

Раздел третий

ОБРАЩЕНИЕ С ЗОЛОШЛАКАМИ

3.2. Системы золошлакоудаления ТЭС

3.2.5. Золошлакохранилища

3.2.5.3. Сухие золоотвалы

Путилов В.Я., МЭИ(ТУ); Вишня Б.Л., УралОРГРЭС

Значительное сокращение площадей земель, отводимых под ЗШХ в зоне расположения ТЭС; уменьшение водопотребления на ТЭС и вредного воздействия золошлакоотвалов на окружающую среду, а также снижение издержек энергетического производства, связанных с проблемой золошлакоудаления, возможны лишь при переходе с гидравлического метода их транспортирования и складирования в виде низкоконцентрированной пульпы на сухие технологии удаления и складирования, которые также создают объективные предпосылки для более полной переработки золы и шлака в товарную продукцию в различных отраслях экономики.

Российский опыт сухого складирования золошлаков

Сухое удаление и складирование золы и шлака на котельных и ТЭС в России применялись с начала развития электроэнергетики [5, 6]. Однако широкого распространения сухие золоотвалы не получили. Имеются отдельные примеры строительства и эксплуатации сухих золошлакоотвалов. Опыт эксплуатации систем сухого складирования золошлаков в насыпные отвалы ранее ограничивался отдельными отопительными котельными и небольшими ТЭС, такими как Барнаульская ТЭЦ-1 и ТЭЦ Красногорского завода искусственных кож. На этих энергопредприятиях сухая зола, удаленная от котлов механическим или пневматическим транспортом, вывозилась в открытых самосвалах и сбрасывалась в ближайшие овраги, болота или на другие малоценные земельные участки без последующего ее уплотнения и закрепления поверхности отвала. Такое складирование золошлаков не соответствует современным требованиям охраны окружающей среды. Экологически более приемлемыми способами в последнее время складировались золошлаки на сухих отвалах Красноярской ТЭЦ-2 и котельной завода «Красмаш».

В целях проверки и отработки технологий сухого сбора, транспортирования и сухого складирования золы экибастузского угля в условиях Урала с 1979 по 1985 г. на Верхне-Тагильской ГРЭС проводился промышленный эксперимент [7]. Разрабатывали и сопровождали внедрение этих технологий предприятие «Урал ОРГРЭС» и Уральское отделение института «Теплоэлектропроект». Сухая зола доставлялась автосамосвалами, разравнивалась бульдозерами и укатывалась дорожными катками. Максимальная производительность экспериментальной установки по отбору сухой золы составила 8 т/ч при среднечасовой эксплуатационной производительности 6 т/ч.

Было установлено, что оптимальная влажность зольной смеси, при которой отсутствует пыление при загрузке, транспортировании и разгрузке автосамосвалов на отвале с полным освобождением кузовов составляла 20...25%. При меньшей влажности шнек не обеспечивал однородного смешения, наблюдалось пыление при загрузке, транспортировке и выгрузке золы. В то же время при большей ее влажности кузов автосамосвала не разгружался полностью и требовалась ручная его зачистка.

Транспортирование золы на площадку опытного сухого складирования производили автосамосвалами МАЗ-5549 грузоподъемностью 7 т с неотапливаемым кузовом. Время загрузки автосамосвала составляло 8...12 мин. Транспортный маршрут протяженностью около 4,5 км проходил по территории ГРЭС и бетонной автодороге вне застройки. Средняя скорость автосамосвала равнялась 25...35 км/ч, а время в пути составляло 10...15 мин. Разгружался автосамосвал на отвале в течение 3...5 мин при общей продолжительности цикла транспортирования 30...45 мин.

В зимний период проводили замеры температуры золы на протяжении всего технологического цикла. Температура загружаемой в автосамосвал увлажненной золы составляла 30...40 °С, но в процессе транспортирования она остывала на 5 °С при температуре окружающего воздуха –25 °С, на 3 °С при –15 °С и на 2 °С при –7 °С. Относительно быстрое снижение температуры золы наблюдали и на отвале. При температуре наружного воздуха ниже –25 °С поверхность выгружаемой золы в течение 1 ч покрывалась ледяной коркой толщиной 3...5 см, а температура в слое за это время уменьшалась на 8...10 °С. Следовательно, в зимний период продолжительность технологического цикла разгрузка-разравнивание-укатка необходимо максимально сокращать.

