ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ БИЙСКОГО КОТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

А. М. Сидоров, А. А. Скрябин, Е.М. Пузырев
НИЦ ПО«Бийскэнергомаш» г.Барнаул

Непрерывный рост цен на мазут, природный газ и качественные энергетические угли заставляет многие регионы России переориентироваться на более широкое использование низкосортных углей и горючих отходов, запасы которых трудно исчислимы.

По официальным данным топливный баланс в ближайшие годы будет изменяться. На совместном заседании РАН и РАО «ЕЭС России» решено рассмотреть перспективную структуру потребности в энергетических углях по варианту со снижением доли природного газа и жидкого топлива и доведением доли Канско-Ачинского и подобных углей до 40 – 42 % к 2015 году.

При характерной доле топливной составляющей в 50 – 70 % от стоимости отпускаемой энергии замена энергетических углей на низкосортное топливо или отходы обеспечивает существенные экономические выгоды. Как правило, переход предприятий на сжигание дешевого низкосортного топлива окупается за один – два отопительных сезона.

Таким образом, рассмотрение научных и технических задач вовлечения низкосортных углей и горючих отходов в топливный баланс страны является актуальным.

Основной проблемой энергетики, в том числе промышленной и коммунальной, помимо отсутствия средств на приобретение дорогостоящего топлива, является использование физически и морально устаревшего оборудования. Поэтому в России и, особенно в регионах Сибири и Дальнего Востока, котельная техника будет иметь устойчивый спрос, но при условии её соответствия современным требованиям.

Сегодня котлостроительные заводы активно расширяют номенклатуру выпускаемого оборудования, и, прежде всего, за счет котлов для эффективного сжигания твердых топлив. Такие котлы должны обладать высокими экономическими и экологическими показателями. Номенклатура также должна содержать и оборудование для сжигания нетрадиционных видов топлива, включая местные, в т.ч. высоковлажные и высокозольные, угли, отходы углеобогащения, шламы, угольный шлак из-под слоевых котлов, фрезерный торф и отсевы антрацита; растительные отходы, включая подсолнечную и гречневую лузгу; древесные отходы, включая отходы производства мебели, опилки, щепу, лигнин и перепревшие и высоковлажные древесные отходы. При этом основным направлением здесь является использование технологий и топок форсированного горения. Необходимо также учитывать, что огневое обезвреживание горючих отходов — это наиболее простой, эффективный и кардинальный способ решения проблем защиты окружающей среды от загрязнений.

Следует отметить, что установленное котельное оборудование производства Бийского, Доргобужского, Белгородского, Барнаульского и других котельных заводов большей частью не приспособлено для сжигания низкосортных видов топлива и горючих отходов.

Согласно исследованиям НПО ЦКТИ, НИЦ ПО «Бийскэнергомаш» и других фирм, слоевой способ сжигания на неподвижных или механизированных колосниковых решетках характеризуется высоким (до 40-60%) содержанием горючих в шлаке. Низкая эффективность наблюдается и при использовании качественных углей Кузнецких месторождений.

В развитых зарубежных странах, с 70-х годов прошлого века широкое развитие [5, 6] получили технологии организации топочных процессов с использованием кипящего слоя (КС) и сильно загруженных инертными частицами (золой) потоков типа циркулирующего кипящего слоя (ЦКС). По объёму вводимых энергетических мощностей, котлы с КС и ЦКС стоят на первом месте.

Кипящий слой состоит из смеси горячего песка, частиц золы и нескольких процентов топлива. Он поддерживается в постоянном движении первичным воздухом, который подается снизу топки через воздухораспределительную решетку. Благодаря значительной турбулентности, в слое обеспечивается хорошее перемешивание воздуха, топлива и золы, создаются оптимальные условия для

сжигания топлива и улавливания серы и других вредных веществ известняком. Большая масса горячих частиц удерживает в топке много тепла, сохраняет постоянную температуру и нивелирует неравномерности концентрации и качества топлива, вводимого в слой.

