

ВАРИАНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ДЕЙСТВУЮЩИХ ТЭС

Карпов Е.Г., Листратов И.В., Каменев И.П.

ЗАО «КОТЭС», г. Новосибирск

Все отечественные угольные ТЭС сталкиваются и борются с пылением угольного топлива на всех этапах его использования, от разгрузустройств и до мельниц. Наиболее распространённым способом снижения запылённости помещений является аспирация, однако эффективность её далека от предельно возможной из-за низкого качества очистки запылённого воздуха, который с большим содержанием угольной пыли выбрасывается в атмосферу. А уловленная угольная пыль в большинстве случаев выбрасывается в систему ГЗУ, что не стимулирует совершенствование системы очистки воздуха.

При возобновлении строительства Экибастузской ГРЭС-2 с установкой оборудования энергоблока ст. №3 мощностью от 500 до 630 МВт, в корректируемом проекте, в числе ряда сложных проблем, рассматривается возможность и целесообразность сжигания в котле уловленной системами аспирации угольной пыли, переработанной в кавитационное водоугольное топливо (КаВУТ).

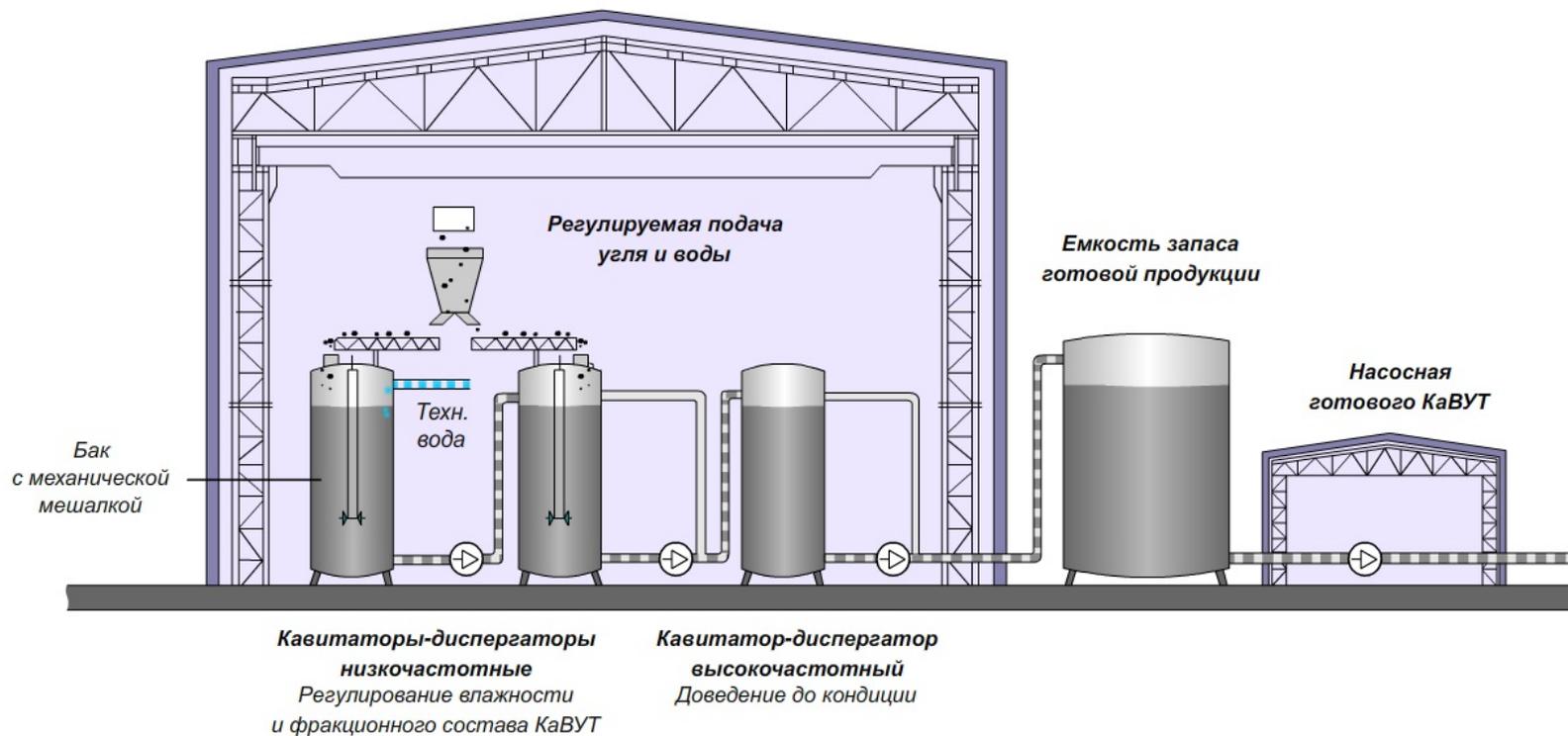
На действующем тракте топливоподачи Экибастузской ГРЭС-2 производительностью 2000 т/час установлено и работает 28 аспирационных установок и 9 сухих циклонов, (из них одновременно работающих аспирационных установок 11, сухих циклонов 6), выделяющих из забранного запылённого воздуха до 800 кг/час угольной пыли и ещё до 250 кг/час этой пыли вылетает в атмосферу с недоочищенным воздухом. (Справка: производительность аспирационной установки – 13 тыс. м³/час, запылённость воздуха – 5 г/м³, производительность сухого циклона – 85 тыс. м³/час, запылённость воздуха – 0,7 г/м³. Эффективность очистки мокрых очистителей – 98%, сухих – 70%). Применение в системе аспирации высокоэффективных фильтров (катриджные, тканевые сухие взрывобезопасные) позволит выделять более 1 т/час угольной пыли и выбрасывать это количество топлива в ГЗУ уже жалко. Обычная схема – возврат уловленного на ленту конвейера - увеличивает проблемы эксплуатации топливоподачи, а вариант сбора угольной пыли с организацией пневмотранспорта со всех узлов топливоподачи до топки котла громоздок и опасен.

