ИСПЫТАНИЯ КОТЛА КВ-ТС-20 ПРИ СЖИГАНИИ НИЗКОСОРТНЫХ УГЛЕЙ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Антонов П.П., Скрябин А.А., Королев С.В.
НИЦ ПО «Бийскэнергомаш»

Освобождение цен на энергоносители привело к резкому росту топливной составляющей в себестоимости продукции, выпускаемой предприятиями. Хозяйствующие субъекты и предприятия, имеющие собственные энергоцехи, вынуждены изыскивать возможности экономии топлива, идти на замену энергетического угля и мазута на дешевые низкосортные угли и горючие отходы.

В настоящее время одной из наиболее надежной и эффективной технологии сжигания низкосортных углей является сжигание в низкотемпературном (800 - 1000°С) и высокотемпературном (1000 - 1200°С) кипящем слое.

Помимо основного преимущества перед обычными слоевыми или факельными топками - возможности 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.

Указанные преимущества топок кипящего слоя определили выбор способа сжигания при переводе котлов ст. №1 и 2, установленных в пиковой котельной ЖКХ г. Лесосибирска.

Изменения конструкции котлоагрегата касались топки котла и хвостовых поверхностей нагрева. Топочная камера (рисунок 1) включает верхний объем, образованный топочным блоком реконструированного котла и нижний, образованный дополнительной поверхностью нагрева, топкой НТКС и кирпичной фронтовой стеной. За котлом вместо воздухоподогревателя установлен экономайзер, включенный в гидравлическую схему котла.

Дополнительная поверхность нагрева состоит из двух боковых, заднего и фронтового экранов.

Топка НТКС представляет собой конструкцию с плоской воздухораспределительной решеткой (ВРР) колпачкового типа и воздушным коробом под ней. Решетка выполнена водоохлаждаемой для защиты от высоких температур в период растопки котла.

Подача воздуха под решетку производится от высоконапорного вентилятора ВДН-8,5×3000 снизу воздушного короба и через растопочное устройство. В качестве инертной насадки для кипящего слоя используется песок, дробленый гравий или шлак с размером куска не более 6 мм.

Для уменьшения потерь с химическим и механическим недожогом и более полного заполнения топочного объема горящими частицами в котле предусмотрена система острого дутья (вторичного воздуха), которая в верхнем объеме топочной камеры создаёт вихрь с горизонтальной осью.

