

Сжигание непроектных марок угольного топлива на ТЭЦ

К.т.н. В.В.Васильев, заведующий Котельной лабораторией, П.Ю. Гребеньков, директор, М.Н. Назаров, ведущий научный сотрудник Котельной лаборатории, А.А. Рубцов, ведущий научный сотрудник Топочной лаборатории СибВТИ Красноярского филиала ЗАО «Сибирский ЭНТЦ», г. Красноярск; к.т.н. С.Р. Янов, доцент кафедры ТЭС Политехнический институт Сибирского федерального университета, г. Красноярск

Введение

В 2008-2009 гг. возникла необходимость сжигания на существующих ТЭЦ больших объёмов непроектных хакасских каменных углей, добываемых в Минусинском угольном бассейне (Республика Хакасия) и ранее поставлявшихся за рубеж. Был проведён сравнительный анализ характеристик хакасских углей, на основании которого принято решение осуществить их опытное сжигание, как в чистом виде, так и в смесях с проектными углями в котлах Северодвинской ТЭЦ-1 и Абаканской ТЭЦ.

Этот предварительный анализ позволил предположить следующие особенности при использовании хакасских углей по сравнению с проектным видом топлива:

- трудности отдельного складирования и получения качественной смеси на угольном складе;
- повышение взрывоопасности при подготовке и хранении топлива, необходимость поддержания требуемой температуры аэросмеси за мельницами;
- повышение интенсивности шлакования экранов и ширм при увеличении температуры газов в топке, вероятность снижения максимальной бесшлаковочной мощности котла;
- увеличение интенсивности работы систем очистки поверхностей нагрева от наружных отложений;
- изменение скорости абразивного износа элементов котельного оборудования;
- изменение температур металла поверхностей нагрева;
- недопустимо резкие изменения температур перегретого пара при низком качестве смесей угольного топлива;

- ухудшение эффективности очистки газов от золы, рост скорости забивания скрубберов (для Северодвинской ТЭЦ-1) при повышении содержания оксида кальция в зольном остатке хакасских углей;
- изменение количества выбросов оксидов азота и серы в атмосферу;
- изменение скорости заполнения золоотвала.

Ниже приведены результаты испытаний при сжигании хакасских (черногорских) углей марки Д (ЧУК ДСШ и ХРУ ДСШ) в котлах ПК-10-2 Северодвинской ТЭЦ-1 и БКЗ-420 Абаканской ТЭЦ.

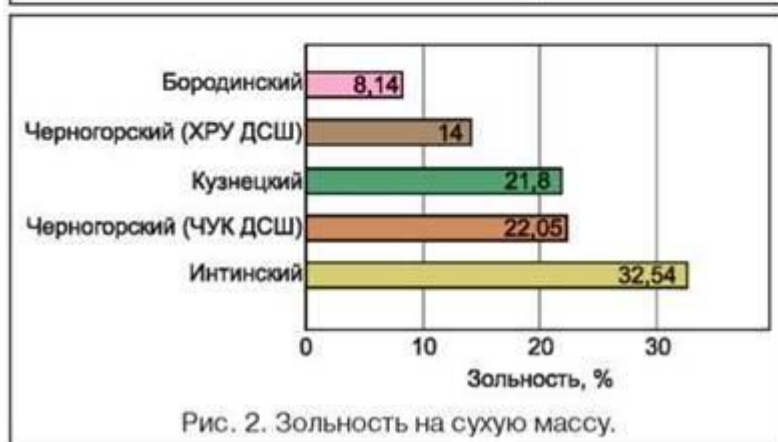
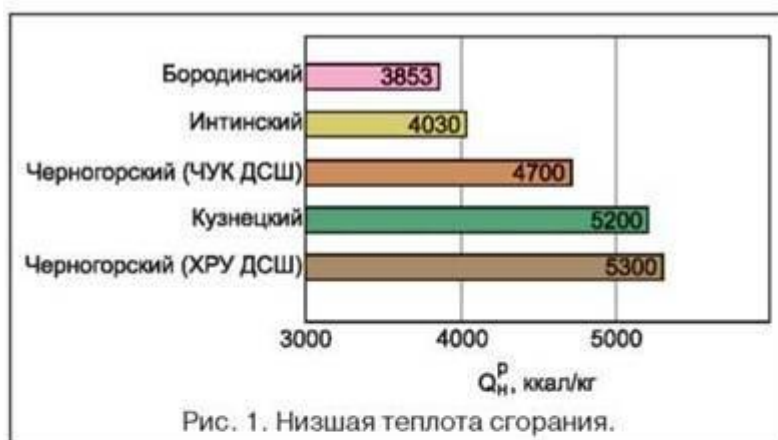
Сравнительный рейтинг основных характеристик хакасских (черногорских), бородинского, интинского и кузнецкого углей представлен на рис. 1-8.

