КОТЕЛ КЕ-25-14-225ПС ДЛЯ СЖИГАНИЯ БУРЫХ УГЛЕЙ

Н.В. Усольцев, А.М. Сидоров, Ф.В. Щербаков, А.С. Тюркин,
А.А. Мелешин, С.В. Королев (*НИЦ ПО БЭМ, г.Барнаул*)

Сегодня переход предприятий промышленной и коммунальной энергетики на использование низкосортных дешевых топлив (например, высоковлажных бурых углей) позволяет в условиях сложившегося рынка сохранять рентабельность.

Однако сжигание таких топлив в котлах со слоевыми решетками без предварительной подготовки является затруднительным и сопровождается снижением КПД до 60% и более.

В настоящее время одной из наиболее эффективных технологий сжигания низкосортных углей является сжигание в низкотемпературном (800 - 1000°С) кипящем слое (НТКС).

Помимо основного преимущества перед обычными слоевыми или факельными топками - возможности эффективного сжигания низкокалорийных, высокозольных и высоковлажных углей - топки кипящего слоя обладают более высокими экологическими показателями по выбросам NO_X и SO_2 в атмосферу. Кроме того, низкие температуры горения в кипящем слое гарантируют бесшлаковочную работу топочных экранов и конвективных поверхностей нагрева.

Данные обстоятельства определили выбор способа сжигания (НТКС) при разработке котлов КЕ-25-14-225ПС, устанавливаемых в котельной ОАО "Алтайвагон" г.Рубцовска, для сжигания Итатского бурого угля (таблица 1).

Котел спроектирован НИЦ ПО "Бийскэнергомаш" с использованием программы комплексного расчета паровых и водогрейных котлов "FireCad 2.1", разработанной специалистами НИЦ ПО БЭМ на основе норм теплового, аэродинамического и гидравлического расчетов, методики расчета котлов с кипящим слоем, дополненной поправочными коэффициентами, полученными в процессе испытаний котлов НТКС.

Для повышения надежности и долговечности работы экранных поверхностей нагрева в зоне надслоевого объема применены два способа защиты труб от золового износа (рисунок 1). От воздухораспределительной решетки и на высоту 1м на трубах закреплены чугунные накладки (марка чугуна ЧХ16, твердость 400-450 НВ, рабочая температура до 900ºС), на высоту 1м от накладок нанесена наплавка из самофлюсующегося сплава марки ПР - НХ17СР4-40/100, ТУ 14-22-33-90.

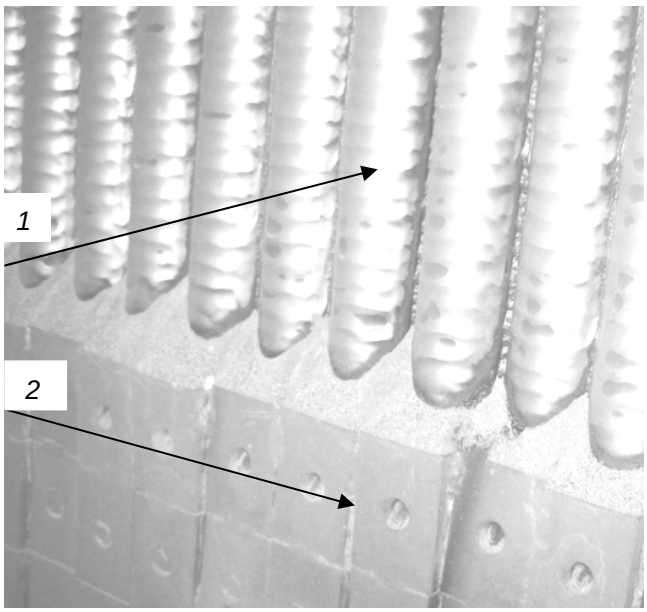

Рисунок 1 – *Защита экранных труб котла КЕ-25-14-225ПС станционный №3 в котельной ООО «Алтайвагон» г. Рубцовск, 1 – наплавка, 2 – чугунные накладки*

Результаты лабораторных анализов образцов труб (сталь 20, Ø51х4, ГОСТ 8733-74) после наплавки показали, что существенно повысились прочностные характеристики труб. Толщина наплавленного слоя 0,5-1,4 мм, твердость на

поверхности слоя – 46-59 HRC, что в 3,14 раза превышает твердость металла трубы. Микроструктура на участке трубы без наплавки и на участке трубы с наплавкой феррито-перлитная.

