

Раздел третий

ОБРАЩЕНИЕ С ЗОЛОШЛАКАМИ

3.2. Системы золошлакоудаления ТЭС

3.2.2. Золоудаление

3.2.2.9. Экологически приемлемые технологии золошлакоудаления на примере Рефтинской ГРЭС ОАО «Энел ОГК-5»

*Н.В. Гавлитин, ЗАО «Институт новых энергоэффективных технологий», Москва, Россия
Ю.В. Коломиец, Компания «Clyde Bergemann Materials Handling Ltd», Донкастер, Великобритания*

АННОТАЦИЯ

Тепловая электроэнергетика является ведущим "производителем" антропогенных выбросов в атмосферу и почву, крупным потребителем дефицитных природных ресурсов (воды и земли).

При сжигании угля в топках котлоагрегатов выделяется значительное количество сернистых и азотистых оксидов, твердые летучие составляющие (зола-унос и пыль). Использование значительных объемов воды, для гидротранспортирования золошлаков, поддержания уровня пруда осветлителя золоотвала приводит к изменению химико-минералогического состава грунтовых вод в зоне его влияния, загрязнению подземных и поверхностных вод оборотными и фильтрационными стоками золоотвалов.

Руководством страны принят курс на планомерное ужесточение мер к нарушителям экологического законодательства. Особенности пылеугольных электростанций таковы, что негативное влияние на окружающую среду обусловлено технологией энергетического производства и не может быть полностью исключено, но максимально возможное снижение негативного влияния энергообъектов на окружающую среду, становится все более настоятельной задачей.

Министр природных ресурсов и экологии РФ Юрий Трутнев недавно заявил - «Думаю, вне всякого сомнения, они (экологические платежи – прим.автора) будут увеличены в разы. Сегодня они составляют незначительную часть в объеме платежей предприятий. Естественно, что такая ситуация не стимулирует внедрение природоохранных и ресурсосберегающих технологий. А, соответственно, происходит консервация прежних технологий, консервация той отсталости и расточительства, которая, к сожалению, у нас встречается повсеместно».

Настоящая статья раскрывает основные технологические решения по созданию системы сухого золошлакоудаления на крупнейшей пылеугольной электростанции России, а по объему выхода золы и шлака в мире – Рефтинской ГРЭС, пилотного проекта в электроэнергетической отрасли нашей страны. Реализуемый в настоящий момент проект призван мотивировать инвестиционное и энергетическое сообщество России осуществить масштабную модернизацию систем ЗШУ российских угольных станций с внедрением экологически приемлемого «сухого» способа, как единственного безальтернативного решения, в условиях ужесточения экологического законодательства, ограниченности ресурсной базы (водопотребление, отвода земель) и роста экономической конкуренции на свободном рынке электроэнергии и мощности. Внедрение такой технологии создаст предпосылки для организации рециклинга техногенных материалов, их применения в качестве заменителей натурального природного сырья. Сухой золоотвал становится хранилищем, с отложенным спросом, ценных материалов, с со-

храненными исходными свойствами. Жизнедеятельность Рефтинской ГРЭС будет обеспечена возможностью складирования золошлаков на период не менее 40 лет.

1. ОСНОВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В СЗШУ РЕФТИНСКОЙ ГРЭС

1.1. Ресурсные ограничения

Годовой объем оборотной воды в системе ЗШУ более 60 млн м³, из них расход смывной воды для удаления золы из золоосесителей электрофильтров составляет 560 м³/ч и 730 м³/ч для энергоблоков 300 МВт и 500 МВт соответственно. Значительная часть водных ресурсов безвозвратно теряется при испарении, фильтрации, насыщении пор и т.д. Внедрение технологии «сухого» ЗШУ, позволит сократить безвозвратное водопотребление ГРЭС на 16,619 млн м³/год., высвободит водные ресурсы для потенциального увеличения генерирующих мощностей электростанции в условиях дефицитности объединенной энергосистемы Урала.

В связи с окончанием ресурса золоотвала №2, для обеспечения необходимых объемов складирования техногенных материалов, ОАО «ИЦЭУ» по заказу станции было выполнено обоснование инвестиций строительства золоотвала №3 с применением традиционного гидравлического способа ЗШУ. Для этих целей предполагался дополнительный отвод земель и лесосводка лесов I категории на площади ~ 470 га. Реализация такого проекта для формирования нового золоотвала (№3) могла привести к необходимости крупномасштабных инвестиций на сумму более 400 млн. долларов США. В результате сохранения гидравлического золошлакоудаления срок заполнения нового золоотвала все равно будет ограничен ~ 20 годами, а далее - снова будет необходимо строить следующий золоотвал.

