

УДК 694.328

С.В. Мінка, Н.М. Єршова

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків*

## **ЕКОЛОГІЧНИЙ ЗАХИСТ ТЕРИТОРІЙ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛОШЛАКІВ ТЕС У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОНУ**

*У даній статті розглянути шляхи використання золошлаків у технології залізобетону, внаслідок чого може зменшитись хімічне забруднення території поблизу теплових електростанцій України, що повинно сприяти покращенню стану здоров'я населення. Розглянут механізм взаємодії відходів ТЕС з мінералами в'язучого. В роботі досліджені технологічні та механічні властивості бетону з домішками подрібненого золошлаку. Розглянута конструкція млина для механічної активації золошлаку, досліджені особливості технологічного режиму подрібнення. Встановлено, що подрібнені золошлакові відходи при теплової обробці будівельних виробів, забезпечують підвищену міцність на 18...48% через 24 години твердіння з моменту виготовлення.*

**Ключові слова:** *технологія залізобетону, золошлаки ТЕС, міцність бетону на стиск, екологічний захист територій, подрібнення золошлаків, конусна інерційна дробарка.*

### **Вступ**

Золошлаки гідровіддалення ТЕС з'являються при виробництві електроенергії тепловими електростанціями, що працюють на вугіллі. Накопичення цих відходів поблизу ТЕС сприяє погіршенню екологіч-

ного стану територій, забрудненню ґрунтів та атмосферного повітря важкими металами, дрібним пилом, що призводить до погіршення стану здоров'я населення. Золошлаки ТЕС мають багато країн світу, тому можливості їх використання досліджуються

вченими багатьох науково-дослідницьких центрів.

Досвід нашої країни свідчить, що одним із шляхів використання золошлакових відходів є їх включення до складу важкого бетону. Вироби з бетону, що містять золошлаки потребують досліджень на міцність та витривалість, тому що кожна ТЕС в залежності від виду вугілля дає золошлаки певного хімічного складу.

В даній роботі досліджувалась можливість використання подрібненого золошлаку гідровіддалення Зміївської ТЕС Харківської області. В сучасних умовах нестачі енергоносіїв та природних ресурсів, враховуючи важливість екологічного захисту територій, розробка технології отримання будівельних виробів з активованими золошлаками є актуальною задачею.

Незважаючи на те, що питанням використання золошлаків присвячено багато досліджень, обсяг їх використання залишається незначним. Роботи багатьох вчених [1] свідчать, що хімічний склад золошлакових відходів представлений оксидами  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  з незначними домішками  $\text{MgO}$ ;  $\text{CaO}$ ;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , частинками карбідів металів, частинками коксу, незгорілими частинками вугілля. Сучасні дослідження свідчать, що аморфний кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ), який з'являється в золошлаковій суміші у процесі горіння, здатен зв'язувати вільний гідроксид кальцію, який утворюється внаслідок гідратації мінералів цементу [2]. Результатом їх взаємодії є гідросилікати кальцію, що сприяють підвищенню міцності будівельних конструкцій.

Для успішного проведення реакції взаємодії аморфного кремнезему з гідроксидом кальцію будівельні вироби необхідно прогрівати тривалий час при температурах 70...90 °С. Дослідження вчених [3] свідчать, що сушка та наступне подрібнення золошлаків значно збільшує їх хімічну активність у складі бетонної суміші. У наших дослідженнях подрібнення відходів здійснювалось за допомогою конусної інерційної дробарки, спеціально розробленої з урахуванням особливостей золошлакових відходів.

**Мета статті** – вивчити можливість використання подрібненого золошлаку гідровіддалення Зміївської ТЕС Харківської області для виготовлення збірного залізобетону та дослідження фізико-механічних властивостей таких бетонів. Розробка та випробування конструкції конусної інерційної дробарки для механічної активації золошлаку. Вибір оптимального технологічного режиму подрібнення відходів.

