

УДК 621.181.12.001

Р.Г.Аношин, Ф.Р.Валиев, В.В.Литвиненко (6 курс, каф. РиПГС),
В.Е.Скудицкий, к.т.н., ген. директор ООО "Компания "НТВ-энерго",
К.А.Григорьев, к.т.н., доц.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПУСКО-НАЛАДОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ КОТЛА Е-220-9,8-510, ПЕРЕВЕДЕННОГО НА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ВИХРЕВОЕ СЖИГАНИЕ ПОДМОСКОВНОГО БУРОГО УГЛЯ

В рамках Программы технического перевооружения и реконструкции электростанций ОАО "Тулэнерго", утвержденной РАО "ЕЭС России", в 2004 г. на Новомосковской ГРЭС был реконструирован котел Е-220-9,8-510-4 (ст. № 15) с переводом на современную низкотемпературную вихревую (НТВ) технологию сжигания подмосковного бурого угля.

Основные цели проведенной реконструкции — повышение эффективности сжигания низкосортного подмосковного бурого угля и продление ресурса котельно-топочного оборудования.

Паровой котел Е-220-9,8-510-4 Новомосковской ГРЭС имеет следующие расчетные параметры: номинальная паропроизводительность $D = 220$ т/ч; давление перегретого пара $p_{\text{пп}} = 9,8$ МПа; температура перегретого пара $t_{\text{пп}} = 510$ °С. Номинальная полезная тепловая мощность котла составляет $Q = 152$ МВт.

Котел рассчитан для работы на подмосковном буром угле, марки Б2. В связи с ухудшением качества проектного топлива, котлы станции с конца 60-х годов работают только с подсветкой факела резервным топливом — мазутом и газом.

Описание основных технических решений, заложенных нами в проект реконструкции котла, приведено в [1]. Проектом реконструкции предусмотрена замена старой негазоплотной топки на новую (в газоплотном исполнении, специально сконструированную и оснащенную новыми горелочно-сопловыми устройствами для организации НТВ-сжигания).

После завершения монтажных работ на котле был выполнен комплекс пуско-наладочных работ и режимно-наладочных испытаний.

В ходе пуско-наладочных работ: выполнена проверка работоспособности и измерены характеристики на холостом ходу котельно-вспомогательного оборудования (дымососов, дутьевых вентиляторов, питателей сырого угля, мельниц); проведена опрессовка котла; выполнены тарировки всех воздухопроводов и холодные аэродинамические продувки вихревой топки котла.

Тарировки воздухопроводов проводились согласно рекомендациям [2]. Для измерений использовались дифференциальные манометры ДМЦ-1 и трубки Прандтля с заранее определенными коэффициентами преобразования давления.

При продувках топки котла холодным воздухом было снято поле скоростей на выходе из сопел системы нижнего дутья по ширине котла (отклонения от среднего значения скорости по отдельным регистрам сопел колебались в пределах 6%).

Для овиднения аэродинамики вихревой топки применялись различные материалы (опилки, кусочки бумаги, серпантин).

Режимно-наладочные испытания котла проводились согласно методике ОРГРЭС [3].

Во время испытаний измерения основных параметров по топливному, пароводяному и газовоздушному трактам проводились при помощи заранее поверенных и оттарированных приборов, размещенных на щите управления котла. Давление (разрежение) среды по газовоздушному тракту определялось по показаниям щитовых приборов с выборочной

проверкой по месту при помощи U-образного дифференциального манометра. Расход воздуха определялся по выведенным на щит показаниям перепада давления в стационарно установленных соплах микровентури.

Отбор проб сырого топлива производился из бункеров сырого угля. Отбор пыли из потока аэросмеси проводился из пылепровода (на участке "сепаратор-горелка") специально сконструированной отборной трубкой ВТИ, с последующим улавливанием пыли в циклоне. Изокинетичность отбора пыли достигалась регулированием разрежения в отборной трубке.

Состав дымовых газов (на содержание в них кислорода, уголекислоты, окиси углерода, оксидов серы и азота) определялся при помощи газоанализатора КГА-8. Температура в топочной камере определялась при помощи оптического пирометра «Проминь».

Содержание горючих в шлаке и золе уноса определялось в химической лаборатории станции, с выборочной контрольной проверкой в топливной лаборатории СПбГПУ.

Обработка результатов измерений проводилась согласно [2]. Коэффициент полезного действия котла определялся методом обратного баланса по методике, изложенной в [3].

Во время испытаний на котле сжигался подмосковный бурый уголь.

Технические характеристики исходного (сырого) топлива колебались в следующих пределах: влажность $W_t^r = 26...31\%$; зольность $A^r = 36...40\%$; удельная теплота сгорания (низшая) $Q_t^r = 7,1...8,8$ МДж/кг. Гранулометрический состав сырого топлива варьировался в следующих пределах: остаток на сите 1 мм — $R_{1000} = 70...85\%$; остаток на сите 10 мм — $R_{10} = 14...22\%$; максимальный размер зерна $d_{\text{макс}} = 22...30$ мм.

Гранулометрический состав поступающей в топку пыли изменялся следующим образом: остаток на сите 90 мкм — $R_{90} = 80...90\%$; остаток на сите 1000 мкм — $R_{1000} = 9...21\%$; максимальный размер зерна $d_{\text{макс}} = 5...10$ мм. Влажность пыли изменялась в пределах $W^{\text{пл}} = 13...24\%$;

Опыты проводились при работе трех и четырех пылесистем в диапазоне паровой нагрузки котла 36...48 кг/с (130...172 т/ч), или $D = (0,6...0,8)D_{\text{ном}}$. Параметры перегретого пара выдерживались в требуемом диапазоне (510...520 °С). При этом удалось обеспечить работу котла без подсветки пылеугольного факела резервным топливом — природным газом. Шлакование топки отсутствовало.

