

# ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.181

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА НА КОТЛАХ БКЗ-220 и БКЗ-160

*К.В. Осинцев<sup>1</sup>, В.В. Осинцев<sup>2</sup>, В.И. Богаткин<sup>3</sup>, А.К. Джундубаев<sup>4</sup>,  
В.И. Васильева<sup>4</sup>, Ш.У. Мавлянбеков<sup>4</sup>, С.М. Закиров<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> г. Челябинск, Южно-Уральский государственный университет

<sup>2</sup> г. Челябинск, ЗАО «Ураллесэнерго»-Урал,

<sup>3</sup> г. Москва-Казань, ОАО «Объединение ВНИПИэнергпром»,

<sup>4</sup> Республика Кыргызстан, г. Бишкек, КНТЦ «Энергия»

## INCREASE OF SOLID FUEL COMBUSTION EFFECTIVENESS OF BKZ-220 AND BKZ-160 BOILERS

*K.V. Osintsev, V.V. Osintsev, V.I. Bogatkin, A.K. Djundubaev, V.I. Vasilieva,  
S.U. Mavlyanbekov, S.M. Zakirov*

<sup>1</sup> Chelyabinsk, South Ural State University

<sup>2</sup> Chelyabinsk, Close Joint-Stock Company «Urallesenergo»-Ural,

<sup>3</sup> Moscow – Kazan, Joint Stock Company «VNIPI energoprom Association»,

<sup>4</sup> Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Scientific and Technical Centre of power engineering “Energy”

Представлены мероприятия по повышению эффективности пылеугольного факельного сжигания на котлах ТЭЦ (г. Бишкек), в частности, по повышению устойчивости горения частиц угольной пыли и водоугольной суспензии в зоне активного горения и по снижению выхода оксидов азота за счет применения суспензионного факельного сжигания.

*Ключевые слова:* котел, горелка, низкотемпературное факельное сжигание угольной пыли, низкотемпературное факельное сжигание водоугольной суспензии.

Measures to increase carbon dust flaring effectiveness of the boilers of Steam power plant in the city of Bishkek and especially to increase the stability of burning of individual pulverized-coal particles and coal-water fuel in the active burning zone and decrease in quantity of nitrogen oxides by means of application of coal-water fuel flaring are given in the article.

*Keywords:* a boiler, a burner, low-temperature carbon dust flame combustion, low-temperature coal-water fuel flaring.

Строительство и развитие ТЭЦ г.Бишкек началось с оснащения котлами БКЗ-160, потребляющими природный газ и мазут. Карагандинский промпродукт и близкий ему по свойствам ташкумырский каменный уголь рассматривались в качестве топливного резерва, используемого в короткий отопительный период времени. С учетом этого проект выполнен с минимизацией затрат на топливоподачу и пылеприготовление, исключен даже мельничный резерв, а в топке максимально сокращено количество разводов экранных труб под установленные в один ярус горелки, в каждой из которых по два пылевых канала с пылепитанием от

различных мельниц, рис. 1, а, б. При такой компоновке увеличиваются тепловые напряжения сечения  $q_F \approx 2,8$  МВт/м<sup>2</sup> и лучистой поверхности экранов  $q_{\text{лт}} \approx 1,7$  МВт/м<sup>2</sup> в зоне активного горения против нормируемых для топок с твердым шлакоудалением значений  $q_F^{\text{H}} \leq 1,2$  МВт/м<sup>2</sup> отдельного горелочного яруса и  $q_{\text{лт}}^{\text{H}} \leq 0,8$  МВт/м<sup>2</sup>, а также повышается температурный уровень факела в конце зоны активного горения на  $\Delta T''_{\text{ар}} \geq 100$  К [1–3]. В этих условиях плавятся частицы топливной породы, активизируется процесс шлакования экранов, холодной воронки с забиванием шнеков шлакоудаления.

