

УДК 517.958:533.7; 537.84

Н.В. Гавлитин<sup>1</sup>, В.Е. Мессерле<sup>2</sup>,  
А.Б. Устименко<sup>\*3</sup>, О.А. Лаврищев<sup>3</sup><sup>1</sup> ЗАО «Институт новых энергоэффективных технологий» (ИНЭТ), Россия, г. Москва<sup>2</sup> НТО Плазмотехника. Казахстан, г. Алматы<sup>3</sup> Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики, Казахстан, г. Алматы

\*E-mail: ust@physics.kz

**Экологически приемлемые технологии золошлакоудаления  
на пылеугольных тепловых электростанциях**

**Аннотация.** Рассмотрена технология перевода на сухое золоудаление Рефтинской ГРЭС с сохранением гидравлического шлакоудаления, что позволит обеспечить складирование золошлаковых материалов на существующей площади по высоконагружаемой схеме формирования отвала без дополнительного отвода значительных площадей под строительство нового золоотвала. Реконструкция системы золошлакоудаления Рефтинской ГРЭС и переход на современные сухие технологии и значительное сокращение объема материала, транспортируемого на золоотвал гидравлическим способом, снижает расход технической и осветленной воды. Потребность в осветленной и технической воде при совместном гидравлическом удалении золы и шлака составляет около 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 золошлакоудаления и перевода его на сухой способ составит порядка 300 млн. руб. в год только за счет снижения эксплуатационных расходов. Снижение ущерба окружающей среде от угольной генерации можно достичь путем перехода к использованию экологически более чистых видов топлива угольного происхождения и технологий его утилизации, например, с использованием плазменной технологии комплексной переработки высокозольных углей.

**Ключевые слова:** Пылеугольная ТЭС, зола, шлак, золошлакоудаление.

**Введение**

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 оксидов серы и азота, твердые летучие составляющие

(зола уноса и пыль). Использование значительных объемов воды для гидротранспортировки золошлаков, поддержания уровня пруда-осветлителя золоотвала приводит к изменению химико-минералогического состава грунтовых вод в зоне его влияния, загрязнению подземных и поверхностных вод обратными и фильтрационными стоками золоотвалов.

В теплоэнергетике России принят курс на планомерное ужесточение требований экологического законодательства. Особенности пылеугольных тепловых электростанций (ТЭС) 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. Не менее актуальной эта проблема является и для пылеугольных ТЭС Республики Казахстан.

В данный момент ЗАО «ИНЭТ» совместно со специалистами Казахстана разрабатывает проект системы сухого удаления конечного продукта от газоочистных установок котлоагрегатов №№ 7,8 ТЭЦ-2 (г.Астана). Целью реализации проекта является обеспечение жизнедеятельности ТЭЦ-2, на длительный период, повышение экологической эффективности энергопредприятия, создание предпосылок для вторичной переработки золошлаковых отходов, вовлечение в оборот материалов техногенного происхождения взамен натурального природного сырья. Для реализации задачи предусматривается организация сухого удаления золы и конечного продукта, от золоспусков бункеров комбинированной газоочистной установки (по технологии NID, компании АЛЬСТОМ ПАУЭР СТАВАН – электрофильтр с установкой связывания SOx), с дальнейшей транспортировкой в силосный склад временного хранения. Силосный склад оснащается системами выгрузки потребителям в специализированный закрытый автотранспорт, установками кондиционирования золы с выгрузкой в открытый автотранспорт, или возврата невостребованной части золошлаковых материалов (ЗШМ) в приемные бункеры золосмесительной установки, размещаемой в районе багерной насосной котлоагрегатов №№ 7,8.

После ввода в эксплуатацию системы сухого удаления конечного продукта от золоспусков энергоблоков №№7,8 обеспечивается возможность отгрузки всего объема произведённых ЗШМ с сохраненными исходными свойствами потребителям других отраслей промышленности или их транспортировка на золоотвал при отсутствии спроса на техногенное сырье.

