

**Кесова Л.А.<sup>1</sup>, докт. техн. наук, проф., Георгиев А.В.<sup>1</sup>, канд. техн. наук, Побировский Ю.Н.<sup>1</sup>, канд. техн. наук, Шелешей Т.В.<sup>1</sup>, аспирант, Кравец П.П.<sup>2</sup>, Колесников С.И.<sup>2</sup>, Оксимец Ю.А.<sup>2</sup>, Ачкасов Е.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев  
пр. Победы, 37, 03056 Киев, e-mail: sheleshey\_tanya@ukr.net*

<sup>2</sup> *Трипольская ТЭС, ПАТ «Центрэнерго», г. Украинка, Киевская обл.*

## Оптимизация расхода подсветочного топлива на ТЭС, сжигающих низкорреакционные угли

Показано, что для организации эффективного совместного сжигания низкорреакционного и высокорреакционного топлив необходимо решить комплексную задачу — обеспечить повышение экономичности сжигания угольной пыли и снижение затрат подсветочного топлива (газ, мазут). Установлены факторы, определяющие необходимый расход мазута на подсветку (мощность блока; температуры газов в топке котла; давление мазута, подаваемого на форсунки; коэффициент избытка воздуха; присосы; разрежение в топке), и проанализированы способы его регулирования (отключением части форсунок или изменением рабочего давления мазута) в маневренных режимах работы энергоблоков ТЭС. Определен диапазон нагрузок (в сравнении с режимной картой), при которых расход мазута на подсветку в условиях эксплуатации котла является избыточным. При сжигании антрацитового штыба надежный слив шлака обеспечивается при температуре в летке 1260 °С. Уменьшение давления мазута не снижает интенсивность и полноту сгорания пыли, но возможно снижение температуры в летке за счет ухудшения качества его распыла, поэтому давления мазута рекомендуется не ниже 3,0 МПа, а производительность мазутных форсунок не выше 0,5 т/ч. Сравнительными испытаниями котла ТПП-210А при подсветке мазутом или газом установлено влияние способа регулирования работы подсветочных форсунок на топочный режим котла, выбросы NO<sub>x</sub>, q<sub>2</sub>, q<sub>4</sub>. Подсветка мазутом улучшает топочный режим и выход шлака по сравнению с подсветкой газом, что уменьшает количество остановов котла для расшлаковки. При подаче угольной пыли с высокой концентрацией на горелки котлов имеет место значительная экономия мазута на подсветку. *Библ. 10, рис. 4, табл. 2.*

**Ключевые слова:** котел, горелка, низкорреакционные угли, газ, мазут, подсветка, пыль высокой концентрации.

При сжигании низкорреакционных углей марок АШ и Т для повышения эффективности горения и снижения тепловых потерь с механическим недожогом (q<sub>4</sub>) расходуется значительное количество газомазутного топлива на подсветку пылеугольного факела и обеспечение устойчивости жидкого шлакоудаления [1–4].

Как показали исследования на котле ТПП-210А, при традиционной системе пылеподдачи (ТСП) пылеугольной аэросмеси на горелки котлов (D<sub>y</sub> = 500 мм, W = 25–27 м/с, концентрация пыли μ = 0,5 кг/кг), определяющее влияние на эффективность горения и долю подсветочного топлива оказывает изменение теплоты сгорания угля (снижение Q<sub>pн</sub> на 4200 кДж/кг приводит к уменьшению КПД котла на 5 %). При ТСП пылеугольные горелки не могут обеспечить эффективность внутреннего зажигания

аэросмеси, что приводит к затягиванию факела. Значительная часть угольной пыли загорается позже, зона высоких температур смещается по высоте топки, и наблюдается интенсивное шлакование ширмового пароперегревателя. Для обеспечения устойчивого воспламенения угольной пыли необходима подсветка пылеугольного факела [5].

Проведенные исследования и внедрение системы подачи пыли с высокой концентрацией под давлением (D<sub>y</sub> = 80 мм, W = 4–7 м/с, μ = 70–200 кг/кг) — ПВК<sub>д</sub>, выполненные в НТУУ «КПИ» на котлах энергоблоков 300 МВт Трипольской ТЭС (Тп ТЭС) при сжигании АШ, позволили упростить обслуживание узла пылепитания, что также явилось средством подавления оксидов азота и экономии топлива на подсветку [5, 6].