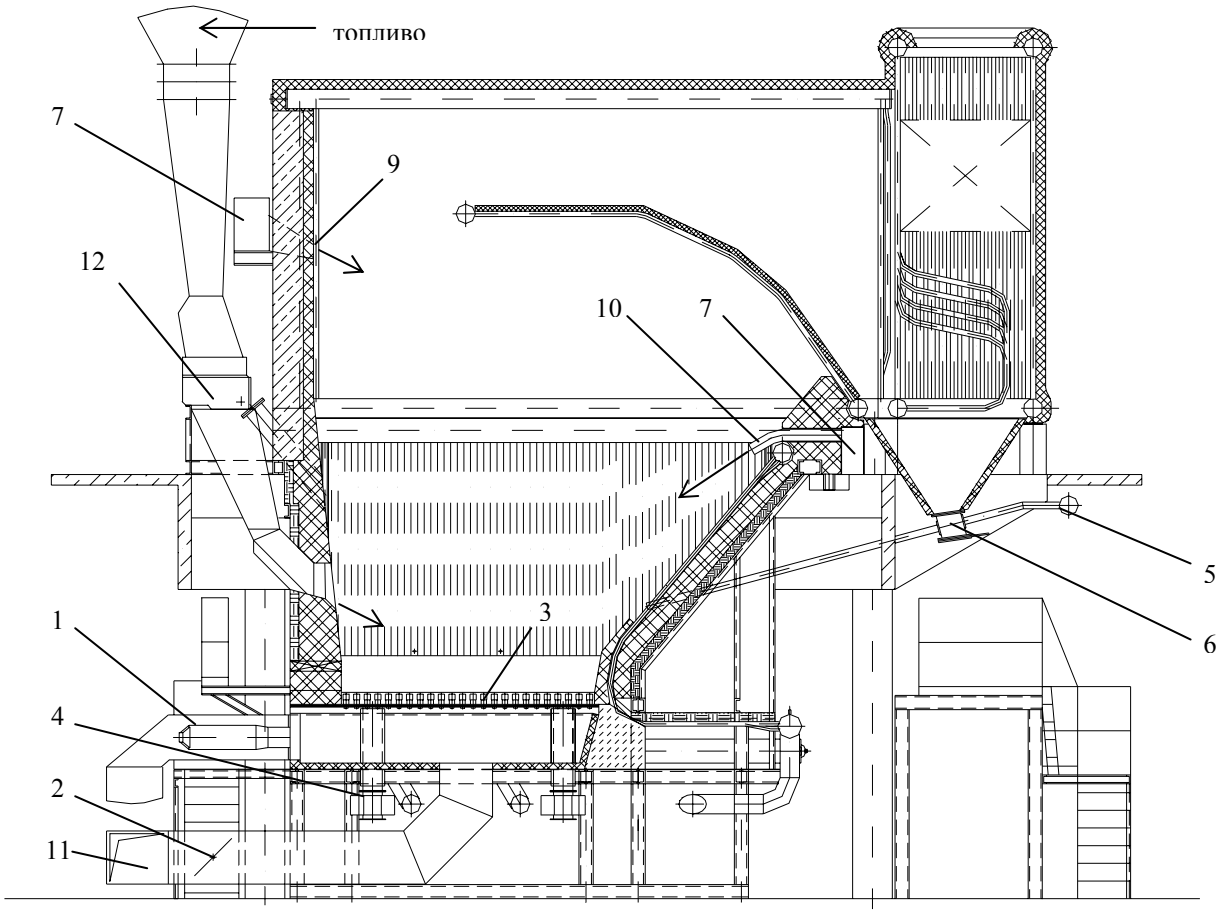
Для снижения потерь с механическим недожогом на котле организована двухступенчатая система возврата уноса. Первая ступень, образующаяся за счет расширения топочной камеры, улавливает наиболее крупные частицы топлива, вынесенные из слоя, которые по наклонным экранам скатываются обратно в кипящий слой. Частицы, вынесенные из топочной камеры, улавливаются в конвективном блоке (вторая ступень) и оседают в бункере золы. Из бункера эжекторами они возвращаются в надслоевое пространство. Воздух для системы возврата уноса забирается из воздухопроводов высокого давления от вентилятора ВДН-8,5х3000.

Растопка котла осуществляется прогревом кипящего слоя горячими дымовыми газами, образующимися при сгорании жидкого (например, дизельного) топлива в растопочной камере.

Система подготовки топлива обеспечивает подачу в котел угля с размером куска до 25 мм.

Топливо из бункера накопителя по двум течкам поступает в пневмомеханические забрасыватели ЗП-600 с демонтированным ротором. Из забрасывателей по двум течкам топливо поступает в котел.

Для поддержания высоты кипящего слоя в рабочем диапазоне и слива слоя при ремонте и обслуживании топки НТКС в воздухораспределительной решетке установлены две трубы слива слоя. Под трубами слива слоя установлены устройства удаления шлака.



1 – растопочная камера; 2 – шибер; 3 – воздухораспределительная решетка; 4 – устройство удаления шлака; 5 – коллектор подачи вторичного воздуха на возврат уноса; 6 - эжектор; 7 – короб вторичного воздуха фронтового дутья; 8 – короб вторичного воздуха заднего дутья; 9 – сопла фронтового дутья; 10 – сопла заднего дутья; 11 – воздухопровод первичного воздуха; 12 – питатель топлива ЗП-600.

Рисунок 1 - Котел КВ-ТС-20-150 ПС с топкой НТКС

Система автоматического регулирования работы котла обеспечивает все штатные защиты и аварийную сигнализацию, предусмотренные для котлов средней мощности с топками НТКС. Она обеспечивает пуск котла из холодного состояния и «горячего» резерва и работу котла в автоматическом режиме с дистанционным управлением.

Котел может быть остановлен в так называемый «горячий» резерв. Для этого выключаются забрасыватели, затем одновременно вентиляторы и дымосос. Для ввода котла в работу включается дымосос, вентилятор и забрасыватели, при этом время выхода котла на режим составляет 5…10 мин. Время нахождения котла в «горячем» резерве составляет 2…8 часов.