В соответствии с РД 153-34.1-44.302-2001 «Методические указания по организации изменения топливного режима в связи с недостатком проектных углей на электростанциях РАО «ЕЭС России» для каждого объекта были разработаны и согласованы комплексная, техническая и рабочая программы опытного сжигания с мероприятиями по подготовке оборудования, выпущены соответствующие приказы и составлены акты осмотра оборудования до и после опытного сжигания.

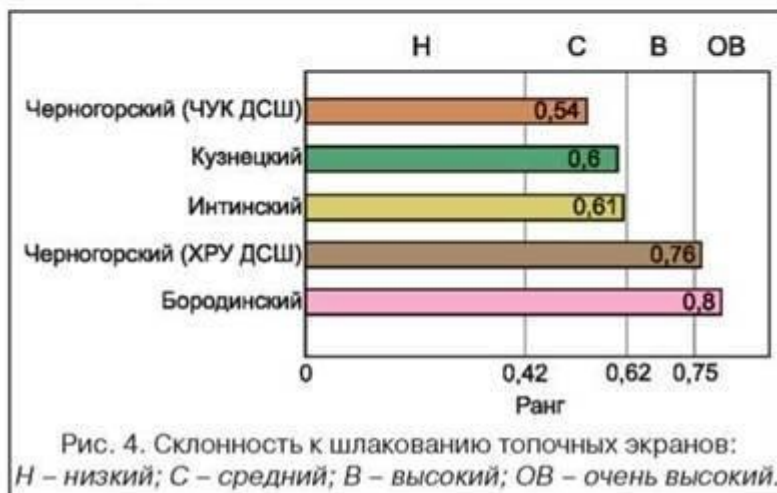
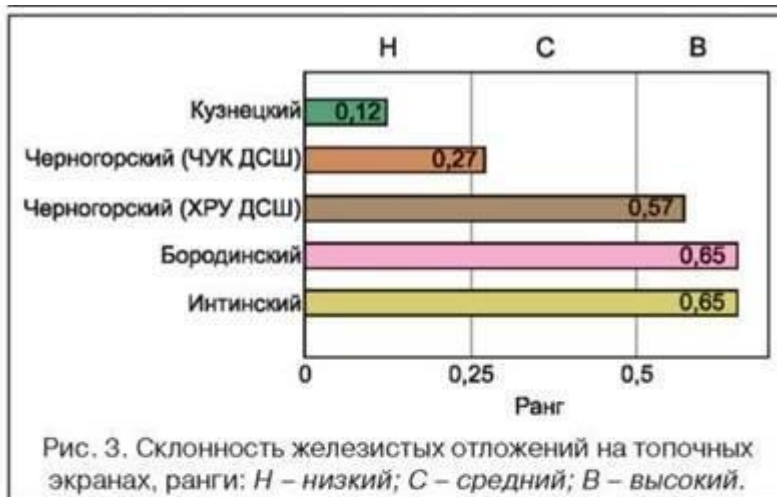
Северодвинская ТЭЦ-1

Котельный агрегат типа ПК-10-2 ст. № 5 Северодвинской ТЭЦ-1, на котором проводилось опытное сжигание, имеет П-образную компоновку, твердое шлакоудаление и по проекту предназначен для сжигания каменного угля Печорского бассейна. Котёл двухбарабанный, вертикально-водотрубный, с естественной циркуляцией, номинальной паропроизводительностью $D_{nom}=220$ т/ч ($P=8,8$ МПа; $t=215$ °С; $t_m=530$ °С). Топочная камера оборудована тангенциально направленными пылеугольными щелевыми горелками (8 шт.) в два яруса. Для размола топлива установлены две индивидуальные системы пылеприготовления с промбункером, с шаровой барабанной мельницей, центробежным сепаратором, сушкой топлива смесью горячего и слабо подогретого воздуха. Транспорт угольной пыли к горелкам осуществляется сушильным агентом с использованием мельничного вентилятора. Для очистки ширм (фестона) от наружных

отложений с фронта котла установлено четыре сопла пушечной обдувки. Очистка уходящих газов осуществляется в мокрых скрубберах Вентури на морской воде. Сжигаемое топливо - смесь интинского и кузнецкого углей.



