

**РАБОТА КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА П-67 СТ. № 2
ФИЛИАЛА «БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС» ОАО «Э.ОН РОССИЯ»
ПРИ НАГРУЗКЕ БЛОКА 800 МВт**

Янов С.Р., Жадовец Е.М., Гребеньков П.Ю., Назаров М.Н.

(Политехнический институт СФУ, СибВТИ, Красноярск)

В связи с ограничением тепловой мощности котла из-за интенсивного шлакования его поверхностей нагрева при длительной работе энергоблока на нагрузке 800 МВт энергоблок ст. №2 в 2000 г. был перемаркирован на нагрузку 700 МВт.

В результате выполнения в период с 2000 г. по 2005 г. мероприятий по увеличению бесшлаковочной мощности котла энергоблок ст. №2 в 2005 г. был перемаркирован на нагрузку 750 МВт [1,2,3,4]. В настоящее время установленная мощность энергоблока – 750 МВт.

Для снятия ограничения установленной мощности энергоблока ст. №2 в летнюю ремонтную кампанию 2010 года были реализованы мероприятия, направленные на увеличение размольной производительности мельниц-вентиляторов и на повышение бесшлаковочной мощности. А именно была произведена замена всех электродвигателей мельниц-вентиляторов на двигатели мощностью 1000 кВт; наращены лопатки мельниц; на выходе из топки перед ШПП-2 произведена установка дополнительных четырех глубоководных паровых обдувочных аппаратов типа RK-SL; в конвективной шахте установлены 36 глубоководных паровых обдувочных аппаратов RK-SL, 24 многосопловых паровых обдувочных аппарата RK-SB и 28 аппаратов ОКШ. Были оптимизированы режимы и параметры обдувок.

С целью обоснования дальнейшей перемаркировки блоков с повышением электрической мощности до 800 МВт проведены эксплуатационные балансовые (тепловые) испытания котла П-67 ст. №2 с целью подтверждения возможности несения базовой электрической нагрузки 800 МВт [5].

Балансовые опыты [6] проводились при нагрузке $N_3=800$ МВт (расход острого пара $D_{оп}\approx 2570$ т/ч; расход пара промперегрева $D_{пп}\approx 2150$ т/ч), коэффициент избытка воздуха за водяным экономайзером $\alpha''_{вз}\approx 1,25$. Температура острого пара изменялась в пределах $t_{оп}=539\div 550^\circ\text{C}$, $t_{оп.ср}=547^\circ$, температура горячего промперегрева $t_{пп}=515\div 545^\circ\text{C}$, $t_{пп.ср}=535^\circ$ при температуре питательной воды, равной $t_{пв}=272\div 274^\circ\text{C}$, $t_{пв.ср}=273^\circ\text{C}$.

С 03.11.2010 г. опыты проводились при нагрузке $N_3=810$ МВт ($D_{оп}\approx 2595$ т/ч; $D_{пп}\approx 2160$ т/ч), коэффициент избытка воздуха за водяным экономайзером $\alpha''_{вз}=1,27$. Температура острого пара изменялась в пределах $t_{оп}=538\div 550^\circ\text{C}$, $t_{оп.ср}=548^\circ$, температура горячего промперегрева $t_{пп}=504\div 549^\circ\text{C}$, $t_{пп.ср}=539^\circ$ при температуре питательной воды, равной $t_{пв}=272\div 274^\circ\text{C}$, $t_{пв.ср}=274^\circ$.

Отпуск тепла энергоблоком поддерживался на уровне $48\div 92$ Гкал/ч ($28\div 65$ Гкал/ч – нагрузка ВВТО, $50\div 52$ Гкал/ч – нагрузка бойлерной установки) по условию работы тепловой сети. Кроме того, на первоначальном этапе испытаний в связи с задержкой вывода из ремонта комплекса паровой обдувки котла бойлерная установка была включена в работу только с 27.10.2010 г.