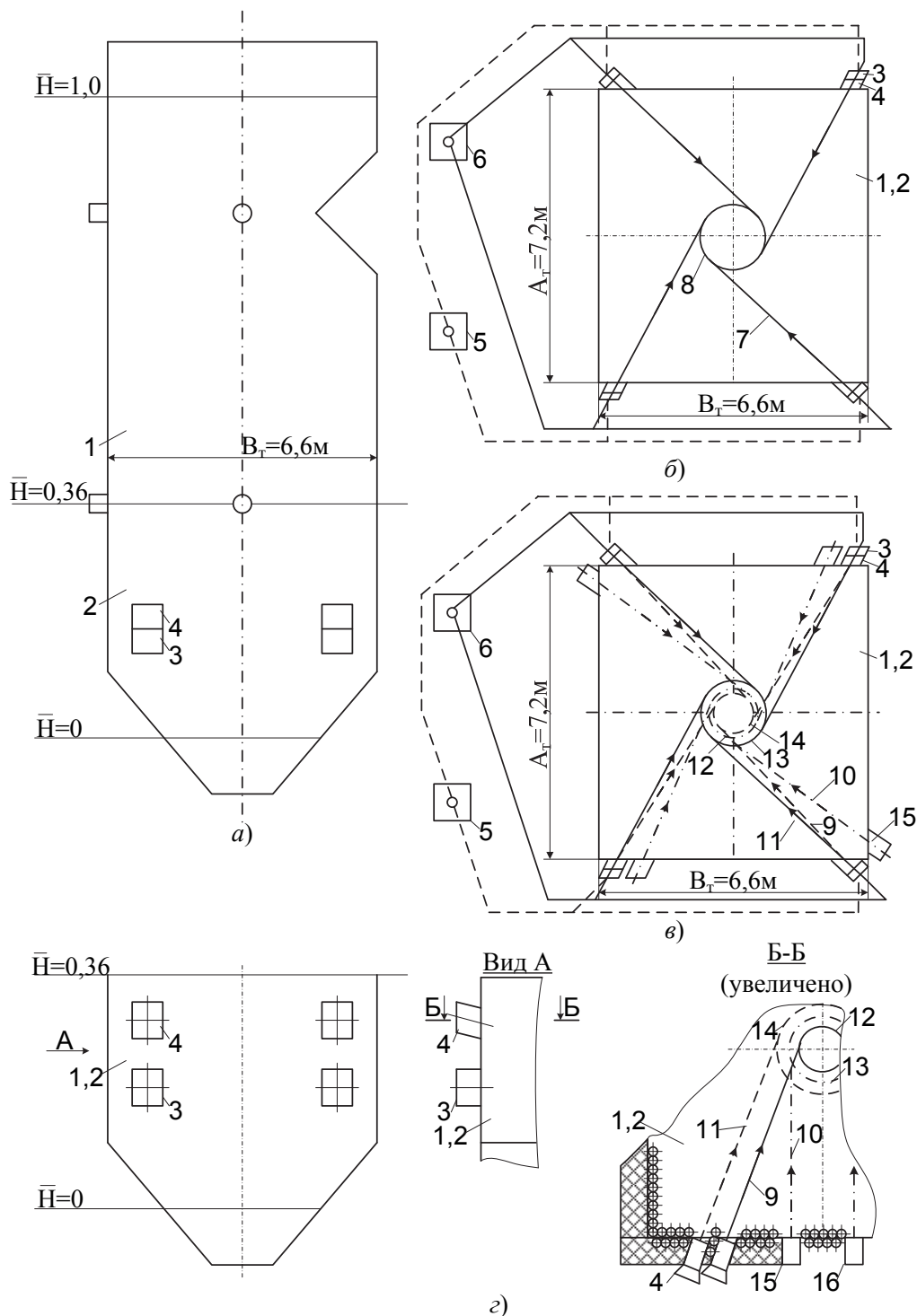


Рис. 1. Схема топки котла БКЗ-160: а, б, в – продольный и поперечный разрезы топки с существующими пылепроводами; б – ввод в топку однородной реагентной смеси; в – раздельный ввод реагентов в топку; г – вариантная схема компоновки многофункциональных горелок на боковых стенах топки; 1 – топка; 2 – зона активного горения; 3, 4 – горелки нижнего и верхнего ярусов; 5, 6 – мельницы; 7 – потоки реагентных смесей; 8 – условная окружность касания потоков 7; 9, 10, 11 – потоки пылевоздушной смеси, природного газа, воздуха; 12, 13, 14 – условные окружности касания реагентов 9, 10, 11; 15 – газовые сопла; 16 – мазутные форсунки;  $\bar{H} = H/H_r$  – текущая и полная высота топки, м

Котлы в аварийном порядке останавливают на расшлаковку. Для улучшения ситуации на ряде котлов выполнена малозатратная реконструкция систем сжигания с организацией рассредоточенного ввода в зоны активного горения реагентных потоков, вызвавшая изменение характера горения пыли проектного угля со снижением температурного уровня факела, в том числе  $T''_{ар}$ . Это позволило снизить активность шлакования топочных камер, повысить до проектной величины паровую нагрузку котлов, уменьшить концентрацию оксидов азота в отводимых продуктах сгорания (рис. 1, в) [1].

Сегодня на ТЭЦ г. Бишкек сжигают угли разных марок и месторождений, в том числе небольшие партии бурого угля Каракечинского месторождения, частицы сопутствующей породы которого плавятся при пониженной температуре. При подаче пылевых потоков этого угля в топку котлов БКЗ-160 с модернизированными системами сжигания в углах и на скатах холодных воронок вновь появляются следы шлака.

При нагрузках  $D_{пп} \geq 135$  т/ч начинают шлаковаться ширмы. Для организации нормальной работы котлов требуется более радикальное вмешательство в конструктивное оформление зоны активного горения топков с уменьшением существующих значений тепловых напряжений [2, 3]. Но если величина показателя  $q_{лг}$  может быть уменьшена путем увеличения межярусного расстояния с вынесением пылепроводов из существующих горелочных блоков, (рис. 1, г), то приблизиться к безопасному нормативному значению  $q_F^H$  при фиксированных размерах топки, согласно «Норм» можно за счет снижения тепловой и паровой нагрузок на ~ 15 % ( $D_{пп} \approx 0,85 D''_{пп} \approx 136$  т/ч) [2, 3].