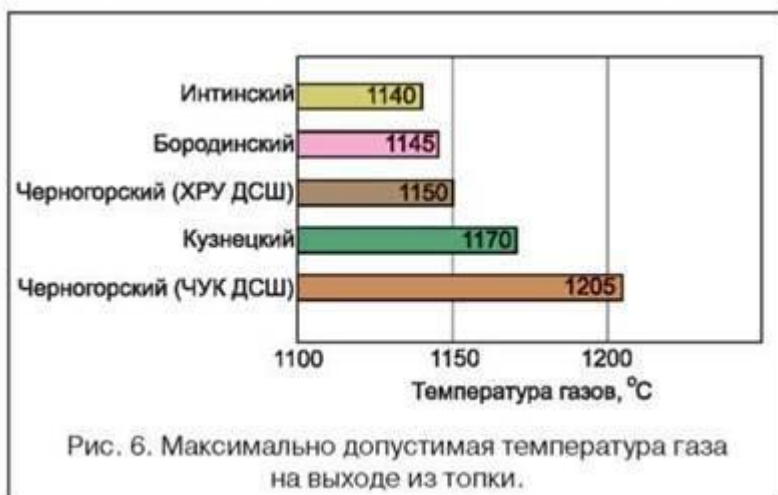
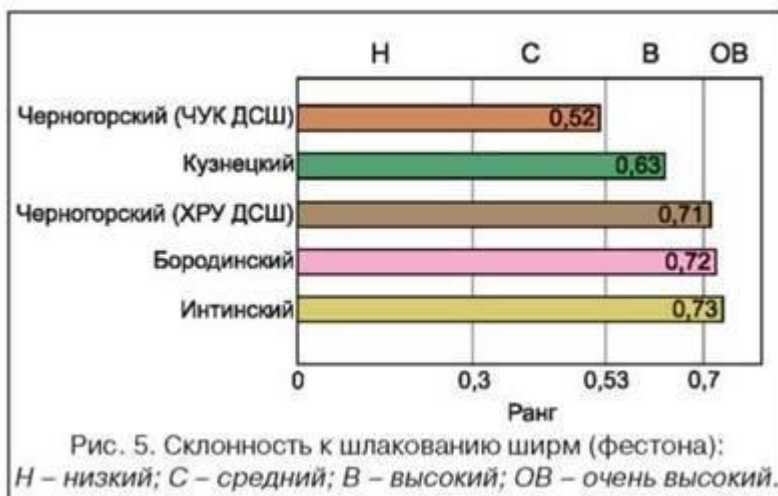
По теплотворной способности хакасские каменные угли (черногорский ХРУ ДСШ и ЧУК ДСШ) близки к кузнецкому (рис. 1). В результате их опытного сжигания на Северодвинской ТЭЦ-1 было установлено значительное снижение количества выбросов золы (рис. 2) и оксидов серы в атмосферу, абразивности топлива и скорости заполнения золоотвала. Увеличение необходимой сушильной производительности мельниц несущественно.



Также было установлено, что при использовании непроектного вида топлива:

- снижается склонность к образованию трудноудаляемых железистых отложений на топочных экранах (рис. 3);
- склонность к шлакованию топочных экранов для хакасского угля шахтной добычи (ХРУ ДСШ) увеличивается, а для угля открытой добычи (ЧУК ДСШ) снижается (рис. 4);
- снижается склонность к шлакованию фестона (рис. 5);
- максимально допустимая температура газов на выходе из топки (рис. 6) растет (более низкая прочность отложений по отношению к интинскому углю), но температура начала шлакования (рис. 7) снижается (необходим контроль интенсивности шлакования фестона);
- повышается склонность к образованию сульфатно-кальциевых отложений в конвективной шахте и мокром золоуловителе, особенно для ХРУ ДСШ;
- взрывоопасные свойства топлива по отношению к интинскому углю растут, оставаясь в пределах третьей группы

взрывоопасности (опасной), при этом максимально допустимая температура сушильного агента за мельницей не изменяется и составляет 70 °С.