Для обеспечения тепловой нагрузки котла П-67 ст. №2 равной уровню электрической нагрузки энергоблока $N_3 = 800$ МВт и тепловой нагрузке бойлерной установки $Q_{от} = 75$ Гкал/ч с 03.11.2010 г. электрическая нагрузка энергоблока ст. № 2 была увеличена до $N_3 = 810$ МВт.

При нагрузках 800÷810 МВт работа котла обеспечивалась семью пылесистемами; ограничений по производительности пылесистем, тяге и дутью не было выявлено. Так как с 25.10.2010 г. обеспечивалась стабильная работа котлоагрегата при семи работающих мельницах в различных сочетаниях, с 30.10.2010 г. был осуществлен переход в восьми мельничный режим для снижения температурных перекосов по газовому тракту. На рис. 1 представлены изменения нагрузки блока во время проведения балансовых испытаний.

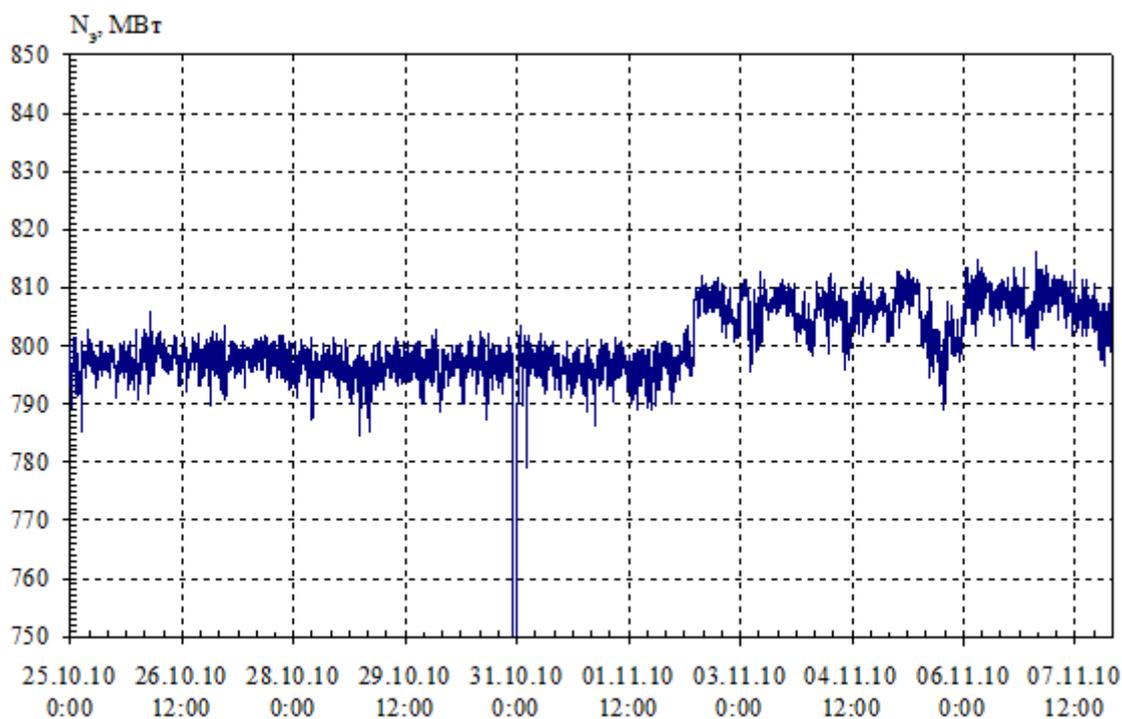


Рис. 1. Электрическая нагрузка энергоблока ст. №2 во время испытаний

Работа котла в период испытаний характеризовалась следующими показателями экономичности:

- потери тепла с уходящими газами $q_2 = 8,67 \div 9,5\%$;
- потери тепла с химическим недожогом $q_3 = 0\%$;
- потери тепла с механическим недожогом $q_4 = 0,24\%$;
- содержание горючих в уносе и в шлаке изменялось в интервале соответственно $C_{ун}^r = 2,0 \div 2,2\%$ и $C_{шл}^r = 13,1 \div 44,2\%$;
- коэффициент полезного действия $\eta_{бр} = 89,9 \div 90,8\%$.