Максимальная нагрузка котла была ограничена условиями работы пылеприготовительных систем. При групповом регулировании питателей две пылесистемы были нагружены до максимума (по условиям работы скребковых питателей сырого угля), в то время как две другие работали с недогрузом. При паспортной производительности скребковых питателей по сырому топливу равной 34 т/ч, они реально выдавали не более 17 т/ч.

Воздушный баланс топки поддерживался близким к расчетному: на пылеугольные горелки подавалось 50...60 % воздуха (по сумме первичного и вторичного); на нижнее дутье — примерно 30 %; на охлаждение растопочных горелок и третичный воздух — примерно 10...20 %.

При паровой нагрузке $D = 0,8D_{\text{ном}}$ коэффициент полезного действия (брутто) котла составил 88,4%. Измеренные при этой нагрузке концентрации вредных выбросов в уходящих газах (приведенные к коэффициенту избытка воздуха $\alpha=1,4$ и нормальным условиям) составили: оксидов азота $C_{\text{NOx}} = 350...380$ мг/нм³; оксидов серы $C_{\text{SOx}} = 5000...5500$ мг/нм³ (что соответствует степени связывания оксидов серы 40...45 %); окиси углерода $C_{\text{CO}} = 170...200$ мг/нм³.

Измерения уровня температуры в вихревой топке показали, что поле температуры в вихревой зоне топки достаточно равномерно и изменяется в диапазоне 980...1070 °С. Отмечено, что на характер поля температуры в объеме вихревой топки существенно влияет распределение воздуха по горелочно-сопловым устройствам. При паровой нагрузке котла $D = 0,8D_{\text{ном}}$ на выходе из вихревой зоны топки температурный максимум составил

1000...1020 °С, что оказалось ниже ожидаемого. Температура на выходе из топки оказалась равной примерно 940 °С, что несколько выше расчетного значения (900 °С).

Полученные результаты по пирометрии топки можно объяснить следующим образом. При проведении проектных расчетов были использованы экспериментальные данные, полученные для топки аналогичного котла, но в негазоплотном исполнении. Газоплотное исполнение топки снижает присосы неорганизованного воздуха в топку и в целом способствует снижению уровня температуры в ядре факела. Некоторое снижение максимальной температуры в топке в свою очередь ухудшает теплообмен излучением, что может в конечном итоге привести к повышению температуры на выходе из топки.

Обработка опытного материала, полученного при испытании пылесистем, показала, что гранулометрический состав пыли существенно зависит от крупности исходного топлива, положения регулирующих органов сепаратора мельницы и практически не зависит от вентиляции мельницы.

Полученные на данном этапе результаты носят предварительный характер, и обобщенные экспериментальные зависимости параметров работы котла могут быть получены после накопления достаточного массива опытных данных.

В настоящее время на котле выполняется комплекс работ по замене скребковых питателей сырого угля на двухшнековые, с индивидуальной схемой регулирования, после чего на котле будут продолжены режимно-наладочные и специальные испытания.

По результатам пуско-наладочных и первого этапа режимно-наладочных испытаний котла Е-220-9,8-510 после его реконструкции с переводом на НТВ технологию сжигания подмосковного бурого угля можно сделать следующие предварительные *выводы*:

1. Котел устойчиво работает на низкосортном угле с удельной теплотой сгорания $Q_i^r = 7,1...8,8$ МДж/кг без подсветки газом и шлакования топки в проверенном диапазоне нагрузок $D = (0,6...0,8)D_{\text{ном}}$ с номинальными параметрами пара при трех и четырех работающих пылесистемах.

2. Коэффициент полезного действия (брутто) котла при паровой нагрузке $D = 0,8D_{\text{ном}}$ находится на уровне 88,4 %.

3. Концентрации вредных выбросов в уходящих газах (приведенные к $\alpha=1,4$ и нормальным условиям) при нагрузке $D = 0,8D_{\text{ном}}$ равны (в среднем): оксидов азота $C_{\text{NOx}} = 365$ мг/нм³; оксидов серы $C_{\text{SOx}} = 5250$ мг/нм³; окиси углерода $C_{\text{CO}} = 185$ мг/нм³.

Таким образом, результаты пуско-наладочных испытаний котла Е-220-9,8-510 после реконструкции с организацией НТВ технологии сжигания доказали принципиальную возможность решения проблемы сжигания низкосортного подмосковного бурого угля без подсветки резервным топливом и без шлакования поверхностей нагрева.

Работа поддержана грантом Правительства Санкт-Петербурга совместно с Минобразования РФ и РАН (М04-3.1Д-299).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аношин Р.Г., Валиев Ф.Р., Литвиненко В.В., Григорьев К.А. Реконструкция котла Е-220-9,8-510 на основе низкотемпературного вихревого сжигания подмосковного бурого угля // XXXII Неделя науки СПбГПУ: Мат. межвуз. науч.-техн. конф. Ч.II. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. С. 119-121.
2. Трембовля В.И., Фингер Е.Д., Авдеева А.А. Теплотехнические испытания котельных установок. М.: Энергия, 1977. 296 с.
3. РД 153-34.1-26.303-98. Методические указания по проведению эксплуатационных испытаний котельных установок.