Исследованиями установлено, что при сжигании АШ и шламов процесс жидкого шлакоудаления практически однозначно определяется температурой газов в зоне пода топки, причем при ПВК<sub>д</sub> и существующей конструкции пылегазовых вихревых горелок температура факела во всех режимах выше, чем при ТСП, что влияет и на температурный уровень в зоне пода топки. Следовательно, осуществление совместного сжигания низкорекреационного и высокорекреационного топлив требует решения комплексной задачи — повышения экономичности сжигания угольной пыли и снижения затрат жидкого (газообразного) топлива на подсветку.

Исследования показали, что подсветочные форсунки оказывают влияние на температуру в зоне пода топки, а температура газов в присоединенной зоне рециркуляции горелки от работы подсветочной форсунки данной горелки или соседней с нею не зависит. Подсветочный мазутный факел не может проникнуть в зону присоединенной рециркуляции основной горелки через мощный заслон, создаваемый потоком вторичного воздуха.

Число работающих форсунок и расход мазута на подсветку факела оказывают существенное влияние на температурный уровень периферийной зоны рециркуляции пылегазовой горелки, нижней части топки в зоне пода и слив шлака [7]. По результатам испытаний котлов, сжигающих АШ, оптимальные условия горения и воспламенения топлива обеспечиваются при низшей рабочей теплоте сгорания  $Q_{P_n} \geq 21$  МДж/кг [1–4]. Однако температура газов в зоне активного горения недостаточна для обеспечения надежного жидкого шлакоудаления, поэтому необходима подсветка высокорекреационным топливом, особенно для котлов, сжигающих АШ с  $Q_{P_n} \leq 21$  МДж/кг. Отсюда следует, что условиями минимизации расхода подсветочного мазута  $G_m$  являются, с одной стороны, надежность обеспечения слива шлака в летку, с другой — устойчивость горения пылегазового факела. Факторами, определяющими расход мазута на подсветку в соответствии с режимной картой, являются электрическая мощность блока и низшая теплота сгорания твердого топлива. Определяющее влияние на устойчивость выхода жидкого шлака оказывает топочный процесс (коэффициент избытка воздуха, разрежение в топке, величина присосов). Эксплуатационные колебания этих параметров в отдельных случаях могут играть существенную роль. Исследованиями НТУУ «КПИ» установлено, что по температуре в нижней части топки, в летке —  $t_{л}$ , можно судить о влиянии того или иного режимного фактора на режим шлакоудаления [6].

Результаты исследований на котле ТПП-210А Тп ТЭС (ст. № 3) по определению расхода

мазута на подсветку показали, что на величину  $t_{л}$  оказывают влияние все режимные параметры, описанные эмпирической зависимостью [7]:

$$G_m = 0,067 (300 - N_э) + 1,2 (22 - Q_{P_n}) - 25 (1,2 - \alpha_T) - 0,05 \Delta\alpha_T (40 - H_T),$$

где  $N_э$  — электрическая мощность блока, МВт;  $Q_{P_n}$  — низшая рабочая теплота сгорания угля, МДж/кг;  $\alpha_T$ ,  $\Delta\alpha_T$ ,  $H_T$  — коэффициент избытка воздуха, доля присосов, разрежение в топке соответственно, Па.

Расход мазута на подсветку можно регулировать двумя способами: отключением части форсунок или снижением его на все форсунки изменением рабочего давления мазута  $P_m$ . Уменьшение  $P_m$  не приводит к снижению интенсивности и полноты сгорания топлива, но возможно снижение температуры в летке за счет ухудшения качества распыла мазута. Экспериментально показано, что при давлении мазута ниже 2,5 МПа существующие мазутные форсунки не в состоянии обеспечить его качественный распыл. Снижение качества распыла следует компенсировать более равномерным распределением подсветки по сечению топки по сравнению с отключением части форсунок.