Настоящая статья раскрывает основные технологические решения по созданию системы

сухого золошлакоудаления на примере крупнейшей пылеугольной ТЭС России, а по объему выхода золы и шлака в мире (более 6,0млн.т/год) – Рефтинской ГРЭС, сжигающей Экибастузский каменный уголь. Реализуемый в настоящий момент пилотный проект призван мотивировать инвестиционное и энергетическое сообщество России и Казахстана осуществить масштабную модернизацию систем золошлакоудаления (ЗШУ) пылеугольных ТЭС 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 и их применения в качестве заменителей натурального природного сырья. Отходы появляются при производстве любого продукта – основная аксиома технократического мышления, абсолютно противоречащая экологическим принципам, потому что в природных биоценозах происходит полный кругооборотный процесс – практически безотходное производство. Человечество – часть природы, стало производить материалы и продукты, забывая о своем происхождении, не научившись, как природа рационально производить и перерабатывать без образования антропогенных отходов то, что ему необходимо, что и привело к экспоненциально ускоренному процессу их накопления. В результате Человечество работает на производство отходов, составляющих ~ 93 % от первоначального природного натурального сырья, что эквивалентно производству 20 т отходов на каждого жителя Земли. По статистике в России ежегодно производится около 12-15 млрд.т твердых отходов, сбрасывается в окружающую среду 60-120 млрд.т жидких и 50-100 млн.т газообразных отходов. По словам академика В.И. Вернадского Человечество превращается в основную геологообразующую силу планеты. Горы отвалов пород, из которых извлечен один или два элемента, мертвые озера хвостохранилищ, золоотвалов, терриконы, свалки, таков сегодня плод человеческой деятельности, вытесняющей все живое вокруг мест обитания человека, многие гигатонны и мегатонны вредных и ядовитых веществ проникают в атмосфе-

ру, подземные и открытые водные источники и бассейны, отравляя растительность, животных и людей.

При внедрении технологии сухого золошлакоудаления на пылеугольных ТЭС, сухой золоотвал становится хранилищем ценных материалов с отложенным спросом и сохраненными исходными свойствами [1]. Экологическое определение: отходы – это разнообразные по физико-химическому состоянию остатки, обладающие совершенно разнообразной добавленной стоимостью, вторичные ресурсы техногенного происхождения, использование которых требует затрат для придания соответствующей потребительской привлекательности. Поэтому максимально рациональное использование материалов первичного происхождения с переработкой и утилизацией остатков – вот основная задача, которую должно решать человечество. При отсутствии на сегодня экологически приемлемых, технологически надежных и экономически целесообразных технологий захоронение с колоссальными затратами созданных отходов, ни что иное как ресурсообразование без обеспечения геологической и экологической эквивалентности, что нарушает неизменность структуры биосферы и геологической формации. Этим самым мы сегодня нарушаем принцип защиты будущих поколений от чрезмерного экономического, и не только, бремени оставленного им родителями и праотцами, так как дисконтированные расходы в будущем наших потомков, за период захоронения, многократно превысят сиюминутную выгоду наших поколений. Таким образом, столь легкомысленное отношение к максимальному использованию продуктов, предполагающее изначально их сбор и захоронение, абсолютно не соответствует экологическим требованиям по защите природы. Уже сейчас заметно истощение ресурсов планеты, что соответствует правилу – «Глобальный природно-ресурсный потенциал в ходе исторического развития истощается». Уже сегодня мы понимаем, что в «отходах» различных производств концентрация многих редких благородных и ценных компонентов и веществ намного выше, чем в исходном материале и добыть их с наименьшими затратами уже сегодня возможно. В настоящее время необходимо сформировать индустрию рециклинга отходов, разработать системный подход к данной проблеме,

что позволит снизить нагрузку на окружающую среду, вовлечь в товарные потоки материалы техногенного происхождения, создать новые направления в индустрии и новые рабочие места.

## **1 Основные предпосылки инвестирования в систему сухого ЗШУ Рефтинской ГРЭС**

### **1.1 Ресурсные ограничения**

Рассмотрим экологически приемлемую технологию золошлакоудаления на пылеугольных тепловых электростанциях на примере крупнейшей ТЭС России – Рефтинской ГРЭС, сжигающей высокозольный Экибастузский уголь [2].