Повысить нагрузку можно при переходе к низкотемпературному сжиганию топлива, для чего необходимо реализовать приточно-диффузионный механизм питания факела окислителем, в частности, раздельным (рассредоточенным) вводом реагентных потоков через специально разработанные многофункциональные горелочные устройства [4–10]. Работа горелок сопровождается формированием сверхнизких значений падающих тепловых потоков в направлении амбразур, в связи с чем повышается их долговечность с продлением межремонтного срока до 12–16 лет и более. В низкотемпературном факеле понижается активность окислительных процессов, в том числе образования оксидов азота, вследствие чего концентрация этого вредного для здоровья людей и окружающей среды вещества в отводимых продуктах сгорания оказывается ниже, чем при обычном сжигании пыли, вводимой в топку в смеси со всем окислителем.

Устойчивое горение частиц угольной пыли в факеле многофункциональной горелки достигается при содержании летучих веществ на горючую массу  $V^r \geq 20$  %. При  $V^r \geq 40$  % согласно норм безопасности пылеприготовления в мельницы по-

дают газы рециркуляции, обеспечивающие концентрацию кислорода  $O_2 \leq 16$  %. Последующий вывод инертного балласта с пылью в топку и его вовлечение в воспламенительный процесс приводит к дополнительному снижению температуры факела.

Появляющаяся в зоне активного горения температурная неравномерность, способная вызвать локальное шлакование, уменьшается путем рационализации схем компоновки и включения горелок [9, 11, 12]. Рекомендуемая для котлов БКЗ-160 схема размещения многофункциональных горелок представлена на рис. 1. Схема учитывает возможность использования пыли как проектного каменного, так и каракечинского бурого угля, других твердых топлив, природного газа, подсветочного (растопочного) мазута.

На котлах БКЗ-220 второй очереди ТЭЦ г. Бишкек частично учтены проектные недостатки котлов БКЗ-160. В топках с двухъярусной встречной компоновкой вихревых горелок, размещенных на боковых стенах, величина теплового напряжения лучистой поверхности экранов в зоне активного горения  $q_{лг} \approx 0,94$  МВт/м<sup>2</sup> соответствует нормируемому показателю  $q_{лг}^H \text{ проект} \leq 1,0$  МВт/м<sup>2</sup> для проектного каменного угля и около  $q_{лг}^H \leq 0,9$  МВт/м<sup>2</sup> для бурого угля (рис. 2) [2, 3, 13].

Значение теплового напряжения сечения топки по верхнему ярусу горелок  $q_F = 1,8$  МВт/м<sup>2</sup> завышено на ~ 20 %. Однако при сжигании проектного топлива необходимости снижать нагрузку рассматриваемого агрегата в эксплуатации не возникает, что связано с оригинальной заводской компоновкой горелок «треугольником» при уменьшенном тепловом напряжении сечения топки для нижнего горелочного яруса. Но котлы также лишены мельничного резерва. Основные проблемы, связанные с этим, появляются в отопительный сезон. Отключение мельницы влечет снижение тепловыделения и паровой нагрузки котла. Для сохранения последней в отключенные по пыли горелки подают газ. При его дефиците в топке распыливают мазут. Совместное сжигание последнего с пылью ухудшает горение твердых топливных частиц, активизирует процесс шлакования. В отсутствии подсветки отключение одной из мельниц, связанной пылепроводами с верхним ярусом горелок, влечет характерное смещение факела к противоположной стене с «захолаживанием» зон эжекции работающих горелок, что хорошо видно по представленным безразмерным полям температуры, полученным на слабонеизотермической модели с принятыми в теплоэнергетике условиями приближенного моделирования, рис. 3, а, б [14–16]. В период сжигания сильно окисленного забалластированного породой и влагой каракечинского бурого угля при пониженной по требованиям