Регулирование нагрузки котла осуществляется в основном изменением расхода топлива (в автоматическом режиме). Возможно также регулирование нагрузки котла изменением высоты и температуры кипящего слоя. Нижняя граница диапазона регулирования определяется надежностью ожижения «кипящего» слоя.

Расчетные технические характеристики котла КВ-ТС-20ПС ст..№2 представлены в таблице 1

При испытаниях сжигался Березовский бурый уголь марки 2Б. Характеристики топлива приведены в таблице 2 и 3.

Испытания котла КВ–ТС-20-150 ПС были проведены на трех нагрузках 10,7; 20,92 и 21,75 Гкал/ч, т.е. в диапазоне 53÷108%

Результаты балансовых испытаний отражены в таблице 4.

Таблица 1 – Расчетные технические характеристики котла КВ-ТС-20ПС ст.№2

№№ п/п	Наименование	Размерность	Значение
1.	Теплопроизводительность	Гкал/ч	20,00
2.	Температура воды на выходе	°С	70,00
3.	Температура воды на выходе	°С	150,00
4.	Расход воды	т/ч	247
5.	Мехнедожог, q_4	%	6,5
6.	Химнедожог, q_3	%	0,00
7.	Потери в окружающую среду, q_5	%	1,08
8.	Коэффициент уноса золы	-	0,80
9.	Температура уходящих газов	°С	226
10.	Потери с уходящими газами, q_2	%	11,43
11.	КПД котла брутто	%	80,96
12.	Расход топлива	кг/ч	до 6159
13.	Расход воздуха общий	$нм^3/ч$	30961
14.	Температура кипящего слоя	°С	900
15.	Избыток воздуха в кипящем слое	-	1,72
16.	Скорость газов в кипящем слое	м/с	5,87
17.	Температура газов на выходе из котла	°С	374

Таблица 2 - Характеристики топлива

Характеристика	Обозначение	Значение
Березовский бурый уголь	тип	2Б
Влажность на рабочую массу, %	W^p	33,25
Зольность на рабочую массу, %	A^p	3,66
Выход летучих на горючую массу, %	V^r	45,85
Низшая теплота сгорания на рабочую массу, ккал/кг	$Q_н^p$	3818

Таблица 3 - Фракционные характеристики угля

Фракция, мм	Вес. доля фракции, f_i, %	Остаток на сите Ri, %
40	3,07	3,07
20	21,68	24,75
10	14,58	39,33
7	8,77	48,10
5	7,38	55,48
2,5	10,20	65,68
1,6	7,87	73,55
1	6,35	79,90
0,63	5,12	85,02
04,	4,19	89,21
0,315	1,76	90,96
0,2	2,93	93,90
0,16	0,92	94,82
0,1	1,83	96,65
0,063	1,09	97,74
0,05	1,53	99,27
0	0,73	100,00

Таблица 4 – Сводная таблица измерений и расчетных данных

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измер.	Значения параметров		
1	2	3	4	5	6
1.	Теплопроизводитель-ность	Гкал/ч	20,92	21,75	10,70
2.	Расход воды через котел	т/ч	385	385	382
3.	Температура воды на входе в котел	^oC	85	84	78
4.	Температура воды на выходе из котла	^oC	139	141	106
5.	Уровень (высота) слоя	мм	420	420	450
6.	Температура слоя	^oC	988	988	884
7.	Давление воздуха под решеткой	мм.в.ст	700	740	675
8.	Разряжение в топке	Па	60	70	70
9.	Температура газов за котлом	^oC	363	333	252
10.	Температура газов за экономайзером	^oC	232	225	166
11.	Коэффициент избытка воздуха за котлом		1,26	1,40	2,22