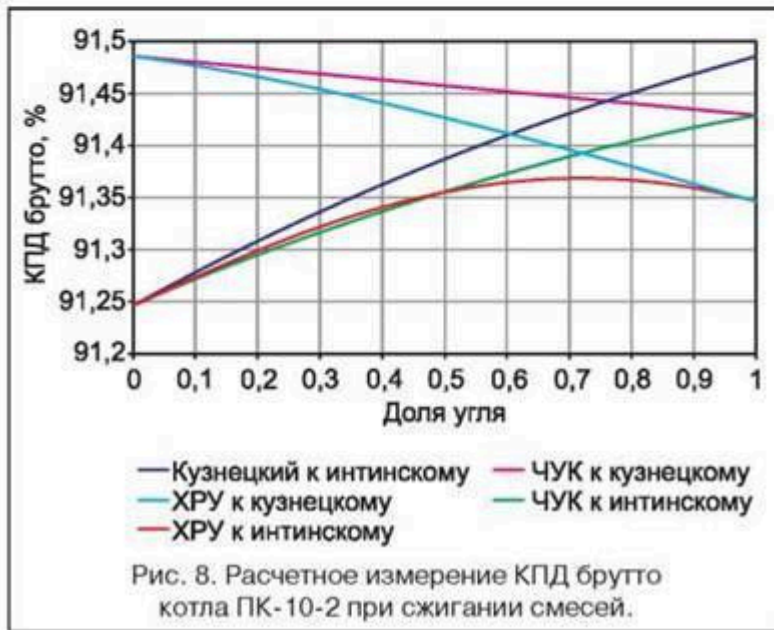
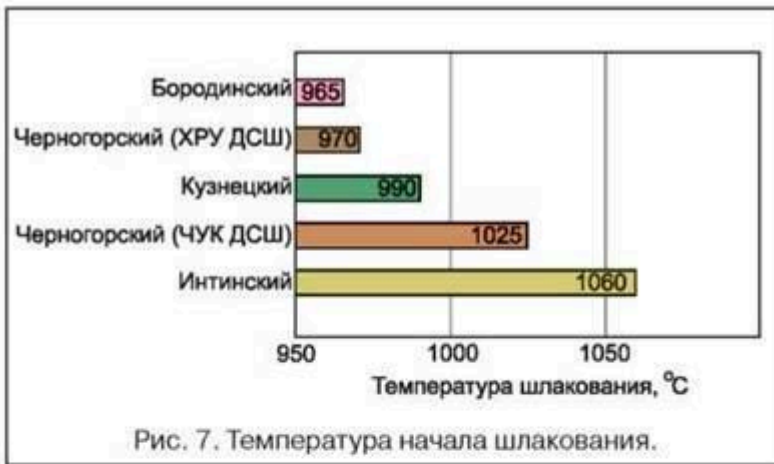


Результаты балансовых опытов при сжигании интинского, кузнецкого и хакасских углей свидетельствуют о незначительном изменении коэффициентов тепловой эффективности поверхностей нагрева котла. С ростом доли хакасских углей в смеси с интинским увеличивается КПД брутто котла (рис. 8).

Испытания показали, что для снижения пыления в системе топливоподачи при сжигании кузнецкого и хакасских углей необходима наладка или внедрение новых систем аспирации и пылеподавления. Для надежной работы пробоотборника топлива необходимо обеспечивать влажность топлива $W < 18\%$. Температура аэросмеси за мельницей поддерживалась в допустимых пределах. Котел в диапазоне нагрузок 150-220 т пара в час работает стабильно без подсветки мазутом; температура перегретого пара поддерживается во всем регулировочном диапазоне нагрузок; оптимальный избыток

воздуха составляет $\alpha=1,2-1,35$; потери тепла с механическим недожогом при оптимальных режимах составляют 0,45-0,65%; тонина помола в оптимальных режимах близка к рекомендованной нормами – $R_{90}=25\%$; концентрация оксидов азота при сжигании хакасских углей, приведенная к $\alpha=1,4$, составила 950-1550 мг/нм³, концентрация оксидов серы - 330-790 мг/нм³.

При испытании золоуловителей определено, что степень очистки газов в мокрых скрубберах Вентури типа МВ при сжигании каменных хакасских углей, в том числе в смеси с проектным интинским, кузнецким углем составляет 94-94,7%, при проектном значении 95%. От качества сжигаемых углей при опытном сжигании эффективность работы золоуловителей практически не меняется. При меньшей зольности хакасских углей по отношению к интинскому существенно снижаются выбросы золы в атмосферу. В процессе опытного сжигания выполнялась очистка труб Вентури без останова котла. Содержание СаО в зольном остатке проб топлива, отобранных при балансовых испытаниях, не превышало 5,6%. В этом отношении на Северодвинской ТЭЦ-1 предпочтительнее использование хакасских углей ЧУК ДСШ.