На рис. 2 представлены результаты пирометрии топочной камеры котла П-67 ст. №2 во время проведения балансовых опытов при электрической нагрузке блока 800÷810 МВт.

Сопротивление конвективной шахты за время проведения испытаний существенно не изменилось и составило ~ 130 кгс/м².

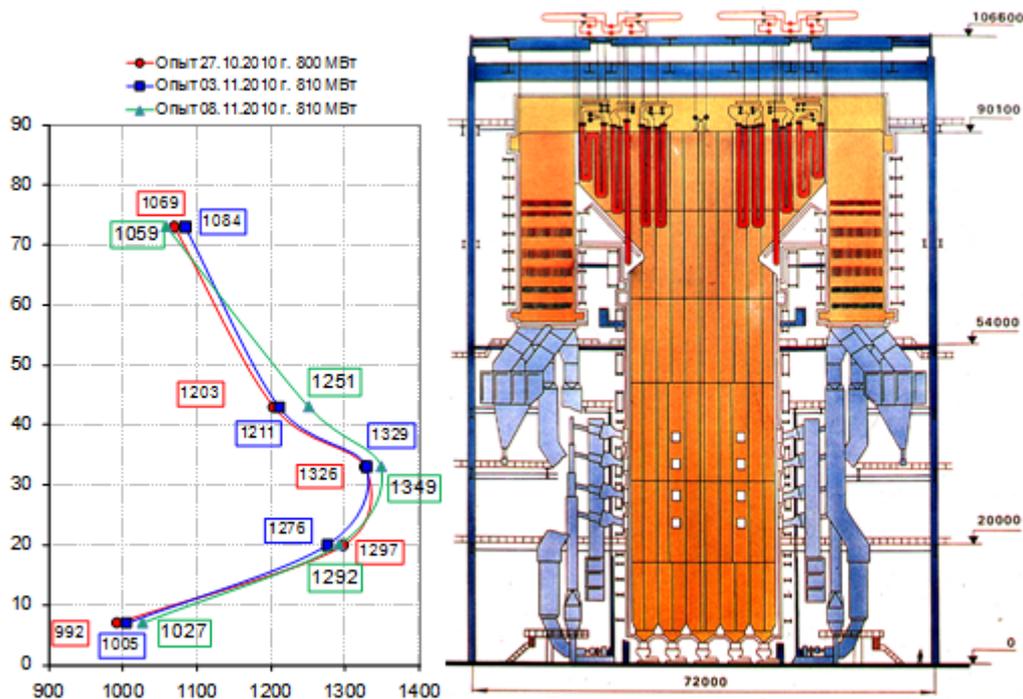


Рис. 2. Пирометрия топочной камеры котла П-67 ст. № 2

В связи с тем, что на момент начала испытаний 25.10.10 г. комплекс паровой обдувки не был введен в эксплуатацию (включая обдувку ширм аппаратами ОГ-12), на аппаратах обдувки конвективной шахты (КШ) производилась горячая наладка, согласно принятому графику проводилась обдувка только топочной камеры и ШПП-2. Обдувка ШВП начала проводиться с 30.10.2010 г., обдувка конвективной шахты в полном объеме не проводилась до 3.11.2010 г.

Отсутствие комплексной очистки при работе блока с нагрузкой 800 МВт позволило оценить влияние очистки на динамику шлакования и загрязнения поверхностей нагрева. В качестве критерия оценки интенсивности шлакования и загрязнения использовался коэффициент тепловой эффективности поверхности нагрева [7]. При помощи программы ТЭФ-2007 [8] оценивалось изменение коэффициентов тепловой эффективности поверхностей нагрева котла с момента набора номинальной нагрузки блока (рис. 3) и во время проведения балансовых испытаний (рис. 4).

