

Раздел третий

ОБРАЩЕНИЕ С ЗОЛОШЛАКАМИ

3.3. Свойства золошлаков

3.3.1. Свойства золошлаков энергетики России

Путилов В.Я., Путилова И.В., МЭИ(ТУ)

АННОТАЦИЯ

В докладе приведены сведения о марках основных сжигаемых углей на ТЭС России, типах котлов, химико-минералогическом составе образовавшихся золошлаков и объемах их образования. Представлены данные о складировании золошлаков на золошлакохранилищах и их полезном использовании в различных отраслях экономики: в дорожном строительстве, при производстве бетонов и цементов. В России около 85 % золошлаков ТЭС транспортируются системами гидрозолоудаления, и лишь около 15 % - системами пневмозолоудаления. Однако, в настоящее время намечается переход от «мокрых» к «сухим» системам транспортирования золошлаков с целью использования данных продуктов в сухом виде. В статье приведен российский стандарт по использованию золы в бетонах ГОСТ 25818-91, а также выполнен сравнительный анализ ГОСТ и Европейского стандарта EN 450. Также рассмотрен пример управления качеством золы при организации системы ступенчатого сжигания на пылеугольных котлах. В докладе отражены технологии, которые применялись для использования золошлаков ТЭС: пилотные установки для производства кирпича на основе золошлаков, установки по кондиционированию золошлаков.

ВВЕДЕНИЕ

На ТЭС России в основном применяются котлы паропроизводительностью от 200 до 1000 т/час для сжигания всех марок углей. На ТЭС с энергоблоками 500 МВт применяются котлы с паропроизводительностью 1650 т/час для сжигания экибастузских углей, а на энергоблоках 800 МВт — котлы с паропроизводительностью 2650 т/час для сжигания канско-ачинских углей. Всего в энергетических котлах тепловых электростанций (ТЭС) России сжигаются угли более 100 марок, но основными являются угли следующих бассейнов:

Кузнецкого,

Канско-Ачинского

Экибастузского.

Березовский и Ирша-бородинский угли относятся к канско-ачинским углям.

СВОЙСТВА ЗОЛОШЛАКОВ ОСНОВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ РОССИИ

Усредненный химико-минералогический состав золошлаков основных энергетических углей России приведен в табл. 1 [1].

Усредненные гранулометрический состав и физико-механические свойства золошлаков основных энергетических углей России приведены в табл. 2 [1].

ДАнные О ПОТРЕБЛЕНИИ УГЛЯ, ОБЪЕМАХ ОБРАЗОВАНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ И СКЛАДИРОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВ

В табл. 3 представлены сведения о количестве сжигаемых углей на ТЭС России в тоннах натурального топлива; объемах образования, переработки и размещения золошлаков на золошлакохранилищах [2].

В России около 85 % золошлаков ТЭС транспортируются системами гидрозолоудаления, и лишь около 15 % — системами пневмозолоудаления [3]. Однако, в настоящее время намечается переход от «мокрых» к «сухим» системам транспортирования золошлаков с целью использования данных продуктов в сухом виде.

Из общего количества полезного применения золошлаков 1...1,2 млн т/год используется для ремонта и расширения эксплуатируемых гидрозолошлакоотвалов. Оставшаяся часть золошлаков ТЭС применяется в промышленности строительных материалов для производства цементов, сухих строительных смесей и строительных изделий (кирпич, блоки и другие изделия), в промышленном и гражданском строительстве при производстве бетонов, в дорожном строительстве в качестве добавок в бетоны и для замещения грунтов.

ТРЕБОВАНИЯ К ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЕ ДЛЯ БЕТОНОВ В РОССИИ И ГОСУДАРСТВАХ ЕС

В табл.4 приведены требования к летучей золе для бетонов в России в соответствии с ГОСТ 25818-91 и государствах ЕС в соответствии с EN450.

Таблица 1. Усредненный химико-минералогический состав золошлаков основных энергетических углей России

Топливо	Материал	Химический состав, %										Потери при прокаливании
		CaO _{СВ}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO _{ОБ}	MgO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₂	
Экибастузкий уголь	Зола пылеугольных котлов	–	63,0	27,0	6,0	0,8	0,5	1,2	0,6	0,3	0,6	2,2
	Шлак твёрдый	–	50,0	25,0	11,0	1,0	0,6	1,2	0,5	0,3	3,5	3,1
	Шлак котлов ЦКС	5,0	54,0	26,4	6,0	7,7	0,5	1,0	0,6	0,3	3,5	6,0
	Зола котлов ЦКС	6,0	52,1	26,0	6,0	10,0	0,5	1,0	0,6	0,3	3,5	2,5
Кузнецкий уголь	Зола пылеугольных котлов	0,4	62,4	22,0	6,5	4,0	1,5	0,9	2,0	1,2	0,5	8,0
	Шлак твёрдый	–	60,0	20,0	9,0	5,0	1,5	0,7	2,0	0,8	1,0	24,0
	Шлак жидкий	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ирша-бородинский уголь	Зола пылеугольных котлов	5,0	45,0	6,0	6,0	25,0	5,0	0,3	0,15	0,15	1,0	2,5
	Шлак твёрдый	0,5	52,4	6,0	12,0	22,0	4,0	0,8	0,5	0,5	1,5	3,0
Березовский уголь	Зола пылеугольных котлов	12,0	26,1	9,5	8,5	42,0	6,4	–	0,5	0,5	6,5	4,0
	Шлак твёрдый	8,0	29,0	8,0	10,5	40,0	5,0	–	0,5	0,5	6,5	6,0
	Шлак котлов ЦКС	8,0	24,5	9,0	11,0	38,0	4,5	–	0,5	0,5	8,0	12,0
	Зола котлов ЦКС	8,0	24,5	9,0	11,0	38,0	4,5	–	0,5	0,5	8,0	7,0