В процессе испытаний было установлено, что при работе котла на АШ и шламах в исследованных диапазонах изменения режимных факторов надежный слив шлака обеспечивается при температуре в летке не ниже 1260 °С, которую можно рассматривать как температуру нормального жидкого шлакоудаления. При  $N_э = 300$  МВт и  $Q_{P_n} = (19,3-20,1)$  МДж/кг надежный слив шлака обеспечивается при расходе мазута (2,7–3,0) т/ч: при  $G_m = 4,0$  т/ч шлак имеет заметный избыточный перегрев; при  $N_э = 240$  МВт ядро максимальных температур поднимается вверх по высоте топки и температура в зоне пода несколько падает. Максимальный расход мазута составляет (4,2–4,5) т/ч.

Полученные результаты исследований хорошо согласуются с расчетным значением  $G_m = f(N_э)$  на рис.1. Из него видно, что для большей части режимов работы блока ( $N_э = (220-240)$  МВт и  $N_э = (260-300)$  МВт) имеет место избыточное сжигание мазута, а при нагрузках 210 и 240 МВт его недостаточно, что может приводить к шлакованию поверхностей нагрева и ухудшению шлакоудаления. В диапазоне нагрузок (280–300) МВт расход мазута по условиям нормального слива шлака может быть снижен на (0,5–1,0) т/ч на корпус котла.

При изменении теплоты сжигания угля и режимов работы блока необходимо осуществить

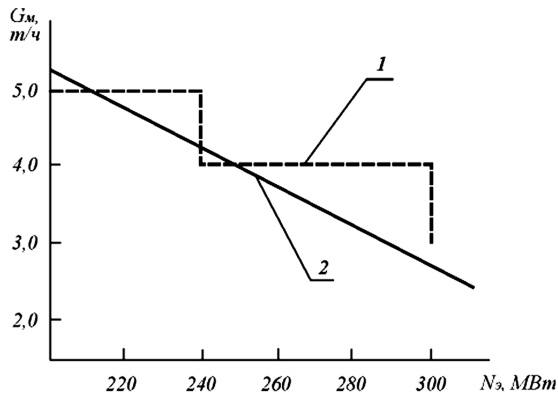


Рис.1. График изменения расхода мазута на подсветку пылеугольного факела в зависимости от мощности блока (при  $Q_{P_H} = 20$  МДж/кг,  $\alpha_T = 1,2$ ,  $\Delta\alpha_T = 0,07$ ,  $N_T = 40$  Па): 1 — ступенчатое регулирование (числом работающих форсунок); 2 — регулирование изменением давления мазута (из условия обеспечения надежности шлакоудаления).

регулирование расхода мазута на подсветку, однако при ступенчатом регулировании это довольно сложно (включение, отключение форсунок). Увеличение  $Q_{P_H}$  угля на 2,1 МДж/кг требует изменения расхода мазута приблизительно в 3,5 раза.

При сравнительных испытаниях котла ТПП-210А в одном и том же корпусе с системами ТСП и ПВК<sub>д</sub> ( $Q_{P_H} = 18,5$  МДж/кг, коэффициент избытка воздуха за водяным экономайзером  $\alpha_{вэ} = 1,27$ , подсветка — 4,5 и 5,5 т/ч) установлено, что при переходе на ПВК<sub>д</sub> повышение температуры в летке при  $N_э = 300$  МВт составляет 90 °С (от 1265 до 1355 °С), что равноценно увеличению расхода мазута на корпус котла для подсветки факела приблизительно на 1,8 т/ч (на корпус — 43,2 т/сут), а при  $N_э = 225$  МВт — на 55 °С (от 1270 до 1325 °С), то есть на 1 т/ч.

Результаты испытаний котла ТПП-210А при пониженной нагрузке, когда недостатки топочного режима проявляются наиболее сильно, представлены в табл.1. Опыты проводились при  $Q_{P_H} = 17,5$  МДж/кг, избытке воздуха за водяным экономайзером 1,3 и сниженном расходе мазута на подсветку до величины, допустимой по условиям надежного слива шлака.

Таким образом, экспериментально установлено, что потери  $q_4$  при ПВК<sub>д</sub> на (0,6–1,4) % ниже, чем при ТСП. Этот положительный результат позволяет при переводе котла на ПВК<sub>д</sub> снизить долю мазута на подсветку (по теплу) до 0,06 (при ТСП — 0,11). Для улучшения подсветки пылеугольного факела можно рекомендовать регулирование расхода мазута в зависимости от нагрузки изменением его давления

Таблица 1. Потери тепла с механическим недожогом\*

Способ подачи угольной пыли на горелки котла	Содержание горючих, %		$q_4$ , %
	в уносе	в шлаке	
Традиционная система (ТСП)	19,4	0	9,3
ПВК <sub>д</sub> (ручное управление)	18,1	0	8,7
ПВК <sub>д</sub> (автоматическое управление)	16,5	0	7,9

\*  $N_э = 225$  МВт, подсветка мазутом по режимной карте.