Годовой объем оборотной воды в системе ЗШУ Рефтинской ГРЭС превышает 60 млн. м<sup>3</sup>, из которых расход смывной воды для удаления золы из золосмесителей электрофильтров составляет 560 м<sup>3</sup>/ч и 730 м<sup>3</sup>/ч для энергоблоков 300 МВт и 500 МВт соответственно. Значительная часть водных ресурсов безвозвратно теряется при испарении, фильтрации и насыщении пор. Внедрение технологии «сухого» ЗШУ, позволит сократить безвозвратное водопотребление ГРЭС на 16,62 млн м<sup>3</sup>/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, по заказу Рефтинской ГРЭС было выполнено обоснование инвестиций строительства золоотвала №3 с применением традиционного, гидравлического способа ЗШУ. Для этих целей предполагается дополнительный отвод земель и вырубка лесов I категории на площади около 470 га. Реализация такого проекта для формирования нового золоотвала (№3) приведет к необходимости крупномасштабных инвестиций на сумму более 400 млн. долларов США. В результате при применении гидравлического ЗШУ срок заполнения нового золоотвала все равно будет ограничен примерно 20 годами, а далее – необходимо снова строить следующий золоотвал, снова расходовать чистую воду, а смешав ее с золошлаками и обогатив многими элементами таблицы Д. Менделеева, сбросить в водные объекты.

Отметим, что при реализации схемы размещения энергомошностей в России потребность водных ресурсов систем гидрозолоудаления

ЗШМ к 2020 г ориентировочно составит 2,8 млрд. м<sup>3</sup> для базового варианта и 3,5 млрд. м<sup>3</sup> для максимального варианта. Для сравнения приведем объемы известных озер: озеро Балатон -1,9 млрд. м<sup>3</sup>, озеро Иссык-Куль – 1,73 млрд. м<sup>3</sup>, озеро Селигер – 1,3 млрд. м<sup>3</sup>. При этом запасы пресной воды на планете составляют менее 3 % всех водных ресурсов Земли.

По данным ООН на сегодня:

- около 1,1 млрд человек на Земле испытывают недостаток чистой воды, пригодной для питья;
- более 5 млн. человек умирает каждый год от болезней, связанных с употреблением некачественной воды;

- по меньшей мере 120 млн. жителей Старого Света (то есть каждый седьмой европеец) имеет ограниченный доступ к пресной воде;

- пресная вода – это полярные льды или подземные воды в труднодоступных местах;

- объем пресных вод, доступ к которым свободен (озера, реки и резервуары), составляет менее 0,25 % от общих водных ресурсов. Даже там, где воды хватает, ее запасам угрожает загрязнение.

К 2025 году:

- более 2,7 млрд. человек столкнутся с жестоким дефицитом питьевой воды;

- еще 2,5 млрд. будут жить в регионах с очень ограниченным доступом к пресной воде, если мир продолжит потреблять ее в тех же количествах, что и сейчас.

Кроме снижения расходов воды, внедрение технологии сухого золошлакоудаления создает предпосылки вовлечения в оборот техногенного сырья – ЗШМ. По химическому, гранулометрическому и фазово-минералогическому составам ЗШМ во многом соответствуют природным минеральным материалам. Данное свойство позволяет использовать их для производства строительных материалов и изделий самой широкой номенклатуры: поргланццемента, смешанных и бесцементных вяжущих, обжиговых (золевого гравия, золоаглопорита) и безобжиговых заполнителей, стеновых материалов (силикатного и глинозольного кирпича, керамических камней, плитки, пенокерамики), для дорожного строительства, планировочных работ, благоустройства территорий, строительных растворов и бетонов плотной и ячеистой структур, получения камнелитных изделий, для расклинивания и тампонажа скважин при добыче нефти и т.д.

Состав и свойства ЗШМ ТЭС зависят от минерального состава топлива и способа его сжигания. Угли разных месторождений и, соответственно, золы, образующиеся при их сжигании, существенно различаются по составу минеральной части – содержанию и соотношению основных элементов. Они содержат оксиды ряда таких элементов, как кремний, алюминий, кальций, железо, магний, натрий, калий, микрокомпоненты, содержание которых менее 0,1%. Эти микрокомпоненты – германий, галлий, ванадий, титан, стронций, скандий, литий, молибден, бериллий, кобальт, цирконий, хром, никель, золото, серебро, редкоземельные металлы (лантан, иттрий, иттербий). Присутствие в золах комплексов этих ценных элементов позволяет рентабельно извлекать их, в том числе с использованием плазменной технологии комплексной переработки твердых топлив [3]. Эффективность извлечения ценных элементов из золы сохраняется даже при более низком их содержании, чем в промышленных рудах, что в значительной степени снижает расходы на геологические поиски рудного сырья, разведку месторождений, добычу руды, ее дробление, обогащение, транспортировку. В процессе классификации ЗШМ выделяются магнитные микросферы, применяемые в металлургии, приборостроении, радиотехнике и электронике и др. Себестоимость получения редких металлов из зол на 60 % ниже, чем их извлечение из промышленных руд. При этом кроме существенного экономического эффекта решаются многие экологические проблемы. Извлекаемая ценность металлов в месторождениях – рудных концентратах угля (золошлаковых массах) – такова, что они обладают гораздо более высокой стоимостью, чем исходное сырье, уголь в качестве топлива. К примеру, содержание скандия в ЗШМ некоторых углей составляет 50 г/т, при этом один грамм скандия на мировом рынке стоит более 200 долларов, в то время как стоимость одного грамма золота – 51 \$. В ЗШМ скандий связан с иттрием (160 г/т), цирконием (2300 г/т), лантаном (165 г/т), церием (236 г/т) и другими редкими и редкоземельными металлами.