12.	Коэффициент избытка воздуха за экономайзером	-	1,48	1,52	2,51

1	2	3	4	5	6
13.	Концентрация CO за экономайзером (приведено к □=1,4)	мг/нм^3	886	659	877
14.	Концентрация NOx за экономайзером (приведено к □=1,4)	мг/нм^3	450	-	450
15.	Содержание горючих в уносе	%	28,07	50,40	9,93
16.	Доля уноса	-	0,8	0,8	0,8
17.	Потери тепла с уходящими газами	%	15,90	15,18	19,19
18.	Потери тепла с механическим недожогом	%	2,35	6,11	0,73
19.	Потери тепла с химическим недожогом	%	0,33	0,23	0,33
20.	Потери тепла от наружного охлаждения	%	1,03	0,99	2,02
21.	Потери тепла с физическим теплом шлаков	%	0,03	0,03	0,03
22.	Коэффициент полезного действия брутто	%	80,37	77,46	77,71
23.	Расход топлива	кг/ч	6817	7355	3687
24.	Удельный расход условного топлива	кг/Гкал	178	184	184
25.	Низшая теплота сгорания	ккал/кг	3818	3818	3734
26.	Зольность рабочая	%	3,66	3,66	3,9
27.	Влажность рабочая	%	33,25	33,25	34,05
28.	Выход летучих	%	45,85	45,85	45,6

На рисунке 2 даны показатели экономичности работы котла.

Как следует из представленных данных при переходе на номинальные нагрузки (20,92 и 21,75 Гкал/ч) резко (до 28,1-50,4 %) увеличивается содержание горючих в уносе.

Одновременно возрастает (до 605-836 мг/нм3) содержание CO в дымовых газах. Отмеченное снижение экономичности котла на максимальных нагрузках связано с недостатком вторичного воздуха. Здесь сказались отступления от проекта, допущенные при реконструкции. Сечение фронтовых сопл вторичного дутья примерно в два раза превышает расчетное. Поэтому, даже при соответствии расчетных и фактических избытков, воздух, подаваемый в топку с низкими скоростями истечения, плохо перемешивается с топочными газами и затягивается в камеру охлаждения, недостаточно реагируя с продуктами сгорания.

В ходе испытаний было определено тепловосприятие отдельных элементов котлоагрегата (дополнительной поверхности, включающей задний экран, два боковых и фронтовой экраны; собственно котла с экранами и конвективным пучком; экономайзера) при различных нагрузках. На рисунке 3 показаны доли тепловосприятия указанных элементов в зависимости от производительности котлоагрегата. На рисунках видно, что при номинальных нагрузках 22-23% воспринятого тепла приходится на дополнительную поверхность нагрева. На нагрузке 10,7 Гкал/ч эта доля увеличивается до 32%.

Средний по поверхности заднего и боковых экранов дополнительной поверхности коэффициент теплопередачи, определенный в опытах, составил 225 ккал/м^{2}ч^{o}C на номинальных нагрузках и 191 ккал/м^{2}ч^{o}C при Qка=10,7 Гкал/ч.

В результате проведенных испытаний установлено, что параметры и показатели

работы реконструированного котла КВ-ТС-20 ст.№2 практически соответствуют расчетным.

Повышенное содержание горючих в уносе (28,1÷50,4%) и оксида углерода (до 605÷836 мг/нм3) при номинальных нагрузках вызвано отступлениями от проекта, допущенными при выполнении сопл вторичного дутья на фронтовой стене топки.