Использование такого способа защиты от золового износа, позволит существенно увеличить срок службы поверхностей нагрева и снизить затраты на их ремонт и замену.

Расчетные характеристики котла КЕ-25-14-225ПС №3 котельной "Алтайвагон" г.Рубцовск представлены в таблице 2.

На момент испытаний наработка на котле составила 72 часа. Котел запущен в эксплуатацию 16 апреля 2008 года.

Испытания котла были проведены на четырех нагрузках (5,12; 8,5; 11,63 и 16,98 МВт) в диапазоне 30-100%.

Таблица 1 - *Характеристики расчетного топлива*

Характеристика	Обознач.	Значение
Итатский бурый уголь	тип	2Б
Состав топлива		
углерод	C^p	34,06
сера	S^p	0,39
водород	H^p	2,4
кислород	O^p	11,81
азот	N^p	0,34
Влажность на рабочую массу, %	W^p	39
Зольность на рабочую массу, %	A^p	12
Низшая теплота сгорания на рабочую массу, МДж/кг (ккал/кг)	$Q_н^p$	12,98 (3100)

Таблица 2 - *Расчетные характеристики котла КЕ-25-14-225ПС №3 котельной "Алтайвагон" г.Рубцовск*

№ п/п	Наименование	Размерность	Значение
1.	Теплопроизводительность	МВт(Гкал/ч)	16,98 (14,6)
2.	Температура воды на выходе	°С	100
3.	Температура пара на выходе	°С	225
4.	Расход пара	т/ч	25
5.	Потери с уходящими газами, q_2	%	9,453
6.	Химнедожог, q_3	%	0
7.	Мехнедожог, q_4	%	2,5
8.	Потери в окружающую среду, q_5	%	1,219
9.	Коэффициент уноса золы	-	0,8
10.	Температура уходящих газов	°С	169
11.	КПД котла брутто	%	86,78
12.	Расход топлива	кг/ч	5416
13.	Расход воздуха общий	$нм^3/ч$	23037
14.	Температура кипящего слоя	°С	900
15.	Избыток воздуха в кипящем слое	-	2,228
16.	Скорость газов в кипящем слое	м/с	6,733
17.	Температура газов на выходе из котла	°С	307
18.	Удельная теплопроизводительность решетки	$МВт/м^2$ ($Гкал/м^2$)	5 (4,31)

Результаты испытаний показали, что использованная при проектировании КЕ-25-14-225 методика расчета котлов с НТКС, выдает расчетные показатели, хорошо согласующиеся с опытными данными.