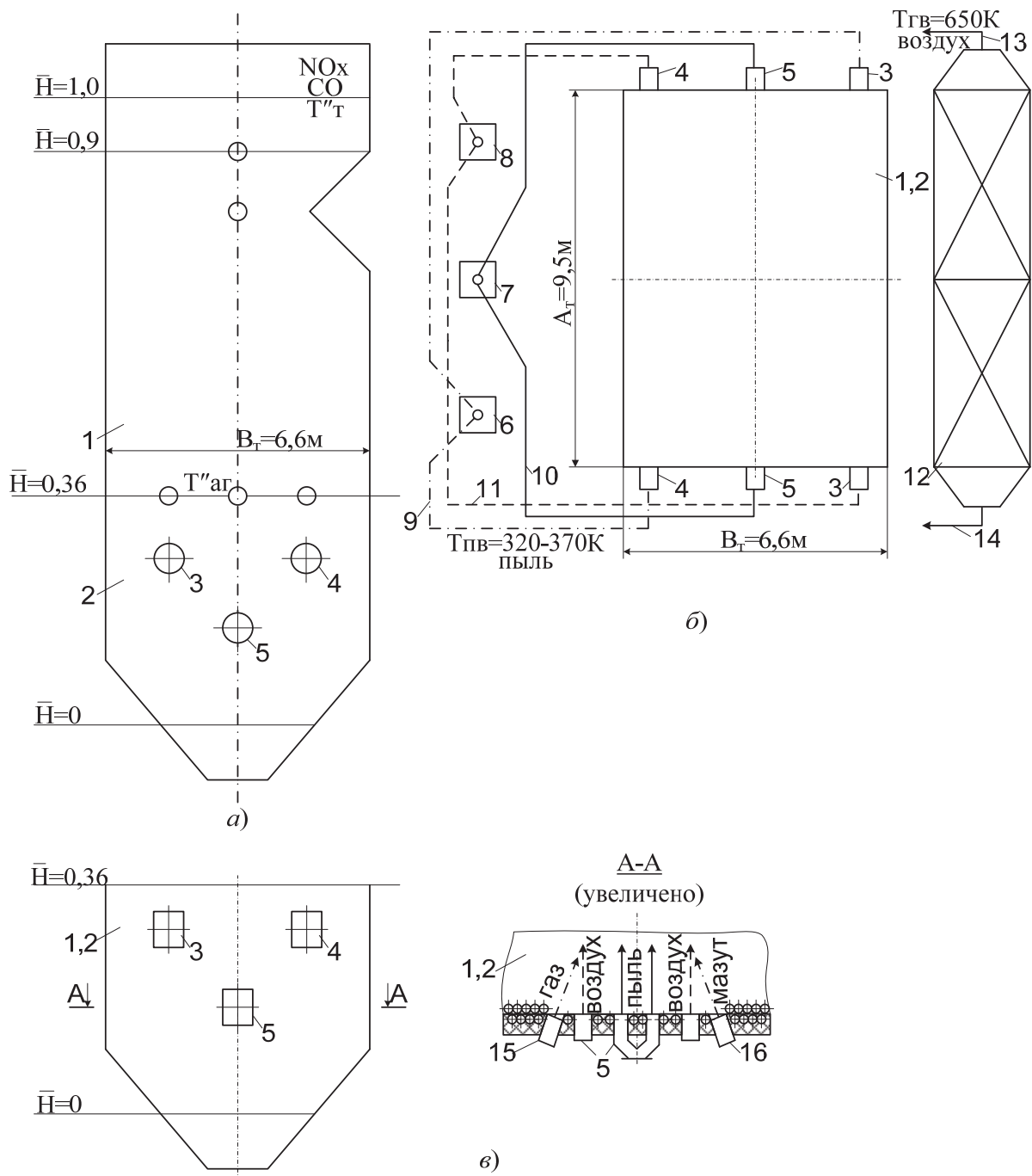


Рис. 2. Схема топки котла БКЗ-220: а, б – продольный и поперечный разрезы топки с существующими пылепроводами; в – вариантная схема компоновки многофункциональных горелок на боковых стенах топки; 1 – топка; 2 – зона активного горения; 3, 4 – горелки верхнего яруса; 5 – горелки нижнего яруса; 6, 7, 8 – мельницы; 9, 10, 11 – пылепроводы от мельниц 6, 7, 8 к горелкам 3, 4, 5; 12 – воздухоподогреватель; 13, 14 – воздуховоды к горелкам 3, 4, 5; 15 – газовые сопла; 16 – мазутные форсунки;  $\bar{H} = H/H_r$  – текущая и полная высота топки, м