1.2. Инвестиционная привлекательность

При принятии инвестиционного решения по переводу ЗШУ с гидравлического на сухой способ наиболее целесообразным (дающим точную инвестиционную оценку) методом инвестиционного анализа по проекту выступает метод WITH-WITHOUT (с проектом – без проекта), который оценивает эффективность инвестиций по традиционным показателям (NPV, IRR, DPB, PI), где инвестициями выступают капитальные затраты по про-

екту (в целом и по основным технологическим узлам), а дисконтированный денежный поток, определяющий окупаемость произведенных затрат, определяется как разница в ремонтных и эксплуатационных расходах (агрегированных по годам), которые имели бы место при традиционном ГЗУ или при внедрении СЗШУ.

Так как ремонтные и эксплуатационные затраты являются ключевым фактором, влияющим на величину денежного потока по проекту критически необходимо глубокий анализ указанных издержек. Применительно к Рефтинской ГРЭС кроме традиционных статей расходов, связанных с эксплуатацией ЗШУ (электроэнергия, водопотребление, текущий ремонт), необходимо учитывать крупные капиталовложения (в качестве затрат), связанные со строительством нового золоотвала, при использовании «традиционной» гидравлической системы ЗШУ. С учетом этого фактора окупаемость инвестиций в расчетах составила всего 2 года. В целом в рамках настоящей публичной статьи можно привести следующие удельные характеристики инвестиционных затрат по проекту: удельные капиталовложения к установленной мощности составили более 70\$ на 1 кВт установленной мощности, удельные капиталовложения к количеству золы, укладываемой в «сухой» золоотвал – 60\$ на 1 т. золы. [1].

2. ПРИНЯТЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ СУХОГО ЗШУ РЕФТИНСКОЙ ГРЭС

2.1. Краткая характеристика действующей системы ЗШУ Рефтинской ГРЭС

Рефтинская ГРЭС является филиалом ОАО «Энел ОГК-5», расположена в 80 км северо-восточнее г. Екатеринбурга и входит в состав объединенной энергосистемы Урала.

Установленная электрическая мощность станции составляет 3800 МВт.

На ГРЭС эксплуатируется шесть энергоблоков ст. №№ 1-6 мощностью по 300 МВт каждый (первый корпус), четыре энергоблока ст. №№ 7-10 мощностью по 500 МВт каждый (второй корпус).

При работе ГРЭС на полную мощность годовой выход золошлаков, транспортируемых и укладываемых в золоотвал, составляет:

- выход золы 886,3 т/ч или 5760845 т/год;
- выход шлака - 46,74 т/ч или 303810 т/год

Существующая система золошлакоудаления традиционная - гидравлическая, совместная, обратная.

В первом главном корпусе размещены три багерные насосные станции, во втором четыре. От багерных насосных станций, по золошлакопроводам $\varnothing 530 \times 12$ мм (семь рабочих ниток и пять резервных ниток) пульпа подается на багерную насосную II подъема, расположенной у золоотвала №2.

Золоотвал № 1, расположен в 2 км от ГРЭС, заполнялся с наращиванием второго и третьего ярусов. Емкость золоотвала исчерпана, выполнена ре-

культивация. Усилиями ГРЭС, Сухоложского лесхоза, на территории которого находятся золоотвалы, и ученых Ботанического сада УрО РАН (тогда Института леса) впервые в мире удалось провести рекультивацию отработанного золоотвала №1, площадью около 370 га. Экспериментальные посадки начались в 1992 г., в 2005 г. молодые деревца были высажены на последних 47 га отработанного золоотвала.

Золоотвал № 2, расположенный в 4,5 км от ГРЭС, введен в эксплуатацию в 1974 году с площадью 995 га. Первоначальная емкость исчерпана в 1985 г., последующее заполнение золоотвала производилось при его ярусном наращивании, дополнителем тремя ярусами.

Дальнейшая эксплуатация золоотвала, после заполнения емкости третьего яруса наращивания, в гидравлическом режиме запрещена, по условиям устойчивости дамб обвалования.

2.2. Технологическая схема сухого ЗШУ Рефтинской ГРЭС, разработчики концепции и основные поставщики технологии и оборудования

Концепция сухого ЗШУ Рефтинской ГРЭС была разработана группой российских инженеров, под руководством Заслуженного работника Министерства топлива и энергетики РФ Гавлитина Н.В. В настоящий момент основной состав разработчиков концепции работает в Институте новых энергоэффективных технологий (ЗАО «ИНЭТ») – специализированной инжиниринговой компании, активно продвигающей технологию сухого ЗШУ в электроэнергетической отрасли России и стран СНГ (Республика Казахстан - РК, Украина). По заказу АО «КазНИПИЭнергопром» институт разрабатывает рабочий проект системы пневмозолоудаления для ТЭЦ-2 г. Астана (РК). Проведено обследование ряда пылеугольных станций и в настоящее время разрабатывается концепция вариантов модернизации традиционных гидравлических систем с внедрением технологии сухого золошлакоудаления.