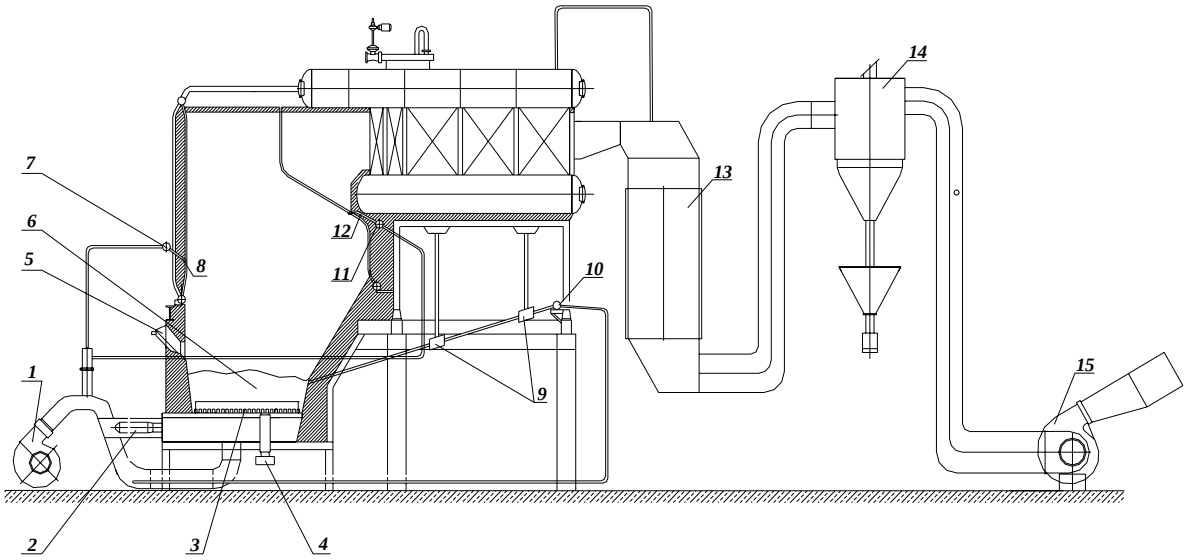

Рисунок 2 - *Котел КЕ-25-14-225ПС с топкой НТКС: 1 - вентилятор первичного и вторичного воздуха; 2 - растопочная камера; 3 - воздухораспределительная решетка; 4 - устройство удаление шлака; 5 - короб ввода топлива; 6 - кипящий слой; 7 - коллектор вторичного воздуха фронтовой; 8 - сопла вторичного воздуха фронтового дутья; 9 - эжекторы; 10 - коллектор подачи воздуха на возврат уноса; 11 - коллектор вторичного воздуха заднего дутья; 12 - сопла вторичного воздуха заднего дутья; 13 - чугунный экономайзер; 14 - батарейный циклон; 15 - дымосос*

На рисунке 3 даны показатели экономичности работы котла.