Таблица 2. Усредненный гранулированный состав, агрегатная плотность (ρ_a), насыпная плотность при максимальном уплотнении (ρ_n), динамический угол естественного откоса ($\alpha_{д}$) и удельная поверхность ($S_{уд}$)

Топливо	Материал	Гранулометрический состав групп фракций размером в мм, %										$\rho_a, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	$\rho_n, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	$\alpha_{д}, \text{град}$	$S_{уд}, \frac{\text{см}^2}{\text{г}}$
		>10	10–5	5–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,125	0,125–0,063	0,063–0,04	<0,04				
Экибастузкий уголь	Зола пылеугольных котлов	–	–	–	–	–	2,0	10,0	15,0	25,0	50,0	2,1	0,9	35	3600
	Шлак твёрдый	10,0	5,0	9,0	7,0	5,0	15,0	24,0	15,0	6,0	3,0	2,15	0,85	40	–
	Шлак котлов ЦКС	–	5,0	20,0	16,0	22,0	18,0	18,0	–	–	–	2,1	0,9	40	–
	Зола котлов ЦКС	–	–	–	–	–	1,5	9,0	14,0	26,0	51,6	2,2	0,95	35	3800
Кузнецкий уголь	Зола пылеугольных котлов	–	–	–	–	–	1,0	12,0	17,0	15,0	55,0	2,1	1,0	31	3200
	Шлак твёрдый	16,0	10,0	8,0	5,0	3,0	10,0	20,0	14,0	10,0	4,0	2,15	0,8	40	–
	Шлак жидкий	26,0	30,0	36	7,0	0,7	0,3	–	–	–	–	2,5	0,7	45	–
Ирша-бородинский уголь	Зола пылеугольных котлов	–	–	–	–	0,2	8,0	18,0	18,0	30,0	25,8	2,85	1,25	35	2900
	Шлак твёрдый	–	11,0	15	33,0	24,0	9,0	6,0	1,5	0,5	–	2,9	1,2	45	–
Березовский уголь	Зола пылеугольных котлов	–	–	–	–	–	3,0	12,0	20,0	30,0	35,0	3,0	1,3	40	4000
	Шлак твёрдый	2,0	5,0	3,0	15,0	25,0	27,0	15,0	6,0	2,0	–	3,2	0,75	45	–
	Шлак котлов ЦКС	–	3,0	3,0	10,0	36,0	24,0	13,0	8,0	3,0	–	2,7	0,65	45	–
	Зола котлов ЦКС	–	–	–	–	–	3,0	3,0	1,0	43,0	50,0	2,44	0,5	56	8000

Таблица 3. Сведения о количестве сжигаемых углей на ТЭС России; объемах образования, переработки и размещения золошлаков на золошлакохранилищах.

Показатели	Годы									
	1990	1995	2000	2002	2005	2006	2007	2008 ¹	2009 ¹	2010 ¹
Потребление угля, млн т натурального топлива/год	182,0	128,0	120,1	106,0	116,5	126,2	118,5	118,7	123,0	125,3
Средняя зольность, %	27,5	26,3	20,8	21,4	21,0	21,1	21,1	21,2	21,2	21,2
Объем образования золошлаков, млн т	50,0	33,7	25,0	22,7	24,5	26,6	25,0	25,2	26,1	26,6
Объем переработки золошлаков, млн т	4,5	1,9	3,1	3,3	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
Объем размещения золошлаков, млн т	45,5	31,8	21,9	19,4	20,5	22,4	20,6	20,6	21,3	21,6
Относительный объем переработки золошлаков, % годового выхода	9,0	5,6	12,4	14,5	16,3	15,8	17,6	18,3	18,4	18,8