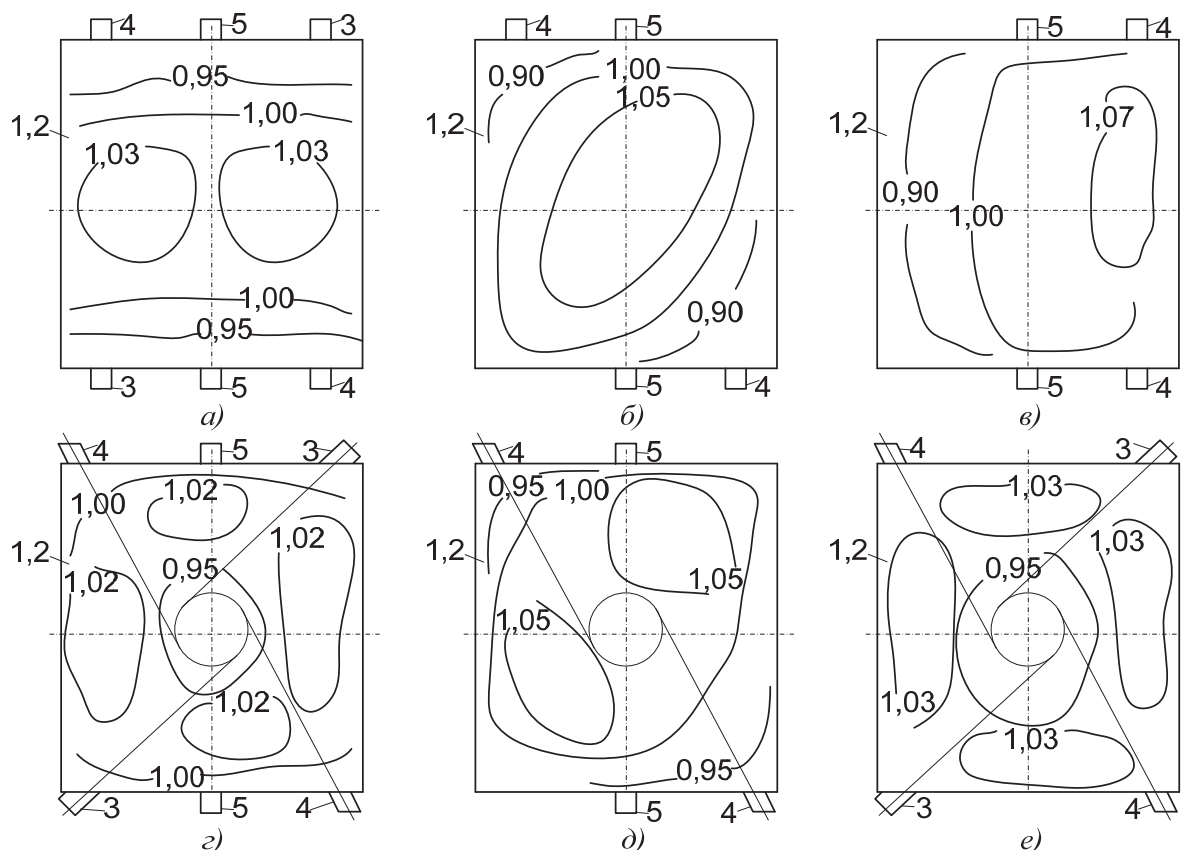


Рис. 3. Безразмерные распределения температуры ( $\bar{T}$ ) в выходном сечении зоны активного горения ( $\bar{H} = 0,36$ ): а, б – существующая схема встречно-диагонального ввода пыли в топку, в работе 3 и 2 мельницы соответственно; в – встречная схема ввода пыли в топку, в работе 2 мельницы; г, д, е – встречно-тангенциальная схема ввода пыли в топку; г – в работе 3 мельницы; д, е – в работе 2 мельницы; 1, 2 – топка, зона активного горения; 3, 4 – горелки верхнего яруса; 5 – горелки нижнего яруса;  $\bar{T} = T/T_{cp}$  – локальная и средняя в сечении температура, К;  $\bar{H} = H/H_p$  – текущая и полная высота топки, м

правил взрыво- и пожаробезопасности температуре пылевоздушной смеси происходит затягивание процесса прогрева реагентных потоков со срывом воспламенения. Изменяя способ ввода реагентов в топку, можно достичь улучшения картин распределения температуры и условий зажигания топливовоздушной смеси. При переработке пылепроводов с диагональным подводом пылевоздушной смеси к горелкам на встречный подвод реализуется устойчивая схема зажигания, однако формируемый при этом повышенный уровень неравномерности крайне нежелателен с позиций развития процесса шлакования экранов и ширм, рис. 3, в. Стабильное зажигание при пониженной неравномерности можно реализовать и разворотом горелок верхнего яруса по касательным к условным окружностям в центре топки (рис. 3, г, д, е). Для улучшения работы котлов на пыли разнородного твердого топлива, в том числе ухудшенного качества, в верхнем ярусе могут быть установлены многофункциональные горелки по типу рис. 1, г, а в нижнем – по рис. 2, в. Реализуемый при работе

этих горелок всё тот же механизм приточно-диффузионного подвода окислителя в факел обеспечивает минимизацию температурного уровня с повышением надежности горелочных амбразур, уменьшения активности шлакования топочных экранов и пароперегревателей, снижением концентрации оксидов азота в отводимых продуктах сгорания. Возможна и двухъярусная тангенциальная схема компоновки 6 многофункциональных горелок от 3-х мельниц.

Завод-изготовитель котлов БКЗ-160 и БКЗ-220 способен квалифицированно выполнить проектную документацию, необходимые разводки экранных труб и элементы многофункциональных горелок. Возникающие вслед за этим вопросы повышения экономичности сжигания топлива напрямую связаны с состоянием размольного оборудования, воздухоподогревателей. Особенно удручающе выглядят среднеходные мельницы котлов БКЗ-160, где в провал и затем в систему шлакозолоудаления уходит до 5,0 % и более всего топливного потока. Высока и степень износа воздухопо-

догревателей, что вызывает значительную утечку воздуха в поток продуктов сгорания и прирост потерь с уходящими газами  $\Delta q_2$ . С учетом этих обстоятельств КПД котлов брутто едва достигает 83–85 % против проектных 89–90 %.

При проведении опытного сжигания небольших партий каракечинского угля, доставляемого на ТЭЦ г. Бишкек автотранспортом, столкнулись с проблемой быстрой окисляемости свежедобытого топлива с потерей теплоты сгорания:

$$\Delta Q_{\text{н}}^{\text{п}} = Q_{\text{н д}}^{\text{п}} - Q_{\text{н п}}^{\text{п}} \approx 4600 - 3600 = 1000 \text{ ккал/кг, где}$$

$Q_{\text{н д}}^{\text{п}}$ ,  $Q_{\text{н п}}^{\text{п}}$  – теплота сгорания свежедобытого и поставляемого на склад ТЭЦ г. Бишкек угля, ккал/кг. Высокое содержание СаО > 15 % в породе приводит к быстрому зарастанию мокрых золоуловителей и каналов ГЗУ соединением СаСО<sub>3</sub>.