Площадка опытного сухого складирования золошлаков была выбрана в верхней части отработанного законсервированного отвала ГРЭС на границе намыва золошлаков таким образом, что основанием для одной ее половины служил грунт, а для другой — поверхность уложенных в отвал золошлаков челябинских углей. Для отвода поверхностного стока от площадки складирования использовали водоотводящую канаву золоотвала, расположенную от нее на расстоянии 50 м. Для отвода дренажных вод от площадки складирования по ее периметру была вырыта канава с дренажной емкостью. Съезд с автодороги к площадке складирования был отсыпан скальным щебнем из местного карьера, и в течение всего периода экспериментальных работ по укладке золы он находился в удовлетворительном состоянии.

Зола в количестве 25 тыс. т была уложена в борт с размерами 60×109 м и высотой 5,5 м. При ее укладке и укатке использовали самосвалы, бульдозер на базе трактора Т-100, гладкий дорожный каток У-50 массой 6,5 т и шириной уплотняемой полосы в 1,8 м, поливочная машина. Работы производили в течение года при любой погоде с геотехническим контролем каждого уложенного слоя золы и периодическим контролем ее дисперсности, плотности и химического состава.

Отбор золы на складирование производили только из первых ступеней золоулавливающих установок котлов — батарейных циклонов. В связи с этим дисперсность ее была несколько ниже, чем у всей уловленной из дымовых газов массы золы, вследствие отсутствия мелких фракций, которые улавливаются во второй ступени газоочистки — скрубберах. Поэтому физико-механические свойства уложенной и укатанной золы на площадке сухого

складирования оказались ниже, чем можно было ожидать при укладке всей ее массы после золоулавливающих установок.

В 1981 г. контрольную отсыпку 700 т золы в один слой высотой 1 м без укатки производили при температуре наружного воздуха 7...12 °С. Влажность смеси при отсыпке равнялась 18...22 %. Средняя плотность зольного массива составила 675...720 кг/м³, а коэффициент фильтрации — 0,624...0,75 м/сут. В июле 1984 г. после 2,5 года хранения контрольный слой золы дал осадку на 0,2...0,3 м, его плотность увеличилась до 840 кг/м³.

При укладке золы в один слой с уплотнением было установлено, что для нормальной работы автосамосвалов и катка толщина слоя неукатанной золы не должна превышать 0,25 м. В связи с этим отсыпку ее производили автосамосвалами равномерно по всей площадке с ежедневным разравниванием золы бульдозером до указанной толщины. Затем зольный слой укатывали за три—пять проходов катка до плотности 1350...1450 кг/м³. Для обеспечения оптимальной влажности золы при укатке ее доувлажняли с помощью поливочной машины. Коэффициент фильтрации слоя золы составил 0,20...0,45 м/сут.

В последующем при укладке основного количества золы (23 тыс. т) в период с октября 1983 г. по декабрь 1984 г. гладкий каток применяли для уплотнения только первых пяти слоев, а начиная с шестого слоя золу укатывали груженными автосамосвалами. После четырех—шести проездов автосамосвала слой золы высотой 0,20...0,25 м приобретал плотность 1300...1400 кг/м³ и объемную плотность скелета 870...980 кг/м³. Дальнейшее увеличение числа проездов не привело к повышению плотности ее слоя.

Укатанная поверхность уложенного бурта золы практически не пылила. Лишь в длительные периоды сухой и ветреной погоды наблюдалось интенсивное высыхание поверхностного слоя и некоторое его пыление. Откосы же бурта не укатывали и не закрепляли, поэтому длительное время они оставались рыхлыми, в связи с чем наблюдалось их пыление в сухую ветреную погоду. Во всех случаях пыление устраняли увлажнением поверхностного слоя с помощью поливочной машины. Таким образом, в жаркую и сухую ветреную погоду увлажнение незакрепленных поверхностей сухого отвала обязательно. В период дождей сухой отвал интенсивно впитывает воду. Поверхностный слой переувлажняется (влажность 50...55 %) и несколько разбухает, однако это не сказывается на проходимости автосамосвалов. Откосы бурта после дождей несколько уплотняются и размываются с выносом золы к его основанию.

В зимнее время уборку снега с поверхности бурта золы производили лишь однажды, когда толщина слоя выпавшего снега превысила 15 см, что осложнило работу техники на отвале. В остальных случаях золу отсыпали на снег, она быстро смерзалась, что ухудшало показатели уплотнения.