с учетом качества распыла в мазутных форсунках. Это позволяет сэкономить мазута до 30–40 т/сут. Кроме того, работа в топке всех подсветочных форсунок улучшает полноту выгорания угольного факела.

Для оценки влияния расхода (давления) мазута на температуру газов в топке (в районе пережима, перед ширмовым пароперегревателем (ШПП), в поворотной камере) при  $N_э = 225$  МВт проведены специальные исследования, результаты которых представлены на рис.2.

Опытами установлено, что снижение давления мазута  $P_M$  с 3,5 до (2,9–2,6) МПа приводит к уменьшению температур в контрольных точках топки на (30–50) °С, что способствует снижению шлакования поверхностей котла.

Результаты измерений концентрации  $NO_x$  за второй ступенью конвективного пароперегре-

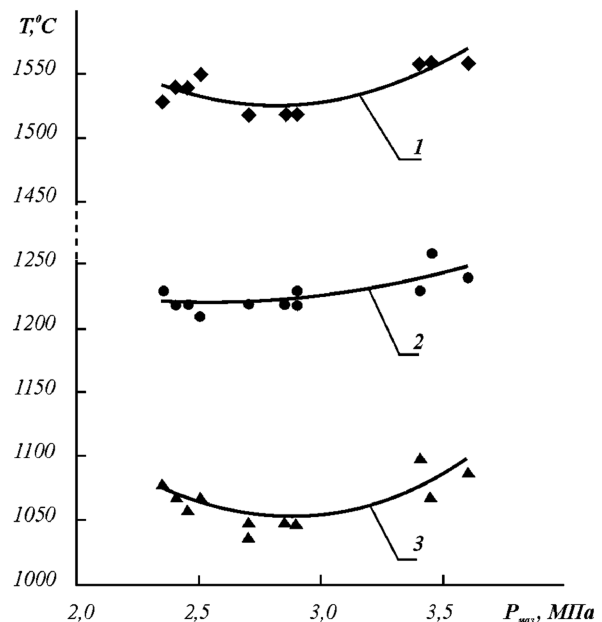


Рис.2. Изменение температуры газов в топке котла от изменения давления мазута, подаваемого на подсветочные форсунки: 1 — температура в районе пережима топки котла; 2 — температура перед ШПП; 3 — температура в поворотной камере.

вателя (КПП-II) при  $N_э = 285$  МВт и изменении подсветки ( $P_M = \text{var}$ ) приведены на рис.3. Из него видно, что в диапазоне давлений мазута  $P_M = (2,6-3,2)$  МПа имеют место сниженные концентрации  $NO_x$  в дымовых газах. Следовательно, изменением подсветки можно воздействовать и на экологические показатели котла. Дальнейшее снижение давления мазута до 2,4 МПа приводит к росту температур в контрольных точках и повышению концентрации  $NO_x$ , что, очевидно, связано с укрупнением распыла мазута подсветочными форсунками.

Анализ результатов проведенных исследований (см. рис.2, 3) показывает, что при  $Q_{P_H}$  угля, превышающем 19,27 МДж/кг, имеет место значительный перерасход мазута, что приводит к шлакованию поверхностей нагрева, росту  $q_4$ ,  $NO_x$ , температур в топке.

Для регулирования расхода мазута целесообразно использование паромеханических форсунок производительностью не более 0,75 т/ч с рабочим диапазоном изменения нагрузки (15–100) %. Такие форсунки для Тп ТЭС были разработаны и изготовлены в Санкт-Петербургском государственном техническом университете по заказу НТУУ «КПИ». В настоящее время на котлах ТПП-210А установлены мазутные форсунки производительностью по 0,5 т/ч.

Выводы о регулировании расхода газомазутного топлива на подсветку при переменных нагрузках котла ТПП-210А и качества пылеугольного топлива нашли подтверждение в специальных испытаниях котла № 4 Тп ТЭС в 2010 г.