Указанные свойства и состав ЗШМ подтверждают необходимость создания нового бизнес-сегмента – рециклинга материалов техногенного происхождения. Для организации рециклинга ЗШМ необходимо создать соответствующую

щие предпосылки. Первым шагом должна стать модернизация пылеугольных ТЭС с внедрением технологии сухого ЗШУ, обеспечивающей раздельное складирование золы и шлака.

### **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, где инвестициями выступают капитальные затраты по проекту (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 гидравлическом золоудалении или при внедрении сухого ЗШУ.

Так как ремонтные и эксплуатационные затраты являются ключевым фактором, влияющим на величину денежного потока по проекту критически необходим 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 статьи можно привести следующие удельные характеристики инвестиционных затрат по проекту: удельные капвложения к установленной мощности составили более 70\$ на 1 кВт установленной мощности, удельные капвложения к количеству золы, укладываемой в «сухой» золоотвал – 60\$ на 1 т. золы. Жизнедеятельность Рефтинской ГРЭС будет обеспечена возможностью складирования золошлаков на период не менее 40 лет на территории действующего золоотвала, с сухой укладкой золошлаков по высоконагружаемой схеме, на слабоконсолидированное основание

## **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, оборотная.

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 рекультивация. Усилиями ГРЭС, Сухоложского лесхоза, на территории которого находятся золоотвалы, и ученых Ботанического сада Уральского Отделения РАН впервые удалось провести рекультивацию отработанного золоотвала №1, площадью около 370 гектаров. Экспериментальные посадки начались в 1992 году, в 2005 году молодые деревья были высажены на последних 47 гектарах 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 году, последующее заполнение золоотвала производилось при его ярусном наращивании, дополнительными тремя ярусами.

Дальнейшая эксплуатация золоотвала, после заполнения емкости третьего яруса наращива-

ния, 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 [2] была разработана в Институте новых энергоэффективных технологий (ЗАО «ИНЭТ») – специализированной инжиниринговой компании, активно продвигающей технологию сухого ЗШУ в электроэнергетической отрасли России и странах СНГ (Казахстан, Украина). По заказу АО «КазНИПИЭнергопром» ЗАО «ИНЭТ» разрабатывает рабочий проект системы пневмозолоудаления для Астанинской ТЭЦ-2 (г. Астана). Проведено обследование ряда пылеугольных ТЭС и в настоящее время разрабатывается концепция вариантов модернизации традиционных гидравлических систем с внедрением технологии сухого золошлакоудаления.

Создаваемая система сухого ЗШУ 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 и донной золы, которая должна работать параллельно с системой сухого золоудаления;

- системы пневматического сбора сухой золы от золопусков 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 пневматического золоудаления и воздуходобывания 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 компаниями Takraf (Германия) и ОАО «Гипрошахт» (Россия).

## **2.3 Технологические особенности системы сухого ЗШУ Рефтинской ГРЭС**

Целью проекта реконструкции 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 ее складированием невостребованной 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 20,0м. Существующая система гидравлического удаления золы и шлака, сохраняется в качестве резервной.

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

Технологическая схема сбора и пневмотранспортировки 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 электростанциях установленной мощностью более чем 150000 МВт.

