

УДК 625.852

Мозговий В.В., д-р техн. наук

ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЗОЛОШЛАКОВИХ СУМІШЕЙ В ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

Анотація. У статті розглянуто питання утилізації відходів ТЕЦ шляхом використання останніх в якості будівельних матеріалів для дорожнього будівництва. Показана можливість використання золошлакових сумішей ТЕС в якості дрібних та крупних заповнювачів у різноманітних розчинах та сумішах загально-будівельного та дорожнього призначення. а також при влаштуванні неукріплених та укріплених щебневих і гравійних шарів основ дорожніх одягів. Крім того як компоненти в'язучого золошлакові суміші також можуть бути використані у виготовленні шлаколужних цементів на заміну традиційного портландцементу.

Об'єкт дослідження – золошлакові суміші.

Мета роботи – утилізація відходів ТЕЦ шляхом застосування їх в дорожньому будівництві.

Ключові слова: утилізація, золошлакові відходи тец, дорожнє будівництво

УДК 625.852

Мозговой В.В., д-р техн. наук

ТЕХНОЛОГИИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы утилизации отходов ТЭЦ путем использования последних в качестве строительных материалов для дорожного строительства. Показана возможность использования золошлаковых смесей ТЭС в качестве мелких и крупных заполнителей в различных растворах и смесях общестроительного и дорожного назначения. а также при устройстве

неукрепленных и укрепленных щебеночных и гравийных слоев оснований дорожных одежд. Кроме того, как компоненты вяжущего золошлаковые смеси также могут быть использованы в изготовлении шлакощелочных цементов на замену традиционного портландцемента.

Объект исследования - золошлаковые смеси.

Цель работы - утилизация отходов ТЭЦ путем применения их в дорожном строительстве.

Методы исследования - аналитико-экспериментальные.

Ключевые слова: утилизация, золошлаковые отходы тэц, дорожное строительство

UDC 625.852

Mozhovi V., Dr. Tech. Sci.

WASTE ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY IN APPLYING SLAG MIXTURES IN ROAD CONSTRUCTION

Abstract. The article deals with questions by using CHP past as building materials for road construction. The possibility of using mixtures of TPP ash as fine and coarse aggregate in different solutions and mixtures general construction and road use. and when the device unfortified and fortified crushed stone and gravel layers foundations pavements. Also as components zoloshlakovi binder mixture can also be used in the manufacture of cement shlakoluzhnyh to replace traditional Portland cement.

The object of study – ash slag mixture.

Purpose - utilization CHP waste management through their use in road construction.

Research methods - analytical and experimental.

Keywords: utilization, ash slag mixture WASTE of CHP road construction

Багаторічна енергетично-сировинна спеціалізація, а також низький технологічний рівень промисловості України поставили її в число країн з найбільш високими абсолютними обсягами утворення та накопичення відходів. Основу енергетики України сьогодні складають теплові електростанції (ТЕС) на органічному паливі, що забезпечують 75–80 % усього виробництва електроенергії [1].

Розвиток теплової енергетики прогнозується з переважним використанням вугілля, частка якого в у 2030 році в паливному балансі становитиме 85,1 %. У процесі спалювання вугілля для виробництва тепло- і електроенергії утворюється значна кількість золи та шлаків. На території України нараховується 25 потужних теплоелектростанцій та значна кількість котелень, теплоцентралей і інших підприємств цієї галузі. Протягом року вони продукують близько 30 млн. т золошлакових відходів, котрі складають для країни значну екологічну проблему. [2].

Золошлакові відвали на більшості електростанцій переповнені. Якщо не опікуватись цією проблемою – такі електростанції доведеться у найближчі роки зупиняти і виводити з енергосистеми. Подальше розміщення відходів потребує будівництва нових, або розширення існуючих золовідвалів, що в свою чергу призводить до відчуження значних територій та забруднення навколишнього середовища [3 – 7]. Аналіз сучасних досліджень свідчить, що на території санітарно-захисної зони золовідвалів рівень ушкодженості біосистем оцінюється як «вище середнього», а екологічна ситуація характеризується як «незадовільна» [3].

Відомо, що в Україні золошлаків утилізується і використовується лише близько 10 %, тобто 2,5 млн. т/рік, а 22,5 млн. тонн щорічно розміщується в золовідвалах ТЕС на додаток до накопичених раніше 1,5 млрд. тонн. Для порівняння: у Німеччині та Данії застосування ЗШВ у виробництві будівельних матеріалів досягло практично 100 % їх річного виходу, при цьому в Німеччині взагалі заборонено мати золошлакові відвали. До 50–70 % річного виходу ЗШВ використовують в США, Великобританії, Польщі, Китаї [2,8].