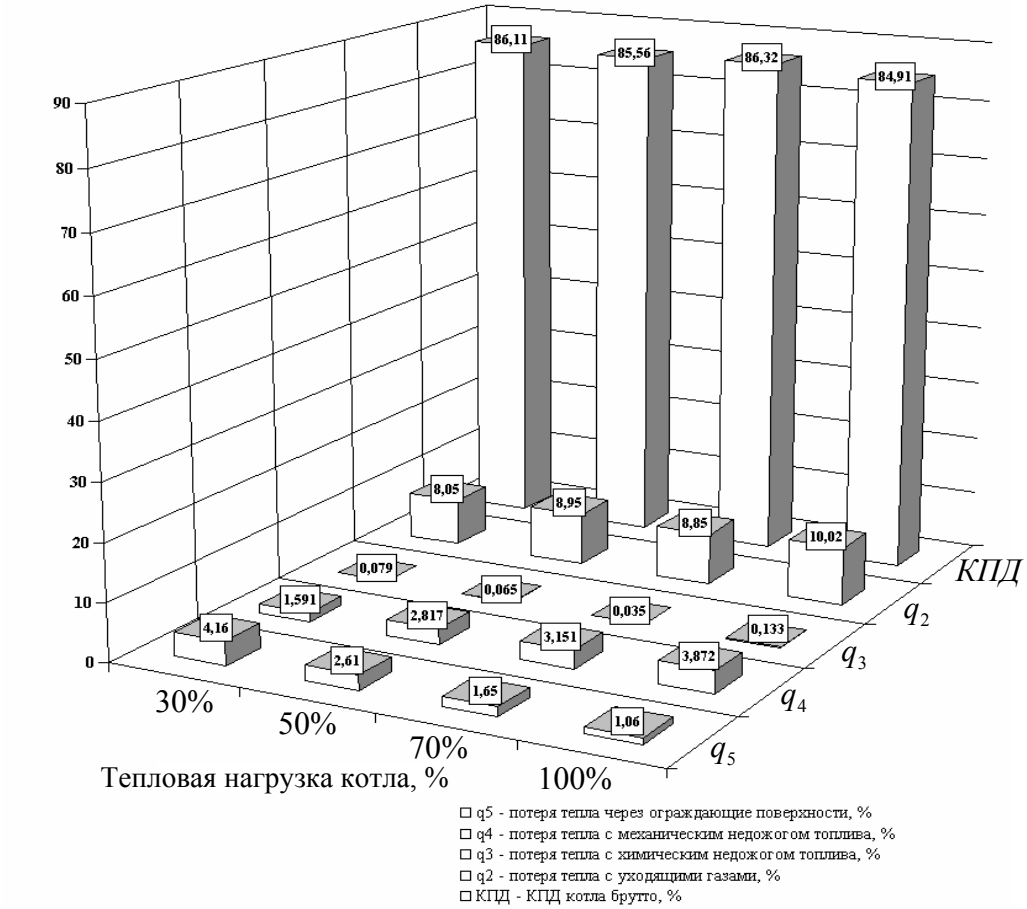

Рисунок 3 - *Показатели экономичности работы котла при различных нагрузках*

Полученные при сжигании Итатского бурого угля высокий КПД ~86%, низкие выбросы NO_x $(301 \div 385 мг/нм^3)$ и CO $(80 \div 305 мг/нм^3)$ достигнуты путем оптимального распределения первичного и вторичного воздуха и организации активной аэродинамики в надслоевом объеме топки, за счет установки сопл вторичного дутья на фронтовой и задней стенках топочной камеры, что позволяет снизить потери с химическим и механическим недожогами до приемлемого уровня.

В таблице 3 приведены балансы первичного и вторичного воздуха при различных нагрузках котла, а так же распределение вторичного воздуха между соплами фронтового и заднего дутья.

Таблица 3 - *Балансы воздухов*

Наименование	Обозначение	Размерность	Значение параметров			
Нагрузка котла от номинальной производительности	-	%	30	50	68	100
Общий расход воздуха на котел	$Q_в$	нм^3/ч (%)	7130 (100)	11368 (100)	18020 (100)	27968 (100)
Расход первичного воздуха	$Q_в^{перв}$	нм^3/ч (%)	4498 (63)	8496 (74,7)	13895 (77,1)	22938 (82)
Расход воздуха на вторичное дутье	$Q_в^{втор}$	нм^3/ч (%)	1022 (14)	1202 (10,6)	2370 (13)	3110 (11)
с фронта	$Q_{в.фр}^{втор}$	нм^3/ч (%)	610 (8,6)	695 (6)	1310 (7,3)	1850 (6,6)
задняя стена топки	$Q_{в.задн}^{втор}$	нм^3/ч (%)	412 (5,4)	507 (4,6)	1060 (5,7)	1260 (4,4)

Содержание горючих в уносе с увеличением нагрузки от 30 до 100% изменяется в диапазоне $10 \div 21{,}4\%$ с соответствующим увеличением q_4 с 1,59 до 3,87% , что, по-видимому, объясняется уменьшение времени пребывания частицы в топке.

Температура уходящих газов меняется от 121 до 167°С, КПД котла во всем диапазоне нагрузок превышает значение 85%. Температура пара $204 \div 225°C$, что соответствует ГОСТ 3619-89 "Котлы паровые и стационарные", допускается отклонение параметров пара от номинала для котлов с перегревом 225-250°С от +30 до -15°С.

Температура кипящего слоя, измеряемая термопарами, установленными на фронте котла с права и слева, в исследуемом диапазоне нагрузок составляла примерно 890°С и обеспечивала, надежную, бесшлаковочную работу котла.

Как показал опыт эксплуатации ранее установленных в котельной ОАО "Алтайвагон" котлов (ст. № 1 и 2) подобного типа, данное оборудование обеспечивает стабильную работу при сжигании бурого угля в широком диапазоне изменения калорийности (от 8,79МДж/кг(2100 ккал/кг) до 16,74МДж/кг (4000 ккал/кг)). В приведенном диапазоне котлы несут номинальные, гарантированные заводом-изготовителем параметры. Изменение режима работы при этом происходит только за счет изменения параметров топки НТКС (температура и высота слоя, расход воздуха в слой). По данным эксплуатации при внезапном изменении свойств сжигаемого топлива требуется минимальное время для стабилизации параметров пара.

Таким образом, испытания вновь установленного котла КЕ-25-14-225 с топкой НТКС подтвердили экономичную (удельный расход условного топлива 188,3 кг/МВт), стабильную и надежную работу котла с высокими экологическими показателями (NO_x $301 \div 385 мг/нм^3$; CO $80 \div 305 мг/нм^3$).

Данный тип котлов рекомендуется для сжигания бурых углей.