В активе компании – реализованные проекты на блоках единичной мощностью 600 и 1000 мВт (ТЭС «Тоукитоу» (Китай) 8 x 600МВт, Дэжоу 2x600 (Китай) ТЭС Юхуан (Китай) 4x 1000 МВт

и целый ряд других. Компания выполняет проекты полного цикла по внедрению технологии удаления ЗШМ высококонцентрированной 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 для Рефтинской ГРЭС. Оборудование компании установлено на энергоблоке №7 филиала ОГК-2, Троицкой ГРЭС.

Плотноступенчатая фаза транспортировки ЗШМ компании СВД обеспечивает минимальные скорости перемещения материала, что снижает абразивный износ пневмозолопроводов, энергозатраты на выработку сжатого воздуха, сокращает эксплуатационные издержки.

Главным преимуществом пневматического оборудования компании СВД является минимальное количество трущихся частей. Каждая рабочая камера пневмокамерного насоса (ПКН) комплектуется единственным узлом – купольной задвижкой с пневмоприводом, которая обеспечивает полную герметизацию процесса с минимальным количеством трущихся компонентов (рис. 1, 2). Пневматическое оборудование СВД запроектировано с возможностью удаленного автоматизированного управления системой с пульта центрального управления.



Рисунок 1 – Пневмокамерный насос типа MD Pump

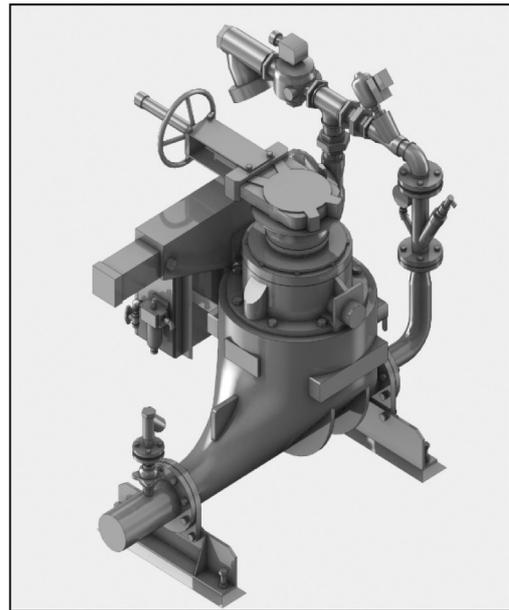


Рисунок 2 – Пневмокамерный насос типа Ash Vessel

Характеристики насоса типа MD Pump (рис. 1):

- возможность подключения нескольких насосов на одной линии пневмопровода для непрерывного удаления золы уноса;
- низкое давление и низкий расход электроэнергии;
- обеспечивает пневмотранспорт больших объемов материала на значительные расстояния – до 1000 метров.

Характеристики насоса типа Ash Vessel (рис. 2):

- надежное и простое устройство с единственной подвижной частью – Купольным Клапаном производства Clyde Bergemann;
- Возможность размещения нескольких насосов на одной ветке трубопровода;
- Обеспечивает пневмотранспорт материала на расстояния – до 500 метров.

### 3 Выводы

Переход на сухое золоудаление с сохранением гидравлического шлакоудаления позволит 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 и переход на современные су-

хия технологии и значительное сокращение объема материала, транспортируемого на золоотвал гидравлическим способом (только котельный шлак), снижает расход технической и осветленной воды. Потребность в осветленной и технической воде при совместном гидравлическом удалении золы и шлака составляет около 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.

Кроме этого, при внедрении технологии сухого ЗШУ:

- исключается строительство ограждающих дамб;
- снижается металло- и энергоемкость систем золошлакоудаления;
- практически исключается расход воды на удаление золошлаков;
- исключается сооружение противофильтрационных систем;
- существенно уменьшается вредное воздействие золоотвалов на окружающую среду в связи с практически полным исключением фильтрации воды из золоотвала;
- за счет более плотной укладки материалов сокращаются площади земли, отводимой под золоотвалы;
- вследствие отсутствия сепарации легкоэродируемых частиц на поверхности уложенных золошлаков снижается пылевыведение с золоотвала;
- исключается строительство багерных насосных станций перехвата и перекачки фильтрата;
- исключается сооружение трубопроводов осветленной воды;
- увеличивается степень надежности;
- обеспечивается бессточный режим эксплуатации золоотвалов;
- значительно снижается стоимость строительства и эксплуатационные издержки пылеугольных ТЭС по системам золошлакоудаления.