У числі головних причин, які визначають низький рівень утилізації ЗШВ і стримують подальше підвищення рівня їх використання до середньоєвропейського, є відсутність в країні технічної політики та системного підходу при вирішенні зазначеної проблеми і, отже, відсутність економічної зацікавленості галузей народного господарства. Утилізація золи і шлаків вимагає вирішення цілого комплексу питань – від розробки технічних умов на їх застосування, технологічних ліній з їх переробки, транспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів – до перебудови психології господарників відносно використання вторинних мінеральних ресурсів [2,9].

Фахівці, які займаються проблемою золошлакових відходів, вважають, що основна мета енергетики – не переробка всього їх обсягу, а створення

об'єктивних умов для максимального використання в процесі виробництва товарної продукції, в тому числі і на власних виробництвах [2,6 – 11]. Вони вважають, що для успішного вирішення проблеми утилізації золошлаків і нанесення мінімального екологічного збитку навколишньому середовищу при створенні і модернізації систем ЗШВ насамперед необхідно дотримуватися такі основні принципи: – роздільне видалення золи та шлаку; – можливість 100 %-го збору та відвантаження сухої золи; – екологічно прийнятні способи розміщення незатребуваної частини сухої золи і шлаків (грануляція, заповнення гірничих виробок і кар'єрів та ін.); – вдосконалення обладнання і схемних рішень окремих вузлів, установок та системи ЗШВ; – максимальна механізація і автоматизація технологічних процесів. Використання великотоннажних твердих відходів промисловості є великий державним завданням, що вирішує питання пріоритетів подальшого розвитку національної економіки та охорони навколишнього середовища, і має на меті : – підвищення ефективності використання матеріальних і енергетичних ресурсів; – зменшення техногенного впливу і його наслідків на навколишнє середовище і поліпшення екологічної обстановки; – вишукування можливостей використання відходів як сировини для різних галузей.

Одним із найбільших споживачів золошлакових сумішей може стати дорожнє будівництво [2, 6 – 11].

Загальновідомо що при будівництві автомобільних доріг більше 60 % їх вартості складає вартість ґрунту для зведення земляного полотна та дорожно-будівельних матеріалів для влаштування дорожнього одягу. Зменшення потреби в цих матеріалах, а особливо найбільш дорогих і дефіцитних, та підвищення ефективності їх використання – одна з найбільш актуальних проблем, від вирішення якої залежить науково-технічний прогрес в дорожній галузі.

Задача економії привізних інертних та традиційних дефіцитних в'язучих матеріалів може бути вирішена завдяки використанню вторинних ресурсів і втому числі – золошлакових відходів, які можна використовувати в якості як дорожно-будівельних матеріалів, так і вихідних продуктів для їх виготовлення.

Ще за часів СРСР були проведені обширні дослідження 70-і та 80-і роки минулого століття та розроблені узагальнюючі методичні рекомендації з визначення раціональної відстані перевезення золошлакових відходів при будівництві автомобільних доріг в залежності від конструкції дорожнього одягу, складу сумішей дорожно-будівельних матеріалів в базовому та новому

варіантах будівництва, цін на матеріали, виду транспорту для перевезення [12]. Вони основані на узагальнених результатах досліджень СоюздорНДІ та його філій: ГіпродорНДІ, ДерждорНДІ та ряду інших науково-дослідних організацій. Про позитивні результати застосування золошлакових відходів у дорожньому будівництві свідчить значна кількість публікацій. Вони свідчать про наступне.

При будівництві автомобільних доріг золи виносу сухого відбору використовують в якості активної гідравлічної домішки разом з цементом або вапном, а також, як самостійне повільно твердіюче в'язуче для влаштування шарів основи і покриття із укріплених ґрунтів та відходів, що отримують при дробленні кам'яних матеріалів.

Золо-шлакові суміші використовують в якості матеріалу для спорудження насипів земляного полотна або малоактивної гідравлічної добавки у поєднанні з цементом при укріпленні ґрунтів на дорогах III-IV категорій.

Критерієм придатності золо-шлакової суміші для спорудження земляного полотна вважають її морозостійкість.