При укладке золы шурфованием отсыпанного бурта были получены монолитные ее образцы, у которых определили некоторые геотехнические показатели:

- максимальная плотность скелета золы — 980...1100 кг/м³;
- оптимальная влажность золы — 34...40 %;
- средняя плотность скелета золы, укатанной гладким катком и автосамосвалом — соответственно 960 и 920 кг/м³;
- коэффициент уплотнения при укатке золы катком и автосамосвалом — соответственно 1,25...1,43 и

1,24...1,40;

- средний коэффициент фильтрации уплотненной золы катком и автосамосвалом — соответственно 0,31 и 0,35 м/сут.

При оптимальной влажности и максимальной плотности золы модуль деформации равен 15 МПа, сцепление — 0,007 МПа, угол внутреннего трения — 32°, коэффициент фильтрации — 0,1...0,2 м/сут.

Исследования состава стоков после контакта воды с золой показали, что при фильтрации через слой она загрязняется вредными компонентами выше норм ПДК. Для предотвращения этого требуется отводить от отвала поверхностные стоки и фильтрующиеся через золу атмосферные осадки, выпадающие на площадь отвала, и предотвращать попадание грязных вод из него в грунты основания.

Таким образом, в результате промышленного эксперимента по сухой укладке золы экибастузского угля установлено:

- сухое золоудаление экономически более выгодно и технически возможно в климатических условиях Урала;
- уплотнение влажной золы гладким катком обеспечивает увеличение вместимости золоотвала по сравнению с гидронамывом на 20, а при укатке автосамосвалами — на 15 %;
- сухое золошлакоудаление с использованием автотранспорта целесообразно для применения на отечественных ТЭС, крупных и средних промышленных котельных;
- выбор способа и схемы золошлакоудаления должен производиться на основе технико-экономического обоснования с учетом экологических характеристик сравниваемых вариантов, перспектив использования золошлаков и других факторов.

Эксперимент был прекращен в связи с тем, что, несмотря на полученные положительные результаты по сухому складированию золы, доля улавливаемой сухой золы от общего ее выхода по Верхне-Тагильской ГРЭС была мала и параллельная эксплуатация обеих систем золошлакоудаления экономически была нецелесообразной.

Зарубежный опыт сухого складирования золошлаков

Особые условия развития электроэнергетики США, Германии, Канады и некоторых других стран, заключающиеся в высокой стоимости земли, дефиците водных ресурсов в районах размещения ТЭС, развитых сетях автомобильных дорог и транспорта, наличие жесткого природоохранного законодательства, стимулирующее замену природного сырья побочными продуктами различных производств, высокая степень научно-проектной и технической подготовленности предприятий строительной индустрии к использованию золошлаков ТЭС, а также другие специфические технические и конъюнктурно-экономические условия предопределили широкое внедрение в электроэнергетике промышленно развитых стран с 50-х годов XX в. сухого удаления и складирования золошлаков. В основном усилия специалистов были направлены на совершенствование существующих и создание новых технологий, обеспечивающих максимальное сокращение или практически полное исключение расхода воды на удаление золошлаков, внедрение технологий сухого складирования, кондиционирования и отгрузки золошлаков потребителям.

По данным Агентства по защите окружающей среды США, из 320 угольных электростанций 153 ТЭС (47 %) применяют сухое удаление золы. Примерно такое же со-

отношение наблюдается в других развитых западных странах. Однако на большинстве ТЭС применяется гидравлическое удаление шлака и только 20 % станций эксплуатируют сухие (механические или пневматические) системы его удаления. Сухое складирование золошлаков используется также в Польше, Венгрии и Словакии. В связи с существенно большей плотностью массива при укладке золы сухим способом по сравнению с гидронамывом некоторые энергетические компании извлекают золошлаки из заполненных намывных отвалов и укладывают их на том же месте с послойным уплотнением, что позволяет увеличить количество складированных в них золошлаков на 40 % [5].

В связи с очевидными преимуществами сухого способа складирования золы (улучшение экологических характеристик отвалов, низкий расход воды на ее удаление и складирование, практически полное исключение вымывания содержащихся в золошлаках вредных веществ и соответственно предотвращение загрязнения грунтовых вод, существенное сокращение площади территорий, отводимых под отвалы) практически на всех строящихся электростанциях США сооружаются сухие золоотвалы, а на большинстве действующих ТЭС, работающих на твердом топливе, гидравлический транспорт золошлаков заменен на автомобильный [6].