Целью исследований являлось сравнение технико-экономических показателей работы котла на топливе марки АШ при ПВК<sub>д</sub> с подсветкой газом или мазутом и одинаковых режимах

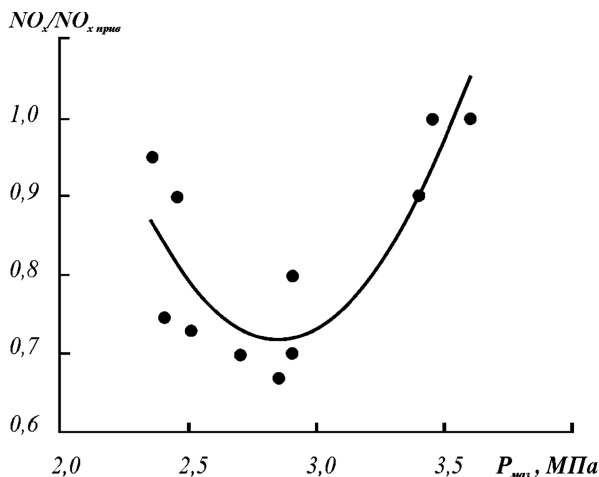


Рис.3. Зависимость относительного выброса  $NO_x$  от давления мазута на подсветочные форсунки котла ( $NO_{x \text{ прив}}$  — приведено к  $\alpha = 1,4$ ).

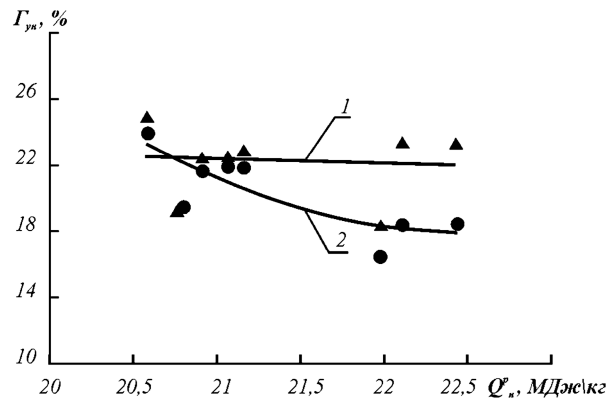


Рис.4. Зависимость горючих в уносе от качества топлива котла ТПП-210А (корпус 4А) и разным подсветочном топливе: 1 — подсветка газом; 2 — подсветка мазутом.

работы, нагрузке и качестве угля. Величины подсветки газом и мазутом (в пересчете на условное топливо) поддерживались одинаковыми на протяжении каждого опыта.

Исследования проводились на нагрузках энергоблока  $N_э = 210, 225, 230, 270$  МВт; теплота сгорания угля изменялась в пределах (20,72–22,05) МДж/кг. Во время испытаний отклонения основных показателей работы котла не превышали рекомендуемых [8–10]. Распределение подсветочного топлива осуществлялось по схеме: газ — через четыре угловые горелки, мазут — через три растопочные форсунки производительностью по 0,5 т/ч каждая. Результаты специальных испытаний приведены на рис.4 и в табл.2.

Таблица 2. Результаты испытаний блока при сжигании АШ

Показатель	Подсветочное топливо	
	газ	мазут
Горючие в уносе $C_{\text{ун}}, \%$	24,41	21,4
Потери с уходящими газами $q_2, \%$	8,03	8,22
Потери с механическим недожогом $q_4, \%$	9,63	7,93
Потери с физической теплотой шлаков $q_6, \%$	< 0,9	< 0,9

Таким образом, подсветка мазутом выгоднее, чем подсветка газом.

По расчетам Тп ТЭС, суммарные потери  $q_2$  и  $q_4$  при подсветке мазутом на 15,6 % ниже, чем при подсветке газом, что дает экономию условного топлива около 6 г/кВт·ч [9].

### Выводы

Расход мазута на подсветку пылеугольного факела зависит от нагрузки блока,  $Q_{P_H}$  угля, коэффициента избытка воздуха, присосов и разрежения в топке.

Регулирование расхода мазута на подсветку факела при изменении мощности энергоблока и качества угля марки АШ целесообразно проводить изменением давления его подачи на подсветочные форсунки.