## Результати досліджень

Подрібнення золошлакових відходів може здійснюватися за допомогою млинів різноманітної

конструкції [4]. Але для ефективного подрібнення необхідно врахувати індивідуальні особливості подрібнюваного матеріалу та вибрати оптимальний технологічний режим подрібнення. У наших дослідженнях подрібнення відходів здійснювалось за допомогою лабораторної конусної інерційної дробарки. Розроблена конструкція враховує можливість потрапляння разом з відходами металевих часток, каміння, інших домішок, та дозволяє здійснювати подрібнення без зупинки дробарки. Габаритні розміри дробарки 1,0×0,5×1,1 м, потужність електродвигуна 4 кВт, продуктивність 0,2 т/ч. Подрібнення золошлаків забезпечується за рахунок того, що інерційна дробарка, що містить корпус із первинною камерою дроблення, та розташоване всередині нього порожнє тіло, що меле, утворює з корпусом камеру вторинного дроблення з паралельними робочими поверхнями й розвантажувальною щілиною. Дробарка має також дебалансний привід, неврівноважений вантаж якого закріплений у порожнині тіла, що меле, на його валу. Мелюче тіло виконане у вигляді зворотного усіченого конуса, порожнина якого відкрита з боку камери первинного дроблення, а неврівноважений вантаж дебалансного приводу виконаний у виді ударної лопати.

З метою підвищення однорідності фракційного складу готового продукту інерційна дробарка обладнана витяжним вентилятором, лопаті якого закріплені на валу під розвантажувальною щілиною.

На рис. 1 показана інерційна дробарка, поздовжній розріз.

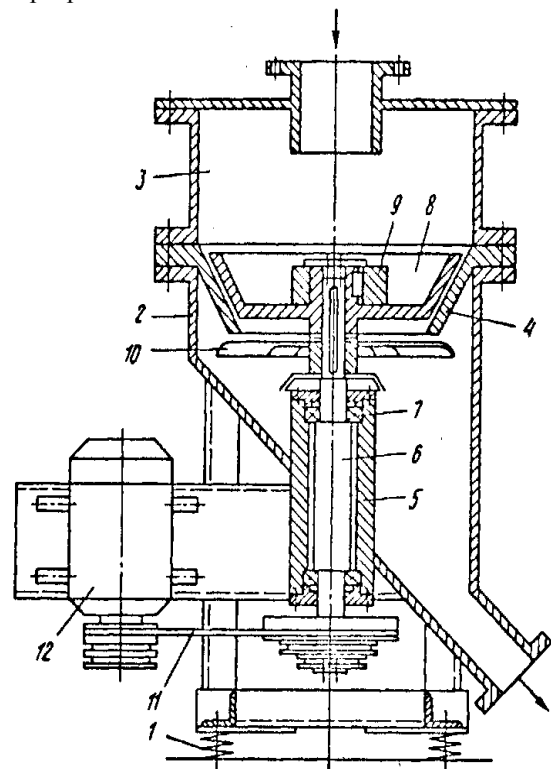


Рис. 1. Конусна інерційна дробарка

Дробарка містить установлений на амортизаторах 1 корпус 2 з камерою первинного дроблення 3, зовнішнім конусом 4, пиленепроникаємий циліндр 5, у якому на валу 6, закріпленому за допомогою підшипників 7, установлене внутрішнє тіло, що меле, виконане у вигляді зворотного порожнього усіченого конуса 8, порожнина якого відкрита з боку камери первинного дроблення.

Неврівноважений вантаж 9 дебалансного приводу виконаний у вигляді ударної лопаті, закріпленої на валу 6. Утворена конусами 4 й 8 камера вторинного дроблення має паралельні робочі поверхні й розвантажувальну щілину, під якою розміщений витяжний вентилятор 10, лопаті якого закріплені на валу 6. Останній за допомогою трансмісії 11 з'єднаний з електродвигуном 12.

Дробарка працює таким чином. Електродвигун 12 через трансмісію 11 приводить в обертання вал 6, а дебалансний вібратор 9 змушує конус 8 робити гираціонний рух щодо центра зовнішнього конуса 4.

Золошлакові відходи, надходячи зверху в дробарку, попадають на обертовий дебалансний вібратор 9, руйнується під дією відцентрової сили, ударяючись об вертикальну й горизонтальну стінки первинної камери дроблення 3, при цьому відбувається його здрибнювання.