Всі відходи в залежності від складу поділяються на три групи: активні, скритно активні та інертні. В межах цих груп вони розподілені за формою вмісту кальцію оксиду: загальний, вільний, зв'язаний в сульфати та такий що входить у склад клінкерних матеріалів.

До першої групи віднесені матеріали, які характеризуються загальним вмістом оксиду кальцію від 20 до 60 % та вільного оксиду кальцію до 30 %. Ці золошлаки мають властивості самостійного твердіння та можуть використовуватись як самостійний в'язучий матеріал.

До другої групи відносяться золо-шлакові суміші із загальним вмістом оксиду кальцію від 5 до 20 %, вільного оксиду кальцію не більше 2 % и модулем основності не більше 5. Вони використовуються в якості комплексних в'язучих матеріалів з активаторами.

В третю групу віднесені золошлакові суміші, що характеризуються високим вмістом кремнію і алюмінію та низьким – оксидів кальцію і магнію. Вільного оксиду кальцію, що є активатором процесу твердіння в таких сумішах може не бути зовсім, а максимальний його вміст не перевищує 1 %. У зв'язку з цим такі суміші використовують, в основному, як інертний матеріал (техногенні ґрунти).

Золошлакові відходи першої групи (активні), що здатні до самостійного твердіння, можна використовувати замість цементу для влаштування шарів основ із укріплених ґрунтів та місцевих маломіцних кам'яних матеріалів.

Здатність до самостійного твердіння має тільки зола виносу сухого відбору. Її називають самостійним повільно твердіючим в'язучим матеріалом.

Матеріали другої групи (скритно активні) можна використовувати для тих же цілей разом з цементом або в якості добавки до цементу для його економії.

Щодо найбільш розповсюдженої третьої групи (інертних), то вони як техногенний ґрунт можуть бути матеріалом для спорудження земляного полотна, а також для влаштування основ, або у суміші з піском, укріплених цементом. Дослідження показали, якщо ці матеріали, включаючи золи виносу сухого вловлювання, не можуть бути самостійними в'язучими матеріалами при влаштуванні шарів основи із укріплених ґрунтів. Однак в сумішах з цементом або піском і цементом виявляють в процесі твердіння гідравлічну активність. З цієї точки зору їх можна віднести до матеріалів другої групи, хоч вони і не вміщують оксиду кальцію.

Дані про зерновий та хімічний склад відвальних золо-шлакових сумішей гідро видалення показують, що зерновий склад їх неоднорідний. За хімічним складом такі суміші відносяться до інертних. В них знаходяться переважно оксиди кремнію, алюмінію та заліза, а вміст оксидів кальцію і магнію настільки незначний, що модуль основності не перевищує 0,21. Це дозволяє розглядати такі суміші як техногенні ґрунти.

Таким чином вітчизняний та зарубіжний досвід використання золошлакових сумішей в дорожньому будівництві свідчить про наступне.

Зола сухого відбору:

- повітльнотвердіюче самостійне в'язуче для влаштування шарів основ дорожніх одягів із укріплених ґрунтів та кам'яних матеріалів;
- активна гідравлічна добавка у поєднанні з неорганічними в'язучими (цементом або вапном) для влаштування шарів основ;
- активна гідравлічна добавка у поєднанні з бітумними або полімер бітумними в'язучими;
- складова частина мінерального порошку або для його заміни при приготуванні асфальтобетонної суміші;
- добавка замість частини цементу и заповнювача при приготуванні бетонів і розчинів.

Відвальні зола шлакові суміші гідровидалення:

- техногенний ґрунт для влаштування дорожніх насипів;
- матеріал, укріплений цементом або іншими в'язучими, для влаштування шарів основ і додаткових шарів основ дорожніх одягів;
- малоактивна гідравлічна добавка до вапна для приготування зола вапняних в'язучих при укріпленні ґрунтів та кам'яних матеріалів;
- на заміну мінерального порошку і частково піску при приготуванні асфальтобетону;
- заповнювач для виготовлення важкого піщаного бетону.

На даний час існує ряд нормативних документів, які регламентують можливість застосування зола-шлакових відходів у дорожньому будівництві.