Абаканская ТЭЦ

Котел БКЗ-420-140-ПТ-2 ст. № 4 Абаканской ТЭЦ номинальной паропроизводительностью $D_{\text{ном}}=420$ т/ч ($P=13,7$ МПа; $t=230$ °С; $t_m=560$ °С) с естественной циркуляцией и твердым шлакоудалением рассчитан на сжигание бородинского угля. В топочной камере установлены прямоточные пылеугольные горелки (12 шт.) и воздушные сопла заднего дутья (4 шт.) по тангенциальной схеме в два яруса, с организацией двух вихрей. Котел оборудован четырьмя системами пылеприготовления прямого вдувания с газовой сушкой, с молотковыми мельницами и мельничными вентиляторами. Очистка дымовых газов за котлом осуществляется в электрофильтрах.

Анализ результатов использования на Абаканской ТЭЦ черногорского угля (по сравнению с бородинским углем) подтвердил следующее:

- ■ снижается склонность к образованию трудноудаляемых железистых отложений на топочных экранах (рис. 3);
- ■ склонность к шлакованию топочных экранов и ширм смещается в область меньших значений (рис. 4, 5);
- ■ максимально допустимая температура на выходе из топки и температура начала шлакования возрастают (рис. 6, 7);
- ■ склонность к образованию сульфатно-кальциевых отложений в конвективной шахте снижается до минимума;
- ■ растет интенсивность износа котельного оборудования;
- ■ взрывоопасные свойства снижаются, оставаясь в пределах третьей группы (опасной), при которой максимально допустимая температура сушильного агента за мельницей составляет 220 °С.

Балансовые опыты показали, что коэффициенты тепловой эффективности поверхностей нагрева и коэффициента использования воздухоподогревателя при переходе с бородинского на черногорский уголь существенно не изменились. Номинальный перегрев пара при сжигании черногорского угля обеспечивался при нагрузках котла свыше 0,85 от $D_{\text{ном}}$. Прохождение угля по тракту топливоподачи не вызывало затруднений. По сушильной производительности пылесистем ограничений не было. Отмечен интенсивный износ лопаток и внутренней брони корпуса мельничного вентилятора и молотков (бил) мельниц. Проблем с обеспечением номинальной нагрузки котла не было. Также не наблюдалось ограничений по тяге и дутью. Использование в штатном режиме средств очистки поверхностей нагрева позволило поддерживать уровень загрязнения пароперегревателя и топочных экранов в стабильном состоянии. КПД брутто котла на черногорском угле оказался на 2,5% ниже, чем на бородинском угле из-за повышенной потери тепла от механической неполноты сгорания, преимущественно с уносом, что обусловлено более грубым дисперсным составом угольной пыли по сравнению с рекомендуемыми значениями для каменного угля. Концентрации оксидов азота при сжигании черногорского угля составили 450-590 мг/нм³, что на 3080 мг/нм³ выше концентраций, полученных при сжигании бородинского угля.

Эффективность работы электрофилтра на черногорском угле не отличалась от бородинского и составила 99%. Несмотря на повышенную зольность опытного угля система

золошлакоудаления доказала свою работоспособность. Следует также отметить, что зола черногорского угля пригодна для изготовления строительных растворов, покрытия дорог в смеси с цементом или известью.

Выводы

1. Результаты опытного сжигания на Северодвинской ТЭЦ-1 обосновывают целесообразность промышленного сжигания хакасских углей с влажностью менее 18% и содержанием СаО в зольном остатке менее 5,6%, как в чистом виде, так и в любой пропорции с интинским и кузнецким углями без снижения бесшлаковочной мощности.
2. Проведенные исследования на Абаканской ТЭЦ, несмотря на выявленные недостатки использования непроектного топлива, также подтвердили техническую возможность сжигания черногорского угля в котле БКЗ-420-140-ПТ-2.

Ответ на запрос НТ об используемых марках углей на Северодвинской ТЭЦ-1

А.Ю. Агафонов, главный инженер ГУ ОАО «ТГК-2» по Архангельской области

В настоящее время для сжигания в котлах на Северодвинской ТЭЦ-1 используется уголь четырех месторождений - Интинского, Кузнецкого, Хакасского и Воркутинского. До 2008 г. использовались только кузнецкий и интинский угли.

Сегодня поиск оптимального сочетания углей продолжается. Для сохранения стабильного уровня тарифов для населения и улучшения экологических показателей работы мы используем различные виды угля. Благодаря использованию четырех видов угля вместо двух за четыре года нам удалось снизить выбросы в окружающую среду почти на 30%. Что касается хакасского угля, то в настоящее время он сжигается в смеси с остальными видами углей на всех котлах Северодвинской ТЭЦ-1.