Якщо з золошлаковими відходами потрапляють металеві частки, каміння, інші домішки, вони починають циркулювати в первинній камері дроблення 3. При цьому вони можуть виконувати роль подрібнюючих тіл, при цьому їх присутність не заважає роботі дробарки.

Далі, попередньо роздрібнений золошлак повітряним потоком, що створює вентилятор 10, подається в зазор між паралельними робочими поверхнями зовнішнього й порожнього конуса й при зближенні останніх відбувається його остаточне подрібнювання. Отримання з неоднорідного по складу вихідного матеріалу, однорідного дисперсного готового

продукту, забезпечується за рахунок інтенсивного руйнування великих частинок золошлаку ТЕС при ударі по них дебалансного вібратора, жорстко встановленого в чаші внутрішнього конуса.

Тобто, дебалансний вібратор відіграє роль била або молотка, що сприяє попередньому подрібнюванню великих (більше 2...3 мм) часток шлаків.

Крім цього, одержанню однорідного дисперсного продукту сприяє паралельність поверхонь внутрішнього й зовнішнього конуса й те, що підстава внутрішнього конуса спрямовано убік камери первинного дроблення.

Це дозволяє повернути на повторне подрібнювання в первинну камеру дроблення частки з розмірами більшими, ніж розмір паралельного зазору між конусами, за рахунок різниці лінійних швидкостей, що збільшуються по абсолютній величині по підставі конуса. Використання запропонованої дробарки дозволяє з неоднорідного золошлака гідровидалення одержати речовину приблизно одного гранулометричного складу.

Дослідження властивостей подрібненого золошлаку проводилося на бетонній суміші класу В30 з водоцементним відношенням 0,5 та співвідношенням компонентів бетонної суміші відповідно Ц:П:Щ = 1:1,6:3,22. Марка легкоукладальності бетонної суміші Р1 (ОК = 3...4 см) була однаковою для усіх составів бетону. Для отримання зразків кубиків 10×10×10 см, що досліджувалися, використовували цемент ПЦ-I-400-Н, пісок з модулем крупності 2,2; щебінь гранітний фракції 5...10 мм. Суха золошлакова суміш фракції 0,01...20 мм подрібнювалася у конусної інерційної дробарки, далі просіювалася крізь сито 0,08 мм, та додавалася у відповідні склади бетону, як домішка до в'язучого, або як домішка до піску. Виготовлені зразки бетону прогрівали у пропарочній камері за режимом 3+3+8+2 ч при  $t^0 = 80$  °С. Результати досліджень міцності бетонних зразків на стиск наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Результати досліджень міцності бетонних зразків на стиск

№	Склад бетону	$R_{сж}$ (МПа) 1 доба після ТВО	Приріст міцності на стиск у порівнянні з контрольним складом (%)	$R_{сж}$ (МПа) 28 доба після ТВО	Приріст міцності на стиск у порівнянні з контрольним складом (%)
1	Контрольний без подрібненого золошлака	32,4	–	39,5	–
2	12% піску замінили подрібненим золошлаком	47,95	48	50,16	27
3	20 % в'язучого замінили подрібненим золошлаком	34,02	5	40,4	2,5
4	20% в'язучого та 7% піску замінили подрібненим золошлаком	38,23	18	47,80	21
5	30% в'язучого замінили подрібненим золошлаком	28,83	–11	30,81	–22

Аналіз даних табл. 1 свідчить, що подрібнення золошлаків дозволяє зменшити витрату цементу на 20% без зменшення міцності на стиск (склад 2). Додаток подрібненого золошлака замість 7% піску дозволяє підвищити міцність бетону, що досліджується, (склад 3) одразу після пропарювання й на 28 добу відповідно на 18% та 21%.

У випадку незмінної витрати в'язучого, домішка активованої золи замість 12% піску дозволяє значно покращити міцність бетону на 48% одразу після пропарювання, та на 27% у віці 28 діб.

Отримані результати можуть бути у подальшому основою для технологій отримання фундаментних блоків, тротуарної плитки та іншої будівельної продукції. У подальшому необхідно дослідити морозостійкість та водонепроникність бетонів з добавкою подрібненого золошлаку.