Активное участие при выборе технологических решений по проекту реконструкции системы золошлакоудаления Рефтинской ГРЭС принял директор ИАЦЭЭ МЭИ Путилов В.Я.

Создаваемая система золошлакоудаления Рефтинской ГРЭС после реконструкции будет состоять из нескольких подсистем:

- существующая система гидравлического удаления золы и шлака сохраняется в качестве резервной;
- проектируемая система гидравлического удаления шлака, которая должна работать параллельно с системой сухого золоудаления;

- системы пневматического сбора сухой золы от золооспусков бункеров электрофильтров и пневмотранспорта до силосного склада. Разработка технологической схемы и поставка оборудования осуществлены компанией «Clyde Bergemann» (Великобритания);

- силосный склад, состоящий из систем приемки сухой золы, временного хранения в силосах, отгрузки в железнодорожный и автомобильный транспорт, выгрузки золы на труболенточный конвейер, с предварительным увлажнением (кондиционированием). Разработка технологической схемы и поставка оборудования осуществлены компанией Claudius Peters (Германия);

- система снабжения сжатым воздухом системы ПЗУ и воздушноснабжения технологических потребностей силосного склада;

- система конвейерного транспорта кондиционированной золы на золоотвал № 2, разгрузка труболенточного конвейера через распределительный конвейер на отвальный ленточный конвейер. Разработка технологии и поставка оборудования осуществлены компанией Takraf (Германия);

- система распределения кондиционированной золы в «сухой» секции золоотвала, укладка и уплотнение золы в комплексе с системой пылеподавления. Технология разработана компанией Takraf (Германия), ОАО «Гипрошахт» (Россия);

2.3. Технологические особенности системы сухого ЗШУ Рефтинской ГРЭС

Целью проекта реконструкции системы ЗШУ является обеспечение жизнедеятельности Рефтинской ГРЭС на длительный период без строительства новых золоотвалов.

Проектом предусматривается сухое золоудаление из всех бункеров электрофильтров с дальнейшей отгрузкой золы потребителям или складированием невостребованной ее части на сухом отвале. Потребителями могут быть предприятия стройиндустрии и др.

Транспортировка сухой золы, от силосов до сухой секции золоотвала № 2, решена труболенточным конвейером в закрытой галерее. Формирование отвала выполняется отвалообразователями компании Takraf, с захваткой до 90,0 м по фронту и максимальной высотой штабеля до 20,0 м.

Существующая система гидравлического удаления золы и шлака, сохраняется в качестве резервной. [2].

2.4. Технологические решения системы сбора и пневмотранспорта сухой золы на Рефтинской ГРЭС по технологии компании «Clyde Bergemann».

Технологическая схема сбора и пневмотранспортирования в емкости силосного склада построена на оборудовании компании «Clyde Bergemann Materials Handling Limited». (CBD). Системы CBD установлены в более чем 20 странах на более чем 400 ТЭС установленной мощностью свыше 150 ГВт.

В активе компании реализованные проекты на блоках единичной мощностью 600 и 1000 мВт ряда ТЭС КНР («Тоукитоу», 8x600 МВт; «Дэжоу», 2x600 МВт; «Юхуан», 4x1000 МВт и др.). Компания выполняет проекты полного цикла по внедрению технологии удаления ЗШМ высококонцентри-

рованной пульпой (суспензией). В России компания Клайд Бергеманн, на основании концепции разработанной специалистами, работающими сегодня в ЗАО «ИНЭТ», обеспечила разработку технологической части проекта системы пневмозолоудаления в том числе и АСУ ТП, обосновала тип, количество оборудования пневмозолоудаления для удаления более 5,5 млн т золы Рефтинской ГРЭС. Оборудование компании установлено также на одном из энергоблоков филиала ОГК-2 Троицкой ГРЭС.

Плотноступенчатая технология пневмотранспортирования ЗШМ компании CBD обеспечивает минимальные скорости перемещения материала, что снижая абразивный износ пневмозолопроводов и энергозатраты на выработку сжатого воздуха, сокращает эксплуатационные издержки.

Главным преимуществом пневматического оборудования компании CBD является минимальное количество трущихся частей. Каждая рабочая камера пневмокамерных насосов (ПКН) комплектуется единственным подвижным узлом - купольной задвижкой с пневмоприводом, которая обеспечивает полную герметизацию процесса с минимальным количеством трущихся компонентов.