Как видно на рис. 3, отсутствие обдувки ШПП-1, ШПП-3, ШВП и частичной обдувки ШПП-2 привело к значительному снижению коэффициентов тепловой эффективности. Только за 30 часов отсутствия обдувки коэффициент тепловой эффективности ШВП снизился на $\approx 18\%$, ШПП-1 на $\approx 16\%$, ШПП-3 на $\approx 14\%$. При частичной обдувке коэффициент тепловой эффективности ШПП-2 снизился на 26%. Коэффициент тепловой эффективности топочной камеры не изменился за счет надежной работы водяной обдувки. При этом отсутствие очистки КВП и КПП за данный интервал времени не привело к снижению коэффициентов тепловой эффективности. Отсутствие отрицательной динамики изменения коэффициентов тепловой эффективности конвективных поверхностей нагрева объясняется тем, что данные поверхности эксплуатируются при более умеренных температурах газов и процесс загрязнения более длительный.

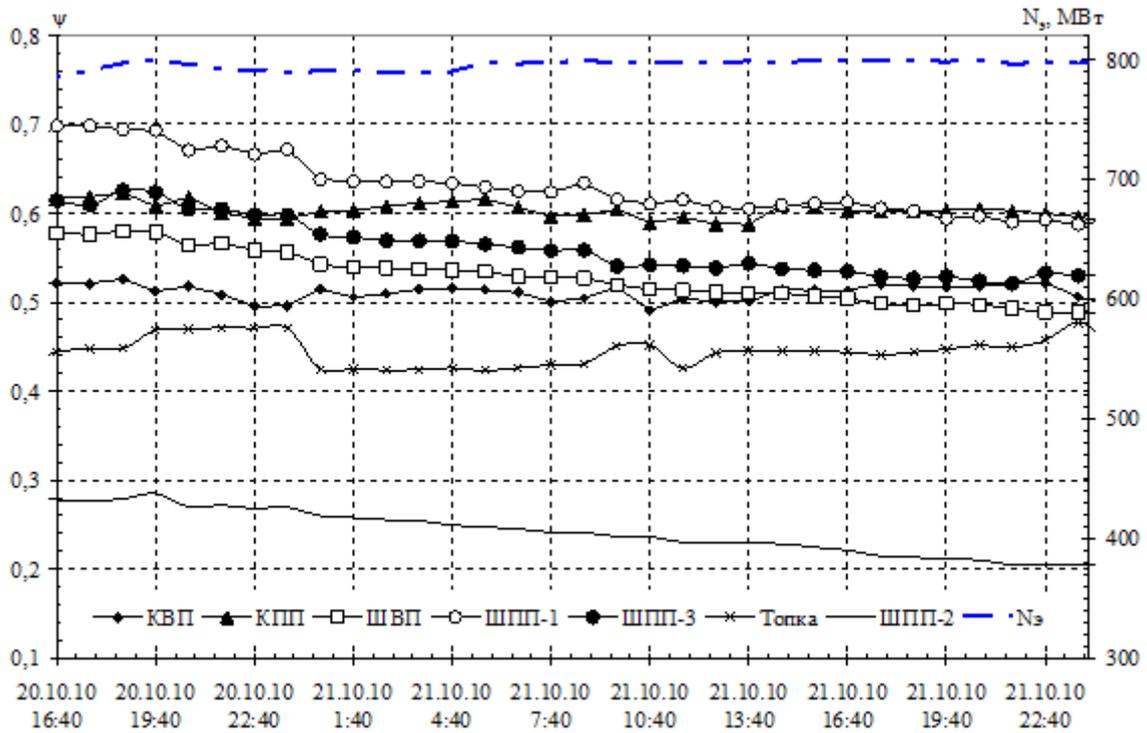


Рис. 3. Изменение коэффициентов тепловой эффективности поверхностей нагрева блока ст. № 2 с отключенной комплексной обдувкой