Согласно Правительственному плану развития энергетики Республики Кыргызстан основные поставки твердого топлива на ТЭЦ г. Бишкек будут осуществляться с Каракечинского месторождения. Доставлять уголь еще в 70–80 годах прошлого столетия предлагалось в виде водоугольной суспензии (ВУС) – смеси угольной пыли и воды с добавками поверхностно-активных веществ с перемещением ее к потребителю по трубам, распыливанием в топках на капли и сжигания в факеле [17–20]. Сегодня применительно к ТЭЦ г. Бишкек можно говорить об устойчивых ВУС нового поколения с переизмельченными до 3–40 мкм частицами твердого топлива и хорошими транспортабельными характеристиками, получаемыми в сверхэкономичных установках производительностью до 80 т/ч и энергозатратностью 10–20 кВт·ч/т [21–25]. Приготовление ВУС на месте добычи каракечинского угля, дальнейший транспорт по трубопроводу, в авто- или железнодорожных цистернах до ТЭЦ г. Бишкек сохраняют потенциальную теплоту исходного топлива  $\Delta Q_{\text{н}}^{\text{п}}$ , предотвращая его самоокисление, устраняют необходимость соблюдения мер взрыво- и пожаробезопасности на ТЭС (как при использовании сухого топлива с большим выходом летучих веществ). Детальный анализ процесса горения ВУС, приготовленной из бурого угля с размерами твердых частиц  $\leq 350$  мкм на котле ТП-35 паропроизводительностью 35 т/ч, а в дальнейшем ВУС из каменного угля на котле ПК-40 паропроизводительностью 320 т/ч, показал, что основной вклад в интегральный показатель степени недожога топлива давали частицы с размерами  $\geq 40$ –90 мкм [17–20]. Все частицы с размерами  $\leq 40$  мкм прогорали практически полностью, причем более активно на котле ПК-40 с более высокими тепловыми напряжениями зоны активного горения  $q_F$  и  $q_{\text{дг}}$ . Перерасчет горения ВУС с размерами частиц

$\leq 3$ –40 мкм, а также теплообмена топки и котла БКЗ-160 с существующими повышенными проектными

значениями  $q_F \approx 2,8$  МВт/м<sup>2</sup> и  $q_{\text{дг}} \approx 1,7$  МВт/м<sup>2</sup> показывает, что в сравнении с пылеугольным вариантом сжигания топлива повышаются только потери теплоты с уходящими газами на  $\Delta q_2$  из-за высокого балласта транспортной влаги, вводимой в факел вместе с топливом. Но это приращение  $\Delta q_2$  уже соизмеримо с аналогичным показателем котла при вводе в топку газов рециркуляции с пылевыми потоками из размольных устройств. Образующиеся при горении угольных частиц в каплях зольные конгломераты из отдельных спекшихся частиц породы, имея крупные размеры (200–1500 мкм), хорошо улавливаются в сухих осадителях перед выводом в атмосферу. В сравнении с традиционным пылесжиганием в капельно-суспензионном факеле с пониженным уровнем температуры в атмосферу выводится на 80 % меньше твердых зольных частиц и на 40 % меньше оксидов азота [17–20]. В технологии золоулавливания устраняется проблема борьбы с СаСО<sub>3</sub>.

#### Выводы

1. Обозначенные преимущества ВУС нового поколения позволяют говорить о целесообразности их подтверждения на одном из котлов БКЗ-160 с пусковым комплексом, включающим демонстрационную систему пылеприготовления небольшой производительности, и по результатам его испытаний принять решение о модернизации с традиционной пылеугольной (рис. 1, г) или суспензионной технологией сжигания.

2. В дальнейшем демонстрационно-пусковой суспензионный комплекс может быть использован в качестве резервно-подсветочной системы на котлах, сжигающих угольную пыль.

3. На котлах БКЗ-220 традиционную технологию пылесжигания на ближайшее десятилетие целесообразно сохранить, реконструировав горелки под разнородное твердое топливо и природный газ, в частности, по рис. 1, г и 2, в.

#### Литература

1. Перевод котла БКЗ-160 на технологию ступенчатого сжигания топлива / В.В. Осинцев, А.К. Джундубаев, В.Я. Гигин и др. // *Электрические станции*. – 1993. – № 3. – С. 25–29.
2. *Тепловой расчет котлов. Нормативный метод*. – Изд. 3-е. перераб. и доп. – СПб.: НПО ЦКТИ-ВТИ, 1998. – 257 с.
3. Митор, В.В. *Проектирование топков с твердым шлакоудалением (дополнение к нормативному методу теплового расчета котельных агрегатов)*. Руководящие указания // В.В. Митор, Ю.Л. Маршак. – Л.: ВТИ-НПО ЦКТИ, 1981. – Вып. 42. – 118 с.
4. *Управление тепловой структурой факела в топках котлов БКЗ-210-140Ф с однородной фронтальной компоновкой горелок при сжигании разнородного топлива* / К.В. Осинцев, В.В. Осин-

цев, М.П. Сухарев, Е.В. Торопов // Теплоэнергетика. – 2005. – № 9. – С. 14–23.