Но если у каждой группы аспирационных установок организовать узел приготовления водоугольного топлива по кавитационной технологии, состоящий из 3-х небольших ёмкостей, питателя, кавитатора и перекачивающего насоса (см. Рис. 1), то проблемы хранения этого топлива и способа его доставки к месту потребления просто нет.

Установка приготовления кавитационного водоугольного топлива (КаВУТ) производительностью 30 т/ч



Кавитационное водоугольное топливо (КаВУТ) готовится только из угля и воды без применения химических присадок



Затраты на приготовление КаВУТ: 100 руб/тн получаемого топлива
 Энергозатраты: 30 кВт.ч./тн перерабатываемого угля
 Расходы металла активных элементов: 100г/тн перерабатываемого угля

Ресурс активных элементов – 500 часов непрерывной работы
 Время на замену активных элементов – 15 минут

Рис. 1 Схема узла приготовления КаВУТ

Проблема же сжигания КаВУТ решена путём сжигания его в кипящем слое инертного материала. Этот способ известен, в наших разработках применена его двухступенчатая модификация, позволяющая:

- регулировать температуру кипящего слоя;
- увеличить более чем в два раза удельную теплопроизводительность площади кипящего слоя (до 5 Гкал/м²).

Обо всех этих разработках и полученных результатах делались доклады и сообщения на различных форумах, в том числе несколько раз и с этой трибуны инженерами института «Новосибирсктеплоэлектропроект», работу которых мы продолжаем в ЗАО «КОТЭС».

На огневом стенде ФГУП «Гидротрубопровод» в г. Раменское были проведены эксперименты по совместному сжиганию КаВУТ из угольной пыли Черемховского каменного угля и самой угольной пыли этого же угля (табл. 1). Также были проведены эксперименты с использованием низкорреакционных углей, в том числе отходов обогащения антрацита: шлам, кек, переработанных в КаВУТ (табл. 2).

Таблица 1

Параметр	Топливо	
Режим 2-х ступенчатого сжигания ВУТ в комбинации с факелом ВУТ		
	ВУТ в слой	ВУТ на факел
расход топлива, кг/ч	115	43
продолжительность работы на режиме, мин		50
температура дутьевого воздуха, °С		73
температура в кипящем слое, °С		951
температура в топке котла, °С		1007
располагаемая тепловая мощность топки, Гкал/ч		0,403
тепловое напряжение сечения слоя, Гкал/м ²		4,48
температура уходящих газов, °С		159
O ₂ , мг/м ³		8,1
CO, мг/м ³		435
SO ₂ , мг/м ³		20
NO _x , мг/м ³		295
избыток воздуха		1,63
вывод	работает устойчиво	
Режим 2-х ступенчатого сжигания		
	КаВУТ	
расход топлива, кг/ч	95,2	
продолжительность работы на режиме, мин	15	
температура дутьевого воздуха, °С	92	
температура в кипящем слое, °С	924	
температура в топке котла, °С	924	
располагаемая тепловая мощность топки, Гкал/ч	0,2	
тепловое напряжение сечения слоя, Гкал/м ²	2,19	
температура уходящих газов, °С	182	
O ₂ , мг/м ³	10,9	
CO, мг/м ³	128	
SO ₂ , мг/м ³	0	
NO _x , мг/м ³	381	
избыток воздуха	2,09	
вывод	работает устойчиво	