Типичными для зарубежных ТЭС являются система сухого золошлакоудаления американской электростанции «Бриг-Браун» Техасской энергетической компании и объединенный сухой отвал электростанций «Моргентау» и «Фаулкнер» энергетической компании «Потомак» [5, 8]. ТЭС «Бриг-Браун» имеет два блока по 575 МВт и работает на лигните с зольностью 11 %. Шлак из-под котлов удаляется гидравлическим способом на расстояние до 500 м в двухсекционный отстойник общей площадью 12 га. Шлакоотстойник экранирован глинистым материалом, и в него кроме шлаковой пульпы сбрасываются также некоторые другие загрязненные стоки с ТЭС. Осветленная вода возвращается на электростанцию для повторного использования. Для нейтрализации оксидов кальция, калия и натрия, содержащихся в шлаке, в воду добавляется некоторое количество соляной кислоты. В работе находится одна секция отстойника, другая в это время осушается, шлак выбирается экскаватором и отвозится на строительство местных дорог, а также на специально отведенную площадку — временный склад, расположенный вблизи станции.

Очистка дымовых газов от золы осуществляется в четырехпольных электрофильтрах с эффективностью улавливания 98,4 %. От бункеров электрофильтра зола удаляется автоматизированной напорной системой пневмотранспорта с камерными питателями, установленными под каждым бункером, в силосный склад, расположенный на расстоянии 700...800 м от электрофильтров. На складе мелкие фракции золы отделяются

циклонным аппаратом и поступают в бункер, из которого они вывозятся автоцистернами на цементный завод для использования в качестве минеральной добавки при помоле портландцемента. Крупные фракции золы поступают в силос, из которого периодически через специальный смеситель-увлажнитель с влажностью 14...16 %, достаточной для исключения пыления при погрузке, транспортировке и выгрузке золы, выгружаются в скреперы, отвозятся на площадку сухого складирования, которая находится непосредственно около силосов, и укладываются слоями толщиной 0,25...0,30 м с уплотнением виброкатками.

Аналогично осуществляется удаление и складирование золошлаков на ТЭС «Моргентау» и «Фаулкнер». Золошлаки укладываются слоями толщиной 0,25...0,30 м и укатываются виброкатками. Площадка под объединенный золоотвал обеих станций была расположена на территории, непригодной для строительства и сельскохозяйственного использования. Подготовка ее для складирования золы заключалась в снятии плодородного слоя земли, укладке дренажной подушки из слоя шлака толщиной около 0,30 м, сооружения дренажной канавы вокруг площадки, планировке основания отвала перед отсыпкой дренажного слоя с уклоном в сторону канавы, возведении четырех последовательно соединенных прудов-отстойников и строительстве насыпной дороги к площадке от асфальтированной автодороги.

С электростанций зола привозится на площадку открытыми самосвалами грузоподъемностью 15 т. Длина маршрута составляет 11 км, но при этом следует отметить, что в США имеются площадки сухого складирования, отстоящие от ТЭС на 90...100 км. Зола распределяется по площадке бульдозером слоем 0,25...0,30 м и уплотняется виброкатками массой 20 т, которые делают четыре прохода, в результате чего слой золы уменьшается до 0,01 м, а плотность зольного массива повышается до 1600 кг/м³, что примерно на 40 % выше, чем при гидронамыве. Для предотвращения пыления зола на площадке и примыкающие насыпные дороги постоянно увлажняются с помощью поливочной машины. Для стока поверхностных вод укладку золы производят с уклоном в сторону дренажной канавы. Поверхностные и подземные воды с площади отвала через дренажную систему поступают в пруды-отстойники, где они осветляются и сбрасываются в реку. Часть воды используется для увлажнения золы на площадке и полива дорог.

При эксплуатации сухого золоотвала особое внимание уделяется формированию и укреплению откосов. Их покрывают полуметровым слоем земли и засеивают многолетними травами. Осевшая в прудах-отстойниках зола и почва периодически выгружаются и вывозятся самосвалами в отвал. По такой схеме перерабатывается до 500 тыс. т золы в год, или 1300 т в сутки.