Так для використання в якості ґрунту земляного полотна автомобільних доріг необхідно дотримуватись вимог ДБН В.2.3-4 [12], які передбачають застосовувати ґрунти за класифікацією, що відповідає ДСТУ Б В.2.1-2 [13]. Згідно цієї класифікації золошлакові суміші ТЕС відносяться до IV класу – **техногенних дисперсних ґрунтів**, до типу – **відходи виробничої та господарської діяльності**, до виду – **золошлаки**. Золошлакові суміші ТЕС можуть використовуватись як самостійно, так і як гранулометричні домішки до ґрунту для оптимізації його зернового складу. Це дає можливість для кожного конкретного об'єкту використовувати золошлакові суміші після отримання технологічних та фізико-механічних характеристик: оптимальної вологості, максимальної щільності скелету ґрунту, пористості, дійсної щільності, коефіцієнту фільтрації, міцнісних характеристик (кут внутрішнього тертя, питоме зчеплення), деформативних характеристик (модуль пружності, модуль деформації, коефіцієнт поперечної деформації) та інші.

Для використання при влаштуванні шарів дорожніх одягів з ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами необхідно, щоб золошлакові суміші ТЕС відповідали вимогам ВБН В.2.3-218-541 [14]. Крім того золошлакові суміші також можуть бути використані, як компонент шлаколужного в'язучого при укріпленні ґрунтів на заміну традиційного портландцементу, при умові відповідного проектування та підбору рецепту таких матеріалів [15].

Золошлакові суміші ТЕС можуть бути застосовані, як дрібні заповнювачі та крупні заповнювачі, що відповідаючи вимогам ДСТУ Б В.2.7-29 [16] та ДСТУ Б В.2.7-74 [17] до дрібних та крупних заповнювачів із відходів промисловості у різноманітних розчинах та сумішах загально-будівельного та дорожнього

призначення. Зокрема при виготовленні бетонних сумішей у відповідності з вимогами ДСТУ Б В.2.7-211, а також при влаштуванні неукріплених та укріплених щебених і гравійних шарів основ дорожніх одягів у відповідності з ВБН В.2.3-218-189 [18]. Крім того як компоненти в'язучого золошлакові суміші також можуть бути використані у виготовленні шлаколуужних цементів на заміну традиційного портландцементу. З цією метою потрібно здійснити всі необхідні стандартні процедури проектування і підбору рецептів вказаних вище матеріалів, виконуючи необхідні лабораторні випробування.

Золошлакові суміші ТЕС також можуть бути застосовані, як мінеральні компоненти бітумо-мінеральних сумішей, як холодних так і гарячих при дотриманні вимог ТУУ В.2.7-45.2-00018112-239 [19]. Такі бітумо-мінеральні суміші можуть бути використані, як при влаштуванні шарів основи, так і шарів покриття місцевих доріг при їх будівництві і реконструкції, а також капітального та поточного ремонту автомобільних доріг загального користування в усіх дорожньо-кліматичних зонах України згідно з ДБН В.2.3-4 [12].

При дотриманні вимог СОУ 42.1-37641918-104 [20] золи-виносу та суміші золошлакові теплових електростанцій можуть бути застосовані для таких видів робіт.

Зола як складова в залежності від виду може застосовуватись при приготуванні цементобетонних сумішей для основи конструкцій дорожнього одягу жорсткого типу і для щебенево-піщаних та гравійно-піщаних сумішей укріплених цементом.

Суміші золошлакові І групи призначаються для влаштування додаткових шарів основи дорожнього одягу (дренуючих та морозозахисних шарів), а також як складова суміші щебенево-піщаної або суміші ґрунтової. Золошлакові суміші цієї групи, укріплені неорганічними в'язучими, придатні для будівництва основи дорожнього одягу.

Суміші золошлакові ІІ групи можуть бути використані для будівництва основ тільки спільно з добавкою не менше ніж 50 % щебеню або після їх укріплення неорганічними в'язучими.

Суміші золошлакові ІІІ групи можуть бути використані спільно з вапном або цементом для укріплення крупно-уламкових сумішей або незв'язних ґрунтів.

Суміші золошлакові І-ІІІ групи можуть застосовуватись для будівництва насипів земляного полотна згідно з ДБН В.2.3-4 [12], ВБН 2.3-218-171 [21].

Крім того є потенційна можливість на основі додаткових досліджень розробити рекомендації по більш ефективному використанні золошлаків ТЕС в матеріалах для здійснення ямкового ремонту, особливо, для несприятливих умов згідно з ВБН В. 3.2-218-542 [22], а також при виконанні робіт по влаштуванні шарів основи автомобільних доріг методом холодного ресайклінгу згідно з ВБН В.2.3-218-539 [23] і роботах, що ще непередбачені чинними нормативними документами.