5. Улучшение процесса сжигания топлива на котлах БКЗ-210-140Ф / К.В. Осинцев, В.В. Осинцев, М.П. Сухарев, Е.В. Торопов // Электрические станции. – 2006. – №11. – С. 13–19.

6. Особенности и организация факельного процесса в топке с многофункциональными горелками / В.В. Осинцев, Г.Ф. Кузнецов, В.В. Петров, М.П. Сухарев // Электрические станции. – 2002. – № 11. – С. 14–19.

7. Осинцев, К.В. Расчет характеристик начального участка полидисперсного факела при фронтальном прямоточном вводе реагентов в топку / К.В. Осинцев // Тепловые процессы в технике. – 2009. – № 9. – Т. 1. – С. 379–382.

8. Анализ результатов опытного сжигания высокорреакционного бурого угля на котле БКЗ-210-140Ф / В.В. Осинцев, Г.Ф. Кузнецов, В.В. Петров, М.П. Сухарев // Теплоэнергетика. – 2003. – № 8. – С. 27–32.

9. Осинцев, К.В. Учет неоднородности и неустойчивости тепловой структуры топочного факела при использовании многофункциональных горелок / К.В. Осинцев, В.В. Осинцев // Теплоэнергетика. – 2007. – №6. – С. 66–70.

10. Осинцев, К.В. Способ снижения теплового потока в направлении горелочных амбразур / К.В. Осинцев // Электрические станции. – 2009. – № 11. – С. 13–17.

11. Совершенствование методов снижения температурных неравномерностей в топках с фронтальной компоновкой горелок / В.В. Осинцев, В.В. Осинцев, А.М. Хидиятов и др. // Теплоэнергетика. – 1990. – № 4. – С.23–26.

12. Осинцев, К.В. Повышение надежности топки и дымоотводящих элементов котла Бабкок-Вилькокс при сжигании природного газа в подовых щелевых горелках / К.В. Осинцев // Теплоэнергетика. – 2010. – № 4. – С. 2–8.

13. Перевод котла БКЗ-220 на технологию ступенчатого сжигания топлива / В.В. Осинцев, А.К. Джундубаев, В.Я. Гигин и др. // Электрические станции. – 1991. – № 11. – С. 17–22.

14. Михеев, М.А. Моделирование тепловых устройств / М.А. Михеев, М.В. Кирпичев. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936. – 180 с.

15. Кутателадзе, С.С. Моделирование теплоэнергетического оборудования / С.С. Кутателадзе, Д.Н. Ляховский, В.А. Пермяков. – М.; Л.: Энергия, 1966. – 340 с.

16. Осинцев, В.В. Аэродинамика и температурные поля газоходов пылеугольных котлов /

В.В. Осинцев // Теплоэнергетика. – 1989. – № 11. – С. 17–22.

17. Хидиятов, А.М. Перспективы, основные результаты исследований и проблемы использования водоугольных суспензий с энергетике / А.М. Хидиятов, В.В. Осинцев, Л.И. Дубовцев // Электрические станции. – 1988. – № 9. – С. 2–12.

18. Джундубаев, А.К. Моделирование технологических схем сжигания кавакского бурого угля, доставляемого на ТЭС гидротранспортом / А.К. Джундубаев, А.М. Хидиятов, В.В. Осинцев // Теплоэнергетика. – 1987. – № 5.

19. Джундубаев, А.К. Оценка влияния влагосодержания на устойчивость воспламенения кавакского бурого угля / А.К. Джундубаев, А.М. Хидиятов, В.В. Осинцев // Теплоэнергетика. – 1988. – № 1.

20. Осинцев, В.В. Анализ тепловой устойчивости факельного сжигания углей Киргизии / В.В. Осинцев, А.К. Джундубаев, А.М. Хидиятов // Известия Академии наук Киргизской ССР. Физико-технические и математические науки. – 1989. – № 1. – С. 56–65.

21. Морозов, А.Г. Гидроударные технологии для получения водоугольного топлива / А.Г. Морозов, Н.В. Коренюгина // Новости теплоснабжения. – 2010. – № 7. – С. 18–21.

22. Овчинников, Ю.В. Искусственное композиционное жидкое топливо из угля и эффективность его использования / Ю.В. Овчинников, С.В. Луценко // Материалы научно-практической конференции «Перспективные энергосберегающие технологии и способы сжигания твердого топлива в котлах малой и средней мощности», 15–18 ноября 2005 г. (г. Кемерово). – 2005. – С. 10.

23. Овчинников, Ю.В. Физические процессы и механохимические эффекты в дезинтеграторах и кавитаторах при производстве ИКЖТ / Ю.В. Овчинников, С.В. Луценко, Е.А. Евтушенко // Энергосистемы, электростанции и их агрегаты: сб. науч. тр. – Новосибирск: НГТУ, 2005. – Вып. 9. – С. 310.