При работе котла ТПП-210А на угле марки АШ при подсветке мазутом достигаются более высокие технико-экономические показатели, чем при подсветке газом.

Общим регулированием работы подсветочных форсунок можно воздействовать на топочный режим котла и выбросы  $\text{NO}_x$ .

При подсветке мазутом наблюдается улучшение топочных режимов и выхода шлака по сравнению с подсветкой газом, что позволяет уменьшить количество остановок котла для расшлаковки.

Перевод котла ТПП-210А на пылеподачу с высокой концентрацией позволяет сэкономить (30–40) т/сут подсветочного мазута.

По расчетам Тп ТЭС, суммарные потери  $q_2$  и  $q_4$  при подсветке мазутом на 15,6 % ниже, чем при подсветке газом, что дает экономию условного топлива около 6 г/кВт·ч.

#### Список литературы

- Шагалова С.Л., Шницер И.Н. Сжигание твердого топлива в топках парогенераторов. — Л. : Энергия, 1976.
- ГКД 34.10.502-2003. Витрати газомазутного палива під час спалювання на ТЕС України кам'яного вугілля з виходом летких речовин менше 20 %. — Київ : ОЕП «ГРІФРЕ», 2003. — 30 с.

- Капельсон Л.М. Пути сокращения расхода газа и мазута на пылеугольных электростанциях, рассчитанных на сжигание низкорекреационных углей // Теплоэнергетика. — 2002. — № 1. — С. 56–60.
- Кесова Л.А., Довготелес Г.А., Котельников Н.И. Разработка, исследование, внедрение и опыт эксплуатации системы высококонцентрированной пылеподачи (под давлением) котлов ТПП-210А Трипольской ТЭС. — Киев : О-во «Знание Украины», 2001. — 94 с.
- Кесова Л.О., Черезов М.М., Георгієв О.В., Побіровський Ю.М. Розробка та дослідження технологічної схеми та автоматичної системи керування пилоподачею з високою концентрацією для котлів на низькорекреационних паливах // Наукові вісті НТУУ «КПІ». Сер. Теплоенергетика. — 1997. — С. 61–63.
- Шницер И.Н. Исследование процесса горения низкорекреационных углей переменного качества // Электрические станции. — 1983. — № 5. — С. 27–30.
- Крыжановский В.Н., Кесова Л.А., Георгієв А.В. Влияние режимных факторов на расход мазута в пылеугольных парогенераторах ТЭС // Промышленная теплотехника. — 1982. — № 2. — С. 88–92.
- Инструкция и методические указания по проведению эксплуатационных экспресс-испытаний котельных агрегатов для оценки качества ремонт. — М. : Белэнергонадка, 1974. — 30 с.
- Трембовля В.И. Теплотехнические испытания котельных установок. — М. : Энергия, 1977. — 150 с.
- Кравець П.П., Оксимець Ю.А., Ачкасов Е.М. Звіт по тепловим випробуванням котлоагрегату ТПП-210А ст. № 4 Трипільської ТЕС при роботі на АШ з підсвічуванням мазутом і газом. — Українка, 2010. — 15 с.

Поступила в редакцию 03.02.14

**Кесова Л.О.<sup>1</sup>, докт. техн. наук, проф., Георгієв О.В.<sup>1</sup>, канд. техн. наук, Побіровський Ю.М.<sup>1</sup>, канд. техн. наук, Шелешей Т.В.<sup>1</sup>, аспірант, Кравець П.П.<sup>2</sup>, Колесніков С.І.<sup>2</sup>, Оксимець Ю.А.<sup>2</sup>, Ачкасов Е.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Національний технічний університет України «КПІ», Київ

пр. Перемоги, 37, 03056 Київ, Україна, e-mail: sheleshey\_tanya@ukr.net

<sup>2</sup> Трипільська ТЕС, ПАТ «Центрэнерго», м. Українка, Київська обл.

