем. – К.: Держстандарт України, 1998. – 194 с.

5. ДСТУ ISO 14004-97. Наставови щодо здійснення екологічного аудиту. – К.: Держстандарт України, 1998. – 172 с.

*Л.О. Нагирняк, Н.Ф. Юрым, канд. техн. наук, доцент  
(Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности)*

### ЕКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА

В статье приведена схема использования твердого топлива во вращающихся печах цементных производств и результаты его практического использования для уменьшения потребления импортного газообразного топлива. Показано преимущество предложенного метода очистки загрязненного каменноугольной пылью воздуха с последующей утилизацией вловленной пыли и ее дальнейшим использованием в горелках вращающихся печей. Результаты приведенные в статье могут иметь теоретическое и практическое использование в промышленном производстве цементного клинкера. Приведена конструкция устройства для влавливания и разделения сыпучих материалов в потоке жидкости или газа, новизна которой защищена Декларационным патентом на полезную модель и проведен расчет его экологической и экономической эффективности.

**Ключевые слова:** пылевидное твердое топливо, устройство для влавливания и разделения сыпучих материалов, вращающиеся печи, горелки вращающихся печей, клинкер, ружьявые фильтры, ГДК вредных веществ, максимальная приземная концентрация.

*L.O. Nahirniak, M.F. Yurym, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor  
(Lviv State University of Vital Activity Safety)*

### ECOLOGICAL ISSUES OF FOSSIL FUEL USE IN CEMENT INDUSTRY

The article provides a scheme of fossil fuel use in rotor furnace in cement industry and results of its practical application with the aim to lessen consumption of imported gas fuel. The article outlines advantages of the proposed purification method of air polluted by coal dust with its further utilisation in rotor furnace burners. Results provided in the article can be applied theoretically in the industrial production of cement clinker.

**Key words:** fossil fuel, rotor furnaces, rotor furnace burners, clinker, cyclones, bag filter, electrical filter