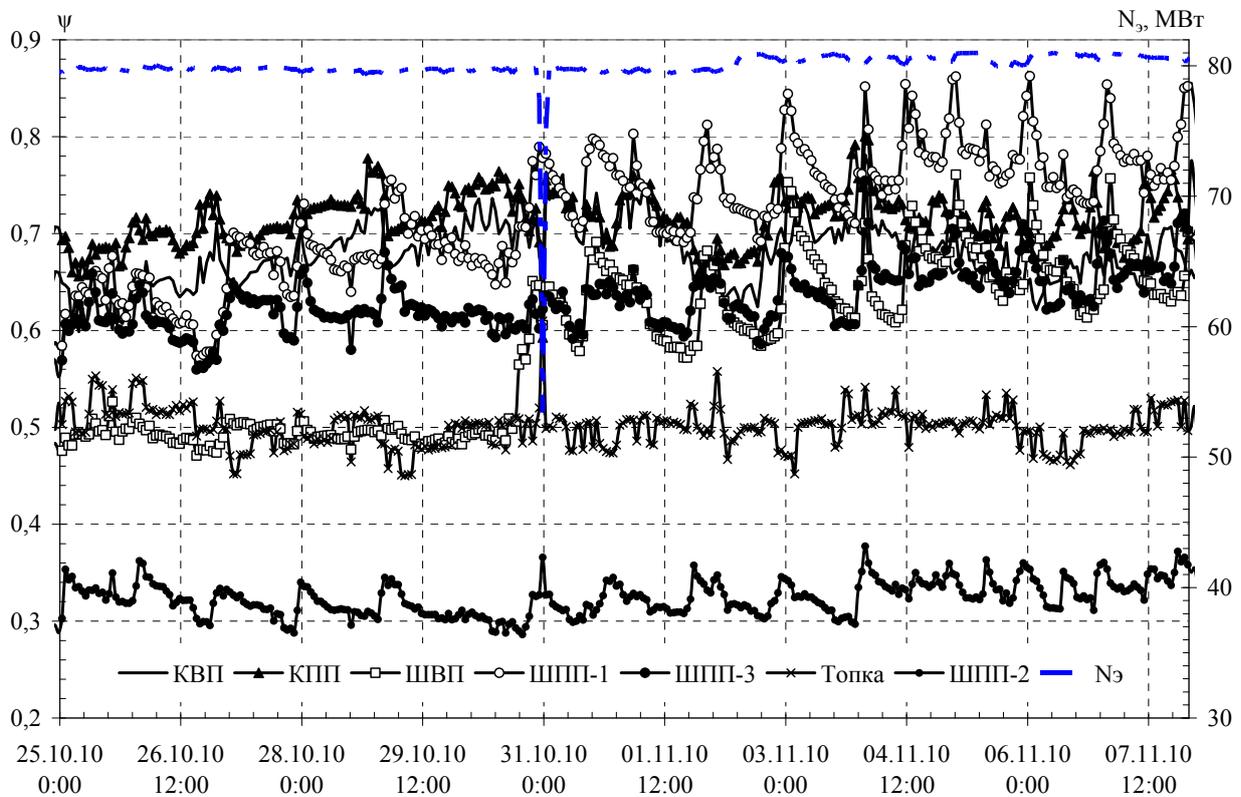


Рис. 4. Изменение коэффициентов тепловой эффективности поверхностей нагрева котла П-67 ст. № 2 с включенной комплексной обдувкой