24. Технологии сжигания топлив в котельных и на электростанциях / Ф.А. Серант, Л.И. Пугач, Ю.В. Овчинников и др. // Академия энергетики. Серия Наука и технологии. – 2008. – №6 (26). – С. 54–65.

25. Приготовление и сжигание водоугольного топлива в различных топочных устройствах / А.И. Цепенюк, С.В. Луценко, Ф.А. Серант, Е.Г. Карпов // Материалы Международной конференции по теплоэнергетике и ее устойчивому развитию. (г. Угльевик, Республика Сербская, Босния и Герцеговина). – 2010. – С. 61–66.

Поступила в редакцию 04.03.2012 г.

**Осинцев Константин Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной теплоэнергетики, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск. Область научных интересов – факельное сжигание. Контактный телефон: 8-(351) 267-93-95.

**Osintsev Konstantin Vladimirovich** is a Candidate of Science (Engineering), Associate Professor of the Heat-and-Power Engineering Department of South Ural State University, Chelyabinsk. Research interests: flame combustion. Tel.: 8-(351) 267-93-95.

**Осинцев Владимир Валентинович** – кандидат технических наук, технический директор ЗАО «Ураллесэнерго»-Урал, г. Челябинск. Область научных интересов – новые системы сжигания топлива. Контактный телефон: 8-(351) 773-04-95.

**Osintsev Vladimir Valentinovich** is a Candidate of Science (Engineering), Engineering Manager of Close Joint-Stock Company “Urallesenergo”-Ural, Chelyabinsk. Research interests: new systems of fuel combustion. Tel.: 8-(351) 773-04-95.

**Богаткин Владимир Иванович** – заместитель генерального директора по проектированию энергообъектов ОАО «Объединение ВНИПИэнергопром» – директор Приволжского и Южно-Уральского филиалов, Приволжский филиал ОАО «Объединение ВНИПИэнергопром», г. Москва – Казань. Область научных интересов – устройства факельного сжигания. Контактный телефон: 8-(843) 518-80-03.

**Bogatkin Vladimir Ivanovich** is Assistant General Director of Power Plant Design of Joint Stock Company «VNIPI energoprom Association», a Managing director of South Ural and Volga branches, Volga branch Joint Stock Company «VNIPI energoprom Association», Moscow, Kazan. Research interests: flame combustion equipment. Tel.: 8-(351) 8-(843) 518-80-03.

**Джундубаев Ахмет Курманбекович** – кандидат технических наук, зав. лабораторией промышленной теплоэнергетики, Кыргызский научно-технический центр по энергетике «Энергия» при Министерстве энергетики Кыргызской Республики, г. Бишкек. Область научных интересов – топочные устройства. Контактный телефон: (996 312) 51-03-49.

**Djundubaev Akhmet Kurmabekovich** is a Candidate of Science (Engineering), a Laboratory Chief of industrial heat engineering of Kyrgyz Scientific and Technical Centre of power engineering “Energy” of Kyrgyz Republic Ministry of Power Engineering, Bishkek. Research interests: furnace units. Tel.: (996 312) 51-03-49.

**Васильева Валентина Ивановна.** Старший научный сотрудник лаборатории промышленной теплоэнергетики, Кыргызский научно-технический центр по энергетике «Энергия» при Министерстве энергетики Кыргызской Республики, г. Бишкек. Область научных интересов – режимы работы котельных агрегатов. Контактный телефон: (996 312) 33-02-24.

**Vasilieva Valentina Ivanovna** is a laboratory senior research assistant of industrial heat engineering of Kyrgyz Scientific and Technical Centre of power engineering “Energy” of Kyrgyz Republic Ministry of Power Engineering, Bishkek. Research interests: boiler usage parameters. Tel.: (996 312) 33-02-24.

**Мавлянкев Шавкат Урунбекович** – Начальник отдела проектных работ, Кыргызский научно-технический центр по энергетике «Энергия» при Министерстве энергетики Кыргызской Республики, г. Бишкек. Область научных интересов – проектирование горелок и котельных агрегатов. Контактный телефон: (996 312) 61-52-47.

**Mavlyanbekov Shavkat Urunbekovich** is a Head of Design Department of Kyrgyz Scientific and Technical Centre of power engineering “Energy” of Kyrgyz Republic Ministry of Power Engineering, Bishkek. Research interests: burner and boiler design. Tel.: (996 312) 61-52-47.

**Закиров Саламат Мырзакулович** – научный сотрудник лаборатории промышленной теплоэнергетики, Кыргызский научно-технический центр по энергетике «Энергия» при Министерстве энергетики Кыргызской Республики, г. Бишкек. Область научных интересов – проектирование горелочных устройств. Контактный телефон: (996 312) 33-01-16.

**Zakirov Salamat Myrzakulovich** is Laboratory research assistant of Kyrgyz Scientific and Technical Centre of power engineering “Energy” of Kyrgyz Republic Ministry of Power Engineering, Bishkek. Research interests: burner design. Tel.: (996 312) 33-01-16.