## Оптимізація витрат підсвіточного палива на ТЕС, що спалюють низькорекреационне вугілля

Показано, що для організації ефективного сумісного спалювання низькорекреационного та високореакційного палив необхідно вирішити комплексне завдання — забезпечити підвищення економічності спалювання вугільного палива та зниження витрат підсвіточного палива (газ, мазут). Встановлено фактори, що визначають необхідну витрату мазуту на підсвічування (потужність блоку; температури газів у топці котла; тиск мазуту, що подається на форсунки; коефіцієнт надлишку повітря; присоси; розрідження у топці), та проаналізовано способи його регулювання (відключенням частини форсунок або зміною робочого тиску

мазуту) у маневрових режимах роботи енергоблоків ТЕС. Визначено діапазон навантажень (у порівнянні з режимною картою), при яких витрата мазуту на підсвічування в умовах експлуатації котла є надлишковою. При спалюванні антрацитового штибу надійний злив шлаку забезпечується при температурі в льотці 1260 °С. Зменшення тиску мазуту не знижує інтенсивність та повноту згоряння пилу, але можливе зниження температури в льотці за рахунок погіршення якості його розпилю, тому тиск мазуту рекомендується не нижче 3,0 МПа та продуктивність мазутних форсунок не вище 0,5 т/ч. Порівняльними випробуваннями котла ТПП-210А при підсвічуванні мазутом або газом встановлено вплив способу регулювання роботи підсвіточних форсунок на топковий режим котла, викиди  $\text{NO}_x$ ,  $q_2$ ,  $q_4$ . Підсвічування мазутом покращує топковий режим та вихід шлаку в порівнянні з підсвічуванням газом, що зменшує кількість зупинок котла для розшлаковування. При подачі вугільного пилу з високою концентрацією на пальники котлів має місце значна економія мазуту на підсвічування. *Бібл. 10, рис. 4, табл. 2.*

**Ключові слова:** котел, пальник, низькорекційне вугілля, газ, мазут, підсвічування, пил високої концентрації.

***Kesova L.A.<sup>1</sup>, Doctor of Technical Science, Professor, Georgiev A.V.<sup>1</sup>,  
Candidate of Technical Science, Pobirovskiy Yu.N.<sup>1</sup>, Candidate  
of Technical Science, Sheleshey T.V.<sup>1</sup>, PhD Student, Kravets P.P.<sup>2</sup>,  
Kolesnikov S.I.<sup>2</sup>, Oksimets Yu.A.<sup>2</sup>, Achkasov E.M.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup> *National Technical University of Ukraine «KPI», Kiev*

*37, Peremogy Ave, 03056 Kiev, Ukraine, e-mail: sheleshey\_tanya@ukr.net*

<sup>2</sup> *Tripolskaya TPP PAT «Centrenergo», Kiev Region, Ukrainka*

## **Optimizing the «Lightening» Fuel Consumption for Power Station which Utilize Low-Reactive Coals**

Joint burning of low-reactive and high-reactive coals requires to solve a complex problem, connected with enhancing the efficiency of combustion of pulverized coal and decreasing the consumption of high-calorific fuel (natural gas or residual oil) for «lightening». We have established factors determining the necessary residual-oil consumption for «lightening» (unit power, gas temperature in the boiler furnace, residual-oil pressure, excess-air coefficient, suction cups, and rarefaction in the furnace) and analyzed the possible ways of its regulation (by the turn-off of a part of fuel nozzles or change in residual-oil working pressure) under the maneuver regimes of operation of power units. We have determined the range of loads (as compared with the regime chart) where the residual-oil consumption for «lightening» under in-service conditions is extra. In the case of combustion of anthracite culm, the reliable slag drain is provided at a temperature in the dross hole of 1260 °C. A decrease in the residual-oil pressure does not lower the intensity and completeness of coal combustion, but can decrease the temperature in the dross hole due to the worsening of the quality of residual-oil atomization. Therefore, we do not recommend decreasing the residual-oil pressure to values lower than 3.0 MPa. Based on the comparative tests of a TPP-210A boiler at «lightening» with residual-oil or gas, we have established the influence of the way of regulation of the work of «lightening» fuel nozzles on the furnace regime of the boiler,  $\text{NO}_x$  emission,  $q_2$ , and  $q_4$ . The «lightening» with residual oil improves the furnace regime and slag output as compared with «lightening» with gas, which decreases the quantity of boiler stops for slag removal. If one supplies pulverized coal to the boiler burners with high concentration, a significant economy of residual oil for «lightening» can be obtained. *Bibl. 10, Fig. 4, Table 2.*