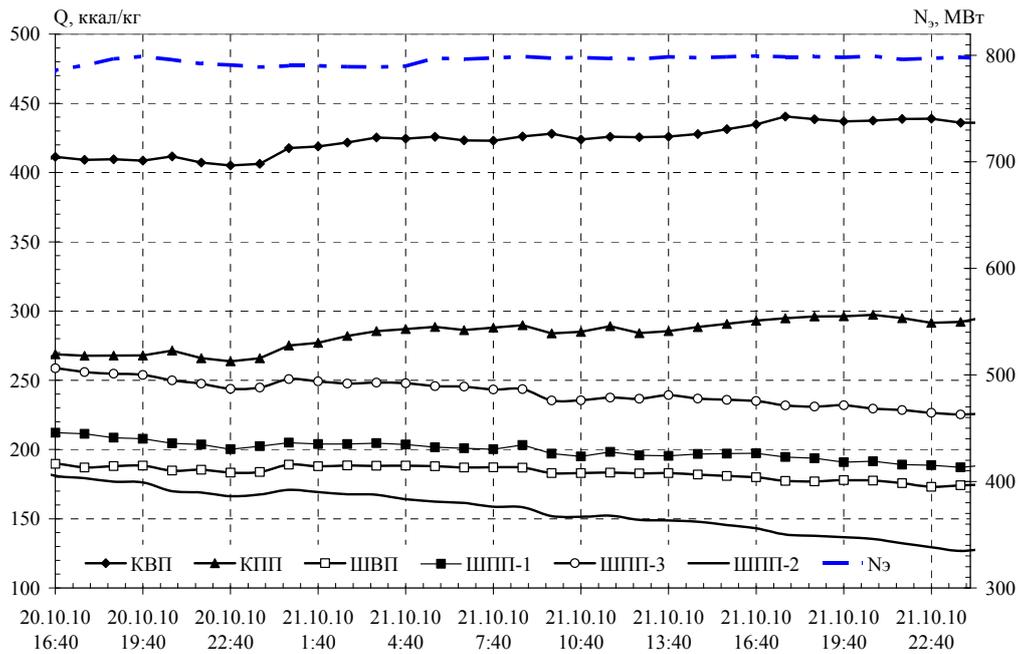


Рис. 5. Изменение тепловосприятия поверхностей нагрева котла П-67 ст. №2 с отключенной комплексной обдувкой

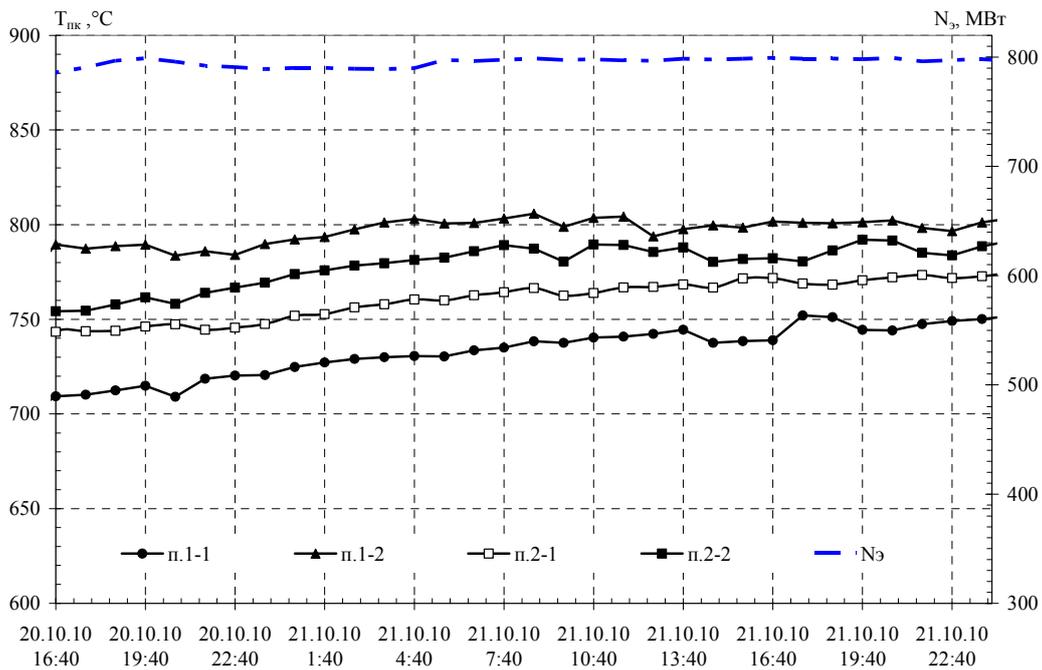


Рис. 6. Изменение температуры газов в поворотной камере котла П-67 ст. №2 с отключенной комплексной обдувкой