В классическом КС низкотемпературное сжигание обеспечивается отводом тепла от слоя к топочным экранам и погруженным поверхностям нагрева. Отвод тепла соответствует разнице между теплом, вводимым с воздухом и топливом (в основном теплота сгорания) и теплом выносимым уходящими газами и частицами. В силу низкой (несколько процентов) концентрации горючих в золе, топочные процессы характеризуются малыми потерями горючих с выводимой из слоя золой.

Вместе с тем, выполненные ранее исследования НИЦ ПО «Бийскэнергомаш» [1-4, 7-9], касающиеся различных аспектов внедрения схем классического кипящего слоя, выявили ряд присущих им недостатков.

Горение твердого топлива в КС сопровождается термическим и механическим измельчением и, соответственно, его выносом и высокими (до 15-40%) потерями с механическим недожогом. В топках КС применяется низкотемпературное сжигание, но с другой стороны даже кратковременное прекращение ожижения или локальное повышение температуры опасно из-за лавинообразного спекания частиц слоя.

С учетом опасности спекания классический КС имеет узкий диапазон регулирования нагрузки и характеризуется повышенными требованиями к качеству дробления угля. Наиболее приемлемым регулированием для КС является секционирование топки с отключением нескольких слоев, которое на практике трудно реализуется.

Для топок классического КС характерны низкие скорости ожижения и, соответственно, малые тепловые напряжения сечения топки. Горение над слоем из-за быстрого охлаждения дымовых газов быстро прекращается и, поэтому, всё дутьё должно подаваться под слой. Зона над слоем и топочные экраны используются недостаточно эффективностью, избыточное тепло должно восприниматься погруженными в КС поверхностями нагрева. В итоге, топки КС имеют большую площадь и достаточно громоздки. Применение погруженных поверхностей нагрева сопровождается их интенсивным золовым износом.

В промышленной энергетике зарубежных стран успешное распространение топок КС обусловлено существующими жесткими требованиями по нижней и верхней границам размера частиц топлива, уголь поставляется в сортированном виде. В России уголь не сортируется. Дробление угля в котельной не надежно, сопряжено с переизмельчением и потерями топлива в уносе, повышенными выбросами частиц в атмосферу.

Более широко за рубежом применяются схемы ЦКС [5, 6]. По теплонапряжению они приближаются к уровню камерного сжигания и характеризуются активной рециркуляцией унесенных частиц. Средний размер частиц золы в ЦКС 150…400 мкм, что гораздо ниже, чем в КС, где он составляет 2…5 мм. Скорости потока дымовых газов в 2-5 раз выше, чем для КС и слой удерживается в топке ЦКС только благодаря мощной системе улавливания с циклоном и специальному тракту возврата с пневматическим клапаном. Циркулирующие частицы заполняют весь топочный объём, равномерно распределяют в нем выгорание и отвод тепла к топочным экранам. Равномерность тепловыделения и изотермичность в надслоевом объёме дополнительно повышается при подаче значительной (до 60-70%) доли воздуха в виде вторичного дутья.

В ЦКС используется контролируемый отвод тепла из слоя. Глубина регулирования нагрузки для топок ЦКС составляет от 25 до 100%. Слой состоит не только из мелких циркулирующих частиц. Значительная масса содержащихся в слое крупных не витающих частиц составляет плотный кипящий слой, находящийся непосредственно над воздухораспределительной решеткой.

Недостатками топок ЦКС являются: сложность обеспечения заданного размера подаваемых в топку частиц, особенно каменного угля и антрацитов; сложность растопки, т.к. требуется предварительный прогрев больших масс частиц слоя; повышенные напоры дутья и затраты электроэнергии на привод воздуходувок; сложность котельной установки ЦКС с громоздкими циклонами и трактами циркулирующих частиц.