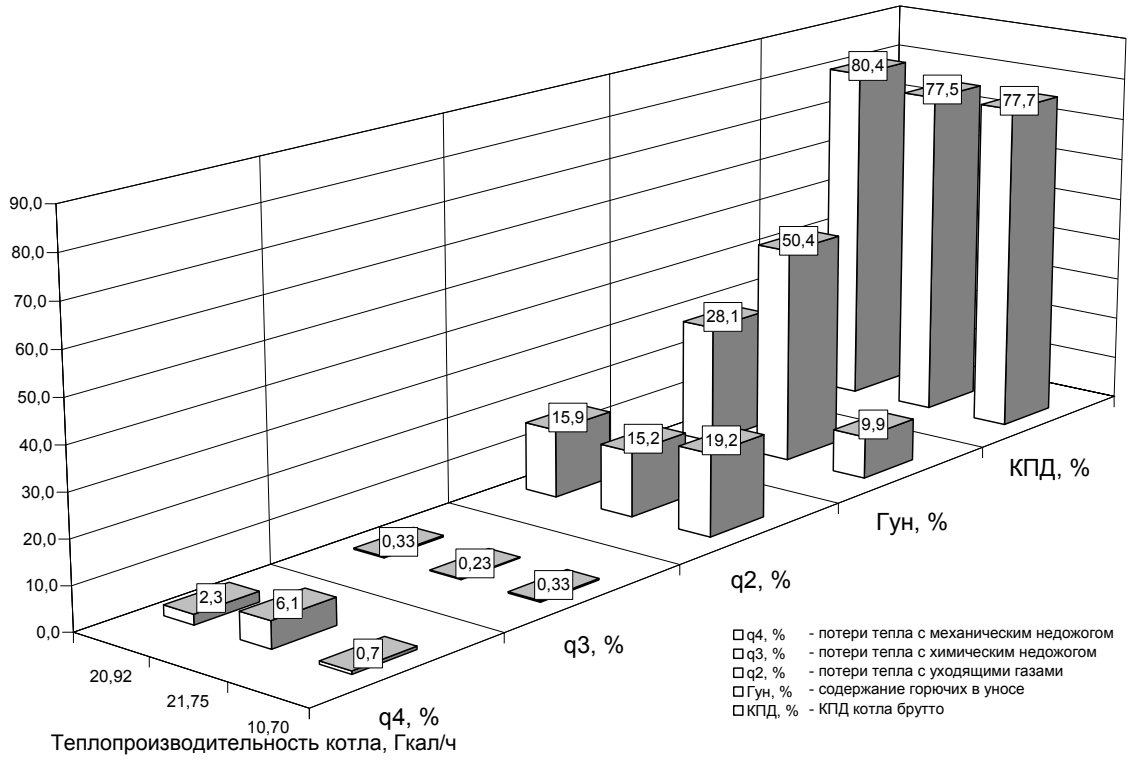


Рисунок 2 - Диаграмма параметров работы котла КВ-ТС-20 ст. №2 Пиковой котельной г. Лесосибирска

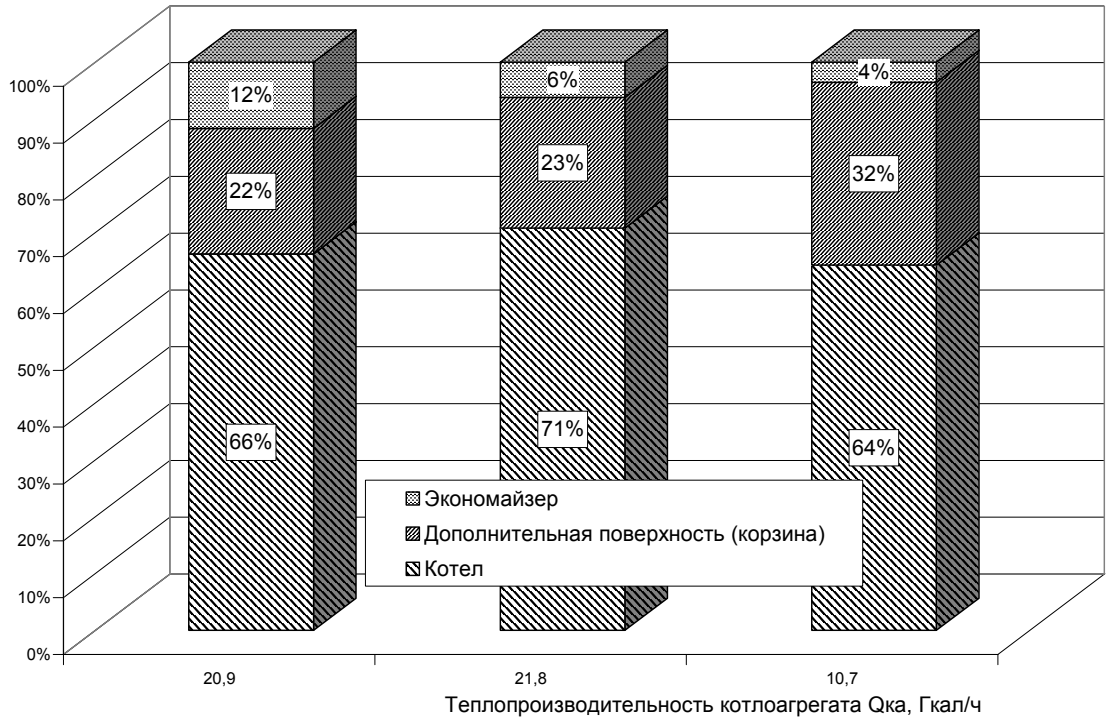


Рисунок 3 - Доли тепловосприятий поверхностей нагрева котлоагрегата КВ-ТС-20 ст.№2 Пиковой котельной г. Лесосибирска