Випробування лабораторної конусної інерційної дробарки, показало, що зола подрібнюється у зазорі між конусами досить швидко, у той час, як частинки шлаку потребують на подрібнення більшого часу.

Встановлено, що частинки шлаку більш ефективно подрібнювати не за рахунок повільного удару у первинній камері 3, а в умовах стиснутого удару між конусами. При цьому поверхня конусів нагрівається, що потребує поліпшення системи охолодження дробарки.

### Висновки

1. Активація золошлаків Зміївської ТЕС шляхом подрібнення у лабораторної конусної інерційної дробарки дозволяє зменшити витрату цементу для пропареного залізобетону на 20%, або здатна підвищити міцність бетону на стиск до 30...40%.

2. Розроблена та досліджена конструкція лабораторної конусної інерційної дробарки, яка забезпечує подрібнення сухої золошлакової суміші фракції 0,01...20 мм. Розроблена конструкція враховує можливість потрапляння разом з відходами металевих часток, каміння, інших домішок, та дозволяє здійснювати подрібнення без зупинки дробарки.

3. Впровадженню у виробництво залізобетонних виробів золошлаків ТЕС заважає необхідність утворення технологічної лінії, яка повинна забезпечити сушку золошлаку та його механічну активацію, а також значні коливання хімічного складу золошлакових відходів.

4. Використання активованих золошлаків в технології збірного залізобетону дозволить зменшити обсяг відходів біля теплових електростанцій України, що призведе до зменшення забруднення довкілля та надасть змогу користуватися очищеними земельними площами.

### Список літератури

1. Дорожно-строительные материалы / И.М. Грушко, И.В. Королев, И.М. Борц, Г.М. Мищенко. – М.: Транспорт, 1991. – 357 с.
2. Будівельне матеріалознавство / П.В. Кривенко та ін.; за ред. П.В. Кривенка. – К.: Тов УВПК «Екс Об», 2004. – 704 с.
3. Сергеев А.М. Использование в строительстве отходов энергетической промышленности / А.М. Сергеев. – К.: Будівельник, 1984. – 120 с.
4. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности / П.М. Сиденко. – М.: Химия, 1968. – 455 с.

Надійшла до редколегії 27.03.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.П. Кожушко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВ ТЭС В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

С.В. Минка, Н.М. Ершова

*В данной статье рассмотрены пути использования золошлаков в технологии железобетона, вследствие чего может уменьшиться химическое загрязнение территорий около тепловых электростанций Украины, что должно содействовать улучшению состояния здоровья населения. Рассмотрен механизм взаимодействия отходов ТЭС с минералами вяжущего. В работе исследованы технологические и механические свойства бетона с примесями измельченного золошлака. Рассмотрена конструкция мельницы для механической активации золошлака, исследованы особенности технологического режима измельчения. Установлено, что измельченные золошлаки при тепловой обработке строительных изделий, обеспечивают повышение прочности на 18-48 % через 24 часа твердения с момента изготовления.*

**Ключевые слова:** технология железобетона, золошлаки ТЭС, прочность бетона на сжатие, экологическая защита территорий, измельчение золошлаков, конусная инерционная дробилка.

## ECOLOGICAL PROTECTION OF THE TERRITORY BY USING ASHES IN THE HEAT STATION TECHNOLOGY OF PRODUCING REINFORCED CONCRETE

S.V. Minka, N.M. Ershova

*In this article the ways of using ash in reinforced concrete are considered, which may impair the chemical dirtiness of the territories near the heat stations of Ukraine leading the improvement of the nations' health. A mechanism of interaction of heat station waste products with minerals of cement is considered. In the article technological and mechanical characteristics of concrete with addition of grind ash have been researched. There was examined a construction of a mill for mechanical activation of ashes, also, the peculiarity of technological regime of grinding was examined. It is stated, that grinded ashes after heat treatment of building materials, provide the rise of durability to 18...48% after 24 hours of hardening starting from the moment of manufacturing.*

**Keywords:** technology of reinforced concrete, ashes of heat station, endurance of concrete compression, ecological security of territories, grinding of ashes, cone time lag mill.