Другим существенным недостатком топок и котлов ЦКС является использование больших (до 200 кг на 1 кг подаваемого угля) потоков циркулирующих частиц. Наличие горячих крупногабаритных циклонов, линий слива частиц и высоких топок создает труднопреодолимые проблемы для внедрения этой технологии при модернизации и реконструкции существующих котельных установок. Схемы ЦКС не применяются в отечест-

венной практике из-за конструктивных и технологических сложностей и высокой стоимости.

В целом технологии кипящего и циркулирующего слоя относятся к числу наукоёмких проблем, требующих определённых затрат для своего решения.

В итоге, по указанным выше причинам, в России попытки перевода котлов и котельных на кипящий слой, проведенные предприятиями самостоятельно, либо с помощью ведущих энергетических институтов (ВТИ, НПО ЦКТИ, КазНИИ Энергетики и др.), Бийским и Барнаульским котельными заводами оказались большей частью не эффективными.

Для успешного освоения технологий кипящего слоя в отечественной энергетике авторы рекомендуют применять следующую концепцию внедрения.

Концепция основана на положении о топке со свободным форсированным низкотемпературным кипящим слоем (НТКС), вписываемой в профиль котла с использованием его элементов и топочного объёма для организации сепарации частиц и дожигания горючих. Концепция учитывает тип топлива, профиль котла и сочетает в себе наиболее важные преимущества топок КС и ЦКС, а именно:

1. Форсированный режим, т.е. высокие скорости ожижения, что обеспечивает: более надежное перемешивание материала кипящего слоя и увеличение диапазона регулирования нагрузки; значительно меньшую чувствительность к низкому качеству дробления рядового угля; меньшую площадь воздухораспределительной решетки, позволяя вписать топку НТКС практически во все имеющиеся профили отечественных котлов Бийского, Доргобужского, Белгородского и других котельных заводов с организацией в топочном объёме надёжной гравитационной сепарации и удержания частиц в слое. Форсировка слоя, в совокупности с внутритопочной сепарацией, заполняет топку циркулирующими частицами, интенсифицирует теплообмен и распространяет горение над слоем в объём топки, подобно ЦКС.

2. Использование свободного кипящего слоя, без погруженных в слой поверхностей нагрева, упрощает конструкцию, облегчает обслуживание и эксплуатацию топки, снимает проблему износа.

3. Применение низкотемпературного топочного процесса позволяет сохранить экологические преимущества ЦКС и в совокупности с форсированием и использованием свободного слоя (без погруженных поверхностей нагрева) снимает главную проблему - зашлаковывание слоя при низком качестве топливоподготовки.

В концепции важная роль отводится учёту поведения различных типов углей при горении в кипящем слое, т.к. это предопределяет конкретные особенности организации топочного процесса. Для топлив с высокой реакционной способностью и большим выходом летучих (древесные отходы, торф, бурые угли) возможны более простые схемы организации топочного процесса. Для антрацитов, каменных и тощих углей требуются специальные меры борьбы с недожогом и зашлаковыванием слоя.

Принцип встраивания топки НТКС в существующий профиль котла с использованием его элементов и топочного объёма является важнейшим пунктом концепции. Он позволяет сохранить и использовать инфраструктуру действующей котельной, значительно снижая затраты на строительные, проектные и монтажные работы.

Концепция базируется на использовании проверенных практикой оригинальных конструктивных элементов и технических решений, таких как нижняя растопка слоя, встроенные системы улавливания и возврата уноса, системы подачи вторичного дутья с организацией вихревых течений в топочном объёме котла.

Критерием правильности концепции является эффективность применения. Сегодня на её основе проведено внедрение НТКС более чем на 30 объектах. Ниже приведены данные о параметрах работы ряда реконструированных котлов.