Пневматическое оборудование CBD запроектировано с возможностью удаленного автоматизиро-



Рис. 1. Пневмокамерный насос типа MD Pump. ванного управления системой с пульта центрального управления.

На рис.1. и 2 представлены некоторые типы пневмокамерных насосов.

Характеристики насоса типа MD Pump.

- Возможность подключения нескольких насосов к одному пневмозолопроводу для непрерывного удаления летучей золы;
- Низкое давление и низкий расход электроэнергии;

- Обеспечивает пневмотранспорт больших объемов материала на значительные расстояния - до 1000 м.

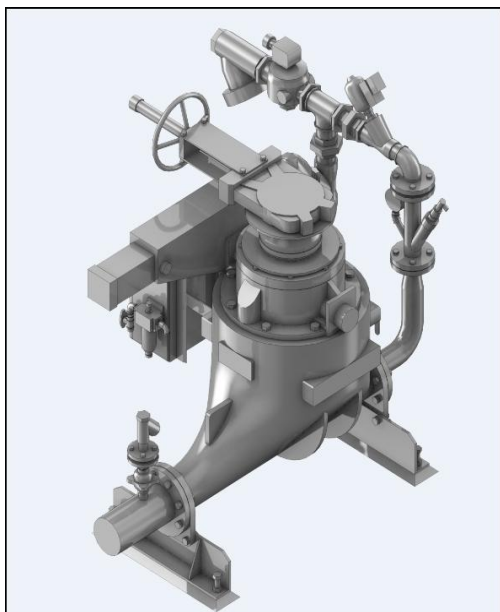


Рис. 2. Пневмокамерный сосуд типа Ash Vessel.

Характеристики насоса типа Ash Vessel.

- Надежное и простое устройство с единственной подвижной частью – Купольным клапаном производства Clyde Bergemann
- Возможность размещения нескольких насосов на одном трубопроводе.
- Обеспечивает пневмотранспорт материала на расстояния до 500 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переход на сухое золоудаление с сохранением гидравлического шлакоудаления позволяет Рефтинской ГРЭС обеспечить складирование ЗШМ на существующей площади по высоконагружаемой схеме формирования отвала без дополнительного отвода значительных площадей под строительство нового золоотвала.

Реконструкция системы золошлакоудаления Рефтинской ГРЭС с переходом на современные сухие технологии и значительное сокращение объема материала, транспортируемого на золоотвал гидравлическим способом (только шлак), снижает расход технической и осветленной воды:

- потребность в осветленной и технической воде при совместном гидравлическом удалении золы и шлака составляет ~9500 т/ч, в том числе технической 2750 т/ч;

- при сухом способе удаления золы и гидравлическом удалении шлака и золы из под котлов потребность в осветленной и технической воде составляет 1986,3 т/ч, в том числе технической - 238,7 т/ч.

Экономический эффект от реконструкции ЗШУ и перевода его на сухой способ, составит ~ до 300 млн руб. в год только на эксплуатационных расходах. Учет экономии на экологических платежах, в случае неизбежного ужесточения природоохранного законодательства в РФ, может увеличить экономический эффект в разы. Отказ от строительства золоотвала №3 Рефтинской ГРЭС, который принес экономию ресурсов на сумму более 400 млн долларов США, позволяет заявить об исключительной инвестиционной привлекательности перевода угольной генерации в России на систему сухого ЗШУ. И этот вывод все чаще делают собственники российской генерации, а значит близок тот час триумфа инженерной мысли российских специалистов, которые в течении десятилетий доказывали эффективность технологий сухого ЗШУ.

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ

ЗШУ - Золошлакоудаление;
ГЗУ – Гидравлическое золоудаление
ПЗП - Пневмозолопровод

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. **Материалы** проекта реконструкции системы золошлакоудаления Рефтинской ГРЭС с применением экологически приемлемых, технологически надежных и экономически целесообразных технологий». Москва, 2008 г.
2. **Материалы** предпроектных исследований «Обоснование технической возможности перевода пылеугольной ТЭС на сухое золошлакоудаление». Авторское свидетельство №011-001-020 от 28.07.2011 г.
3. РД **34.27.109-96**. Методические указания по проектированию систем пневмоудаления золы от котлоагрегатов, установок отпуска сухой золы потребителям и отгрузки ее на насыпные золоотвалы / Вишня Б.Л., Путилов В.Я. АО "Уралтехэнерго", Екатеринбург, 1997, 170 с.

Н.В. Гавлитин, Ю.В. Коломиец. Экологически приемлемые технологии золошлакоудаления на примере Рефтинской ГРЭС ОАО «Энел ОГК-5» // Материалы IV научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 19–20 апреля 2012 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 55 – 58.