Література

1. Хлопицький О.О. Перспективи розвитку переробки твердих шлакових відходів теплових електростанцій у готові продукти [Текст] / О.О. Хлопицький, Н. П. Макарченко // Праці Одеського політехнічного університету. – 2013. – № 3 (42). – С. 91–93.
2. Хлопицький О.О. Стан, проблеми та перспективи переробки золошлакових відходів теплоелектростанцій України // Scientific Journal «ScienceRise». – 2014). – №4/2(4)). – http://cyberleninka.ru/viewer_images/15692275/p/1.png.
3. Кутовий, В. О. Золовідвали електростанцій як джерело забруднення довкілля [Текст] / В. О. Кутовий, М. В. Коновальчик, Н. П. Канюк // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – 2006. – № 1(2). – С. 90–94.
4. Черенцова, А.А. Оценка влияния золоотвала Хабаровской ТЭЦ-3 на компоненты окружающей среды [Текст] / А.А. Черенцова // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ». – 2012. – Том 3. – № 1. – С. 29-42.
5. Бариева, Э.Р. Оценка экологической опасности золошлаковых отходов Казанской ТЭЦ-2 [Текст] / Э.Р. Бариева, Э.А. Королев, Н.Х. Галимуллина и др. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2008. – № 5-6. – С. 108-111.
6. Проблема золовідвалу. – 2016. – <http://ukrainka.org/community/problema-zolovidvalu.html>.
7. А.І. Горова, А.В. Павличенко А.І. Горова, А.В. Павличенко Дослідження екологічного стану територій розміщення золошлакових відходів теплових електростанцій. – <http://rr.nmu.org.ua/pdf/2013/20131016-52.pdf>.
8. Радовенчик, В. М. Тверді відходи: збір, переробка, складування [Текст] : навч. пос. / В. М. Радовенчик, М. Д. Гомеля. – К.: Кондор, 2010. – 552 с.
9. Сысоев, Ю. М. Перспективы использования золошлаков [Текст] / Ю. М. Сысоев // Комплексное использование зол углей в народном хозяйстве Иркутск: Изд-во Иркут.ун-та, 1989. – С. 9–10.
10. Ладжинська ТЕС утилізує золошлакові відходи, замість простого складування на спеціальних відвалах. Мета утилізації золошлакових відходів – не отримати прибуток, а мінімізувати використання золошлаковідвалу, який досяг критичних розмірів. . – 2016. –<http://lad.vn.ua/ekonomika/ladzhinska-tes-pustila-naprodazh-zoloshlakovi-vidhodi.html>.
11. В. Вишневський. Для будівництва доріг можна використовувати золошлакові відходи. – <http://portal.lviv.ua/article/2016/04/01/dlya-budivnitstva-dorig-mozhna-vikoristovuvati-zoloshlakovi-vidhodi>.
12. ДБН В.2.3-4:2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.

13. ДСТУ Б В.2.1-2-96 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація.
14. ВБН В.2.3-218-541:2010 Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожніх одягів з ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами.
15. ДСТУ Б В.2.7-181:2009 Будівельні матеріали. Цементи лужні. Технічні умови.
16. ДСТУ Б В.2.7-29-95 Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація.
17. ДСТУ Б В.2.7-74-98 Строительные материалы. Крупные заполнители природные, из отходов промышленности, искусственные для строительных материалов, изделий, конструкций и работ.
18. ВБН В.2.3-218-189-2005 Споруди транспорту. Влаштування неукріплених та укріплених щебених і гравійних шарів основ дорожніх одягів.
19. ТУУ В.2.7-45.2-00018112-239:2005 Суміші органо-мінеральні холодні та гарячі дорожні. Технічні умови.
20. СОУ 42.1-37641918-104:2013 Золи-виносу та суміші золи шлакові теплових електростанцій для дорожніх робіт. Технічні умови.
21. ВБН 2.3-218-171-2002 Споруди транспорту. Спорудження земляного полотна автомобільних доріг.
22. ВБН В. 3.2-218-542:2009 Проведення аварійних робіт з ліквідації ямковості на асфальтобетонному покритті автомобільних доріг у холодний період року за несприятливих погодних умов.
23. ВБН В.2.3-218-539:2007 Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування із холодних сумішей, що містять фрезерований асфальтобетон.

Рецензенти:

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Хрутьба В.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.

Hrutba V.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **24.04.2017 р.**