Таблица 4. Требования к летучей золе для бетонов в России и государствах ЕЭС

Наименование показателя	Вид сжигаемого угля	Величина показателя в зависимости от вида золы по требованиям ГОСТ 25818-91, % по массе				Величина показателя по требованиям EN450, % по массе
		I	II	III	IV	
1. Содержание CaO						<1
- для кислой золы	Любой	<10				
- для основной золы, своб.	Бурый					
в т.ч.: свободного CaO _{своб.}						
- для кислой золы	Любой	Не нормируется				Не нормируется
- для основной золы	Бурый	<5	<5	Не норм.	<2	
2. Содержание MgO	Любой	<5	<5	Не норм.	<5	Не нормируется
3. Содержание SO ₃						
- для кислой золы	Любой	<3	<5	<3	<3	<3
- для основной золы	Бурый	<5	<5	<6	<3	
4. Содержание Na ₂ O						<1,5
- для кислой золы	Любой	<3	<3	<3	<3	
- для основной золы	Бурый	<1,5	<1,5	<3,5	<1,5	
5. Потеря массы при прокаливании (п.п.п.)						<5
- для кислой золы	Антрацит	<20	<25	<10	<10	
	Каменный	<10	<15	<7	<5	
	Бурый	<3	<5	<5	<2	
- для основной золы	Бурый	<3	<5	<3	<3	
6. Удельная поверхность, м ² /кг						Не нормируется
- для кислой золы	Любой	>250	>150	>250	>300	
- для основной золы	Бурый	>250	>200	>150	>300	
7. Остаток на сите						<40
7.1. R ₄₅	Любой					
7.2. R ₈₀						
- для кислой золы	Любой	<20	<30	<20	<15	
- для основной золы	Бурый	<20	<20	<30	<15	
8. Содержание Cl	Любой	Не нормируется				<0,1
9. Влажность	Любой	<1,0				<1,5

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЗОЛОШЛАКОВ ТЭС

Успешный опыт использования золошлаков на территории бывшего Советского Союза был получен еще до его развала. Так, например, рядом с Ермаковской ГРЭС (ныне Аксусская электростанция, Республика Казахстан) в конце 70-х годов XX в. был пущен в эксплуатацию завод, который потреблял около 80 тыс. т сухой золы экибастузских углей для производства высококачественного зольного кирпича. В конце 80-х годов XX в. был пущен и успешно работает в Челябинске (Урал, Россия) завод по производству также высококачественного зольного кирпича. Сырьем для его производства являлись золошлаковая смесь из отработанного гидрозолошлакоотвала и сухая зола Челябинской ТЭЦ-2. Основные причины строительства этого завода:

невозможность дальнейшего размещения образующихся при работе ТЭЦ золошлаков на гидрозолошлакоотвале, находящегося внутри города, из-за его проектного заполнения;

ответственная позиция руководства Челябинской области и энергокомпании при решении вопросов снижения вредного воздействия энергетики на окружающую среду.

В результате производства золошлакового кирпича продукция заводов по производству обжигового глиняного и силикатного кирпича оказалась неконкурентоспособной как по цене, так и по качеству. Последствия конкуренции с зольным кирпичом для этих заводов оказались печальными. К сожалению, положительный опыт использования золошлаков энергетики для промышленного производства высококачественного кирпича в масштабах всей России не нашел широкого применения.

О кондиционировании свойств золошлаков. В Кемеровской области рядом с Беловской ГРЭС строится завод по кондиционированию микросфер, образующихся при сжигании кузнецких углей. Инициатором этого проекта является российское подразделение компании Omega Minerals Group (Германия). Инвесторами проекта являются Omega Minerals Group и ОАО «Сибирская угольно-энергетическая компания» (ОАО «СУЭК»). Завод будет введен в эксплуатацию в конце 2010 – начале 2011 г.

В настоящее время рассматривается пилотный проект по управлению качеством золы при ступенчатом факельном сжигании углей в энергетических котлах в комплексе с использованием технологии пневмомеханического шлакоудаления и технологии Компании Separation Technologies (STI) по выделению мехнедожога из летучей золы. Достаточно подробно этот вопрос рассматривался на III Международном научно-практическом семинаре «Золошлаки ТЭС – удаление, транспорт, переработка, складирование», который проходил в Москве 22-23 апреля 2010 г. [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогнозный баланс развития электроэнергетики на период 2009—2015 гг. и на 2020 г. ЗАО «АПБЭ» (<http://www.e-apbe.ru/5years/detail.php?ID=19193>)
2. Методические указания по проектированию систем пневмоудаления золы от котлоагрегатов ТЭС, установок отпуска сухой золы потребителям и отгрузки ее на насыпные золоотвалы. РД 34.27.109-96. // Вишня Б.Л., Путилов В.Я. Екатеринбург, АО «Уралтех-энерго», 1997. 170 с.
3. Экология энергетики. Учебное пособие для вузов / Под общ. ред. В.Я. Путилова. М.: Издательство МЭИ, 2003. — 716 с.: ил.
4. В.Я. Путилов, А.М. Архипов, И.В. Путилова, Учеватов А.В. Комплексное решение вопросов повышения экономической эффективности, экологической безопасности и кондиционирования свойств золошлаков ТЭС России при факельном сжигании углей в энергетических котлах. Материалы III Международного научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование». Москва, 22-23 апреля 2010 г. — М.: Издательский дом МЭИ. — с. 38-42.

В.Я. Путилов, И.В. Путилова. Свойства золошлаков энергетики России. Материалы II Международной конференции «EuroCoalAsh». Копенгаген, 27-28 мая 2010 г. С. 95-100.