Экономический эффект от реконструкции ЗШУ и перевода его на сухой способ, составит

порядка 300 млн. руб. в год только за счет снижения эксплуатационных расходов. Учет экономии на экологических платежах, в случае неизбежного ужесточения природоохранного законодательства в Российской Федерации, может увеличить экономический эффект в несколько раз. 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, Казахстане и других странах СНГ на технологию сухого ЗШУ.

Снижение ущерба окружающей среде от угольной генерации можно достичь путем перехода к использованию экологически более чистых видов топлива угольного происхождения и технологий его переработки. Появилась возможность избежать неизбежного спутника пылеугольных ТЭС золоотвалов, включая использование плазменной технологии комплексной переработки высокосольных углей.

### Литература

1 Методические указания по проектированию систем пневмоудаления золы от котлоагрегатов, установок отпуска сухой золы потребителям и отгрузки ее на насыпные золоотвалы (№ РД 34.27.10996).

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

3 Мессерле В.Е., Устименко А.Б. Плазмохимические технологии переработки топлив // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2012. – Т. 55. – Вып. 4. – С. 30-34.

Н.В. Гавлитин, В.Е. Мессерле, А.Б. Устименко, О.А. Лаврищев  
**Қоңыр көмір жылу электр станцияларында экологиялық  
қолданыла алатын күлді қалдықтандыру технологиясы**

Рефтинск ГРЭС-ның гидравликалық қоқысжоюдың сақталуымен құрғақ күлжоюына алмастыру технологиясы қарастырылған. Оның нәтижесінде жаңа күл үйіндінің жасауына қажетті едәуір қажетті қосымша аудандарсыз үйіндінің қалыптастырудың жоғарыжүктемелі сызба-нұсқасы бойынша күлқоқысжою материалдарын сақтауға мүмкіндік береді. Рефтинск ГРЭС-ның күлқоқысжою жүйесін қайта құру мен заманауи құрғақ технологияларына ауысу мен гидравликалық тәсілмен күлқалдықтарын тасымалдау үшін материалдың елеулі көлемін қысқарту техникалық және жарықтандырылған су шығымын төмендетеді. Бірлескен гидравликалық күл мен қоқысты жою жарықтандырылған мен техникалық судың қажеттілігін 9500 т/с құрайды, сонымен қатар техникалық – 2750 т/с. Күлді құрғақ тәсілмен кетіру мен қазандардың астынан қоқысты және күлді гидравликалық кетіру кезде жарықтандырылған және техникалық судың қажеттілігі 1986,3 т/с, және техникалық – 238,7 т/с құрайды. Тек қана пайдалану шығындардың төмендету нәтижесінде күлқоқысжоюдың қайта құру мен оны құрғақ тәсіліне ауыстырудың экономикалық әсері жылына 300 млн. сом. құрайды. Жоғарыкүлділі көмірлерді кешенді қайта өңдеудің плазмалық технологиясын пайдалану мысалында, көмірдің пайда болуының экологиялық таза отынның түрін пайдалану мен оның утилизация технологиясының нәтижесінде көмір генерациялаудан қоршаған ортаға зиянын төмендету.

**Түйін сөздер:** Шаңкөмірлі ЖЭС, күл, қоқыс, күлқоқысжою.

N.V. Gavlitin, V.E. Messerle, A.B. Ustimenko, O.A. Lavrishev

**Environmentally friendly technology of pulverized coal ash and slag removal for thermal power plants**

The technology transfer to dry ash removal of Reftinskaya TPP maintaining hydraulic slag removal, which will allow storage of ash materials in the existing area by high-loaded scheme for sailing without removal of large areas of the construction of a new ash disposal. Reconstruction of the power plant ash removal and the transition to modern dry technology and a significant reduction in the amount of material transported by the ash dump the hydraulic method, reduces technical and clarified water. The need for technical and clarified water at the joint hydraulic removal of ash and slag is about 9500 t/h, including technical 2750 t/h In the dry method for removing ash and hydraulic removal of slag and ash from a boiler in need of technical and clarified water is 1986.3 t/h, including technical – 238.7 t/h The economic effect of the reconstruction of ash removal and transfer it to the dry method, will be about 300 million rubles. a year just by reducing operating costs. Reducing damage to the environment from coal-fired generation can be achieved by switching to cleaner fuels, coal origin and its utilization of technology, for example, with the use of plasma technology for complex processing of high-ash coal.

**Keywords:** pulverized coal thermal power plant, fly ash, slag, ash removal.