**Key words:** boiler, burner, low-reactive coal, gas, oil, lights, high concentrations of dust.

## References

1. Shagalova S.L., Schnitzer I.N. Solid fuel combustion in furnaces of steam generators. Leningrad : Jenergija, 1976. (Rus.)
2. Industry guidance document 34.10.502-2003. Costs gas-oil fuel combustion in thermal coal from Ukraine Stone-you swing volatile matter less than 20 %. Kiev : APC «HRIFRE», 2003, 30 p. (Ukr.)
3. Kapelson L.M. Ways to reduce the consumption of gas and oil to coal-fired power plants. designed for combustion of low coal. *Teploenergetika*, 2002, (1), pp. 56–60. (Rus.)
4. Kesova L.A., Dovgoteles G.A., Kotelnikov N.I. Development. research. introduction and operation of highly concentrated dust supply (under pressure) TPP-210A boiler Trypilian TPP. Kiev : Obshhestvo «Znanie Ukrainy», 2001, 94 p. (Rus.)
5. Kesova L.A., Cherezov M.M., Georgiev O.V., Pobirovskyy Yu.M. Research and development of technological schemes and automatic control system dust supply with high concentrations of low boilers for fuel. *Naukovi visti NTUU «KPI». Ser. Teploenergetika.*, 1997, pp. 61–63. (Ukr.)
6. Schnitzer I.N. Investigation of combustion of low-reactive coals of varying quality. *Jelektricheskie stancii*, 1983, (5), pp. 27–30. (Rus.)
7. Kryzhanovsky V.N., Kesova L.A., Georgiev A.V. Effect of regime factors on fuel oil consumption of coal-fired steam generators in TPP. *Promyshlennaja teplotehnika. [Industrial Heat.]*, 1982, (2), pp. 88–92. (Rus.)
8. Instructions and guidelines for the operational rapid test boilers to assess the quality of repairs. Moscow : Beljenergonaladka, 1974, 30 p. (Rus.)
9. Trembovlya V.I. Thermal testing of boiler installations. Moscow : Energia, 1977, 150 p. (Rus.)
10. Kravec' P.P., Oksimec' Yu.A., Achkasov E.M. Zvit po teplovim viprobuvannjam kotloagregatu TPP-210A Stancii № 4 Tripil's'koy TES pri roboti na ASh z pidsvichuvannjam mazutom i gazom. *Ukrainka*, 2010, 15 p. (Ukr.)

Received February 3, 2014

УДК 656.56-032.35

**Круть А.А., докт. техн. наук****Институт угольных энерготехнологий НАН Украины, Киев**  
ул. Андреевская, 19, 04070 Киев, Украина, e-mail: nina.ceti@gmail.com**Деминерализация углей при транспортировании гидравлическим трубопроводным транспортом**

Проанализированы результаты исследований по использованию углей Донбасса с высоким содержанием щелочных металлов в промышленности Украины. Подтверждена техническая возможность деминерализации углей промывкой водой. Определен уровень влияния исходных параметров угля и жидкой среды на процесс обессоливания угля с высоким содержанием щелочных металлов. Охарактеризованы основные факторы и аспекты процесса обессоливания углей при использовании их в теплоэнергетике, при проектировании комплексов по доставке таких углей потребителю гидравлическим транспортом по трубопроводным системам. Даны рекомендации, требующие учета отдельных факторов при реализации технологических комплексов гидротранспортирования угля, в которых процесс деминерализации является попутным процессом, а также для получения кондиционного топлива для сжигания в действующих котлоагрегатах. *Библ. 6, рис. 4.*

**Ключевые слова:** гидротранспорт, деминерализация, щелочные металлы, водоугольная смесь.

Большой объем научных исследований, связанный с выполнением поисковых работ и научно-технических программ по изучению углей Донбасса с высоким содержанием щелочных металлов и по их использованию в промышленности Украины, проведены Институтом минеральных ресурсов, Институтом физико-органической химии и углехимии НАН Украины,

Днепропетровским химико-технологическим институтом, УкрНИИГидроуголь и др. В настоящее время изучение так называемых солевых углей с целью их технологического применения в теплоэнергетике продолжается в Институте угольных энерготехнологий НАН Украины в содружестве с Институтом проблем материаловедения НАН Украины [1].