Увеличение тепловосприятия конвективных поверхностей нагрева (рис. 5) при повышении температуры газов непосредственно перед ними (рис. 6) происходит за счет увеличения температурного напора. Так, увеличение температуры газов в поворотной камере привело к увеличению температурного напора КПП и КВП на 7–10%. Однако длительная эксплуатация в зоне повышенных темпера-

тур может сопровождаться загрязнением данных поверхностей нагрева, что приведет к снижению технико-экономических показателей работы котла или к ограничению его нагрузки, и только применение обдувки позволит эксплуатировать поверхности нагрева с высокой тепловой эффективностью длительное время. Основываясь на данных результатах, можно сделать вывод о том, что качественное применение средств очистки позволяет обеспечить высокую тепловую эффективность поверхностей нагрева, эксплуатируемых в зоне высоких температур. Данные выводы подтверждает динамика изменения коэффициента тепловой эффективности поверхности ШВП (рис. 7) без паровой обдувки и при ее включении. Так, в отсутствие обдувки среднесуточное значение коэффициента тепловой эффективности примерно на 20% ниже, чем при работе обдувки в штатном режиме. А в связи с тем, что доля тепловосприятия ШВП в тепловом балансе котла составляет $\approx 5\%$ (рис. 8), снижение его тепловой эффективности на 20% может привести к снижению КПД брутто котла на $\approx 1\%$.

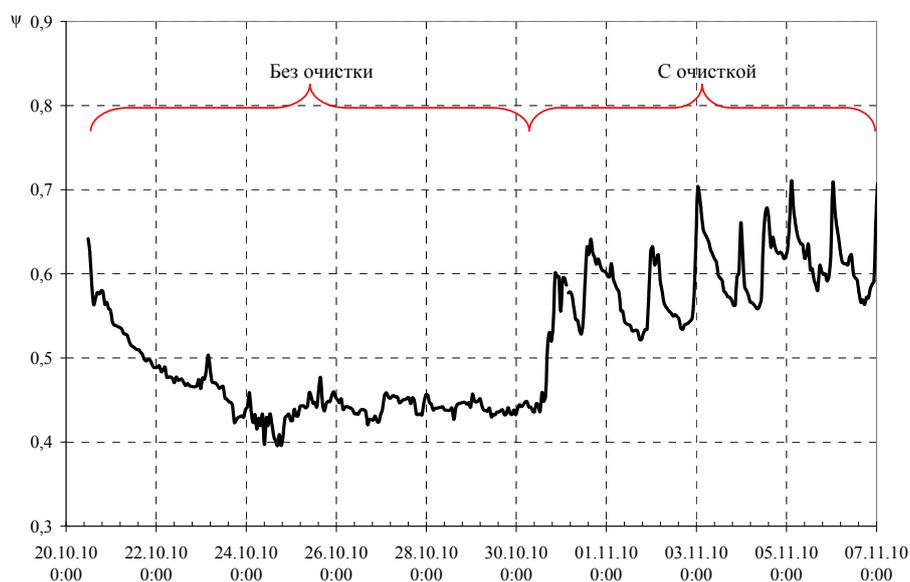


Рис. 7. Изменение коэффициента тепловой эффективности ШВП при работе котла ст. №2 с нагрузкой блока 800 МВт

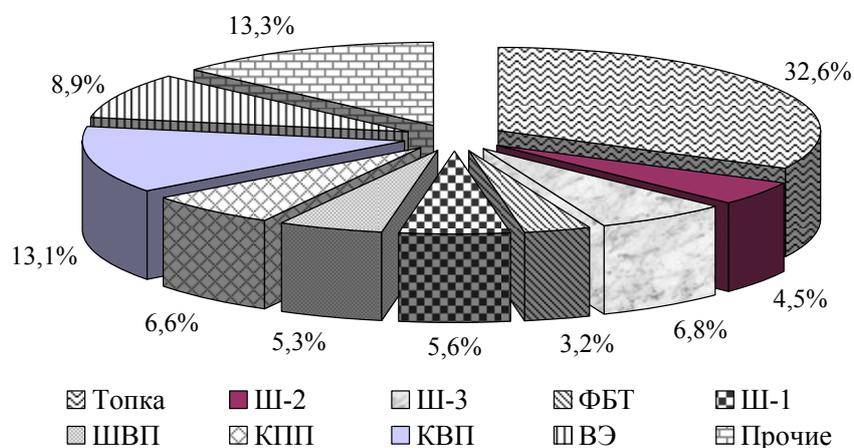


Рис. 8. Доля полезного тепловосприятия основных поверхностей нагрева котла П-67

Результаты балансовых испытаний котла позволяют сделать следующие выводы:

- основные показатели работы котла ст. №2 подтверждают возможность несения энергоблоком базовой (номинальной) электрической нагрузки $N_3=800$ МВт без проведения крупномасштабной реконструкции путем перевода на другие способы сжигания;
- при нагрузках $N_3=800\div 810$ МВт работа котла обеспечивалась семью пылесистемами; ограничений по производительности пылесистем, тяге и дутью не выявлено.

По результатам анализа изменения тепловой эффективности поверхностей нагрева котла при номинальной нагрузке блока можно сделать следующие выводы:

- длительная работа котла при нагрузке 800 МВт без комплексной очистки поверхностей нагрева недопустима;
- в период останова на текущий ремонт раз в год необходимо проведение качественной механической очистки конвективной шахты и топочных экранов;
- применение обдувки позволяет обеспечить максимально возможную величину коэффициента тепловой эффективности при эксплуатации поверхностей нагрева в зоне высоких температур при сжигании шлакующего угля;
- в случае умеренного загрязнения или применения эффективной обдувки поверхностей нагрева зависимость тепловой эффективности от температуры газов может быть прямо пропорциональна.

Литература

1. Борисов В. Н. Испытание котла П-67 после реконструкции топочно-горелочных устройств / В. Н. Борисов, С. М. Замышляев, В. Ф. Петерс, С. Р. Янов и др. // Сб.: IV научно-практической конференции «Минеральная часть топлива, шлакование, загрязнение и очистка котлов». г. Челябинск. – Т 1. 2007. – С. 105–115.
2. Васильев В. В., Гребеньков П. Ю., Назаров М. Н., Янов С. Р. и др. Результаты испытаний котла П-67 ст. №1 Березовской ГРЭС-1 при нагрузках свыше 750 МВт. Отчет ОАО «СибВТИ», арх. № 1495А, Красноярск. 2005.
3. Васильев В. В., Гребеньков П. Ю., Назаров М. Н., Янов С. Р. и др. Результаты испытаний котла П-67 ст. №2 Березовской ГРЭС-1 при нагрузках свыше 750 МВт. Отчет ОАО «СибВТИ», арх. № 1495Б, Красноярск. 2005.
4. Гребеньков П. Ю., Васильев В. В., Назаров М. Н., Янов С. Р. и др. Проведение балансовых испытаний для построения энергетических характеристик котлов П-67. Отчет ОАО «СибВТИ», арх. № 1804, Красноярск. 2010.
5. Гребеньков П. Ю., Васильев В. В., Назаров М. Н., Янов С. Р. и др. Эксплуатационные балансовые испытания котла П-67 ст. №2 Березовской ГРЭС при нагрузке блока 800 МВт. Отчет ОАО «СибВТИ», арх. № 1809, Красноярск. 2010.
6. Трёмбовля В. И., Фингер Е. Д., Авдеева А. А. Теплотехнические испытания котельных установок. М., Энергоатомиздат, 1991.
7. Бойко Е. А. Обоснование применения экспериментально-расчетного подхода к оценке тепловой эффективности полурадационных и конвективных поверхностей нагрева котельных агрегатов / Е. А. Бойко, С. Р. Янов // Журнал «Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики». – №11–12. 2008. – С. 3–12.
8. Янов С. Р. Диагностика загрязнения полурадационных и конвективных поверхностей нагрева / С. Р. Янов // Материалы Всероссийской конференции – конкурсного отбора инновационных проектов студентов и аспирантов по приоритетному направлению программы «Энергетика и энергосбережение». Томск: 2006. – С. 355–360.