Литература

1. Фурсов И.Д., Дорожков А.А., Сидоров А.М. и др. Реконструкция котла ДКВр-10-13 с переводом на сжигание угля в кипящем слое. // «Межвузовский сборник». — Барнаул. Труды АПИ, вып.48 «Вопросы сжигания топлив в парогенераторах», 1975 г., с. 14-19.
2. Марьямчик М.И., Сидоров А.М. К выбору схемы подачи топлива в кипящий слой. Сжигание топлив с минимальными вредными выбросами. // Тезисы докладов. Таллин, 1978 г. II-й всесоюзный научно-технический семинар.
3. Фурсов И.Д., Дорожков А.А., Дураченко Л.И., Сидоров А.М., Кравцов Ю.Г. и др. Реконструкция котла ДКВр-10-13 с переводом его на сжигание угля в низкотемпературном кипящем слое. // «Сжигание топлив с минимальными вредными выбросами». Тезисы докладов II-го всесоюзного научно-технического семинара. Таллин, 1978 г.

4. Дорожков А.А., Сидоров А.М., и др. Опыт сжигания дробленых топлив в топке с кипящим слоем экспериментального котла ДЕ 25-19ПС. // Сб. «Горение органического топлива», ч. 2, г. Новосибирск: ИТФ СО АН СССР, 1985 г., с.62-65.
5. Баскаков А.П., Мацнев В.В., Распопов И.В. Котлы и топки с кипящим слоем. — М.: Энергоатомиздат, 1996. — 352 с.
6. Кубин М. Сжигание твердого топлива в кипящем слое.— М.: Энергоатомиздат, 1991. — 144 с.
7. Фурсов И.Д., Дорожков А.А., Дураченко Л.И., Сидоров А.М. и др. Опытно-промышленная установка с низкотемпературным заторможенным кипящим слоем. // «Проблемы создания парогенераторов с топками кипящего слоя». Тезисы докладов всесоюзного совещания, г. Барнаул, 1978 г.
8. Дорожков А.А., Малкин Б.М., Сидоров А.М., Пронь Г.П., Пузырев Е.М. и др. Исследование режимных параметров топок с кипящим слоем на стендовых установках и в период пробных пусков котла ДЕ-25-19ПС. // Тезисы докладов выездного совещания секции ГКНТ на тему «Надежность поверхностей нагрева», г. Барнаул, 1983 г., с. 67.№ 25.
9. Сидоров А.М., Степаненко С.А., Лиханов А.П., Антонов П.П. Организация внутритопочной циркуляции углеродосодержащих частиц в топках НТКС котлов малой мощности. // Тезисы Всесоюзной конференции «Теплообмен в парогенераторах», г. Новосибирск, 1988 г., с.66-67.

Параметры работы котлов, реконструированных на сжигание бурых углей и древесных отходов в НТКС

Наименование объекта	Топливо	Производительность		Параметры пара		Параметры воды		КПД
		т/ч	Гкал/ч	МПа	°С	вход, °С	выход, °С	%
ДКВр-10, г.Благовещинск, Завод строительных материалов	Хоронорский 1Б	10	-	1,3	Насыщенный	-	-	82
ДКВр-20, г.Красноярск, Металлургический комбинат	Ирша-Бородинский	-	11,2	-	-	70	115	82
КЕ-10-14, г.Чита, Тепловые сети	Татауровский	11	-	0,6	Насыщенный	-	-	82
КЕ-10-14, п.Пластун, Приморский край	Древесные отходы	10	-	1,4	Насыщенный	-	-	85
КЕ-20-16-320, Пермский фанерный завод	Древесные отходы	20	-	1,6	320	-	-	85
КЕ-25-24-350, г.Хор, Хабаровский край, Гидролизный завод	Райчихинский 1Б	25	-	2,4	221	-	-	81
КВ-ТС-20, г.Лесосибирск, Красноярский край, Тепловые сети	Березовский 2Б	-	20	-	-	70	150	82
ТП-30, п.Теплое озеро, Хабаровский край, Цементный завод	Ушумунский 2Б	30	-	1,6	308	-	-	83
ТП-35, п.Теплое озеро, Хабаровский край, Цементный завод	Ушумунский 2Б	35	-	1,6	303	-	-	82
ТС-35-40-440, Читинская ТЭЦ-2	Хоронорский 1Б	42	-	3,9	440	-	-	86