Таблица 2

Топочный режим сжигания ВУТ			
Этап испытаний		режимные	демонстрационные
Дата испытаний		22.02.2012г.	1.03.2012г.
Топливо		КаВУТа в слой	КаВУТа в слой
Расход топлива,	кг/ч	36	49
Продолжительность работы на режиме,	мин	50	25
Температура дутьевого воздуха,	°С	- 5	70
Температура в кипящем слое,	°С	1027	1008
Температура в топке котла,	°С	586	532
Тепловая мощность топки,	Гкал/ч	0.16	0.20
Температура уходящих газов,	°С	70	50
состав уходящих газов	O ₂	мг/м ³	15.0
	CO	мг/м ³	49
	SO ₂	мг/м ³	3
	NO _x	мг/м ³	166
	коэффициент избытка воздуха		3.54
Характер процесса		устойчивый; дымовые газы - светлые	устойчивый; дымовые газы - светлые
Дата испытаний		16.02.2012г. (пробные)	-
Топливо		КаВУТш в слой	-
Расход топлива,	кг/ч	49	-
Продолжительность работы на режиме,	мин	25	-
Температура дутьевого воздуха,	°С	113	-
Температура в кипящем слое,	°С	1027	-
Температура в топке котла,	°С	-	-
Располагаемая тепловая мощность топки, Гкал/ч		0.18	-
Температура уходящих газов,	°С	-	-
состав уходящих газов	O ₂	мг/м ³	-
	CO	мг/м ³	-
	SO ₂	мг/м ³	-
	NO _x	мг/м ³	-
	коэффициент избытка воздуха		-
Характер процесса		устойчивый	-
Режим 2-х ступенчатого сжигания ВУТ			
Дата испытаний		22.02.2012г.	1.03.2012г.
Топливо		КаВУТа в слой	КаВУТа в слой
Расход топлива,	кг/ч	95	93
Продолжительность работы на режиме,	мин	105	50
Температура дутьевого воздуха,	°С	85	110
Температура в кипящем слое,	°С		
	- режимная	1027	1030
- максимум	1055	1040	
Температура в топке котла,	°С		
	- режимная	852	830
- максимум	-	832	
Температура в предтопке над к.с.,	°С	-	1000
Располагаемая тепловая мощность топки,	Гкал/ч	0.42	0.41
Тепловое напряжение сечения слоя,	Гкал/ч м ²	4.7	4.6
Температура уходящих газов,	°С	114	96

состав уходящих газов	O ₂	мг/м ³	11.2	10.2
	CO	мг/м ³	129	149
	SO ₂	мг/м ³	0	43
	NO _x	мг/м ³	228	209
	коэффициент избытка воздуха			2.15
Характер процесса			устойчивый; дымовые газы - светлые	устойчивый; дымовые газы - светлые
Дата испытаний			22.02.2012г.	1.03.2012г.
Топливо			КаВУТш в слой	КаВУТш в слой
Расход топлива, кг/ч			97	103
Продолжительность работы на режиме, мин			35	90
Температура дутьевого воздуха, °С			108	121
Температура в кипящем слое, °С				
- режимная			1020	1030
- максимум			1030	1080
Температура в топке котла, °С				
- режимная			880	905
- максимум			890	950
Температура в предтопке над к.с., °С			-	950
Располаг-я тепловая мощность топки, Гкал/ч			0.35	0.388
Тепловое напряжение сечения слоя, Гкал/ч м ²			3.9	4.31
Температура уходящих газов, °С			139	157
состав уходящих газов	O ₂	мг/м ³	9.6	8.6
	CO	мг/м ³	143	260
	SO ₂	мг/м ³	0	6
	NO _x	мг/м ³	226	238
	избыток воздуха			1.85
Характер процесса				устойчивый; дымовые газы - светлые
Режим 2-х ступенчатого сжигания ВУТ в комбинации с факелом ВУТ				
Дата испытаний			22.02.2012г.	1.03.2012г.
Топливо			КаВУТа в слой	КаВУТа на факел
Расход топлива, кг/ч			95	45
Продолжительность работы на режиме, мин			10 (при 2-х остановках факела)	35 (при 2-х остановках факела)
Температура дутьевого воздуха, °С			90	115
Температура в кипящем слое, °С			1016	1038
Температура в топке котла, °С			807	748
Температура в предтопке над к.с., °С			-	-
Тепловая мощность топки, Гкал/ч			0.62	0.61
Тепловое напряжение сечения слоя, Гкал/ч м ²			6.9	6.8
Температура уходящих газов, °С			103	122
состав уходящих газов	O ₂	мг/м ³	9.6	10.2
	CO	мг/м ³	135	169
	SO ₂	мг/м ³	0	69
	NO _x	мг/м ³	267	135
	коэффициент избытка воздуха			1.85
Характер процесса			КаВУТа в факеле горит, но работа факельной фор- сунки неустойчива из-за сбоев в распылении Ка- ВУТа (заиливание камеры смешения крупными частицами)	
общее время испытаний			4 часа 20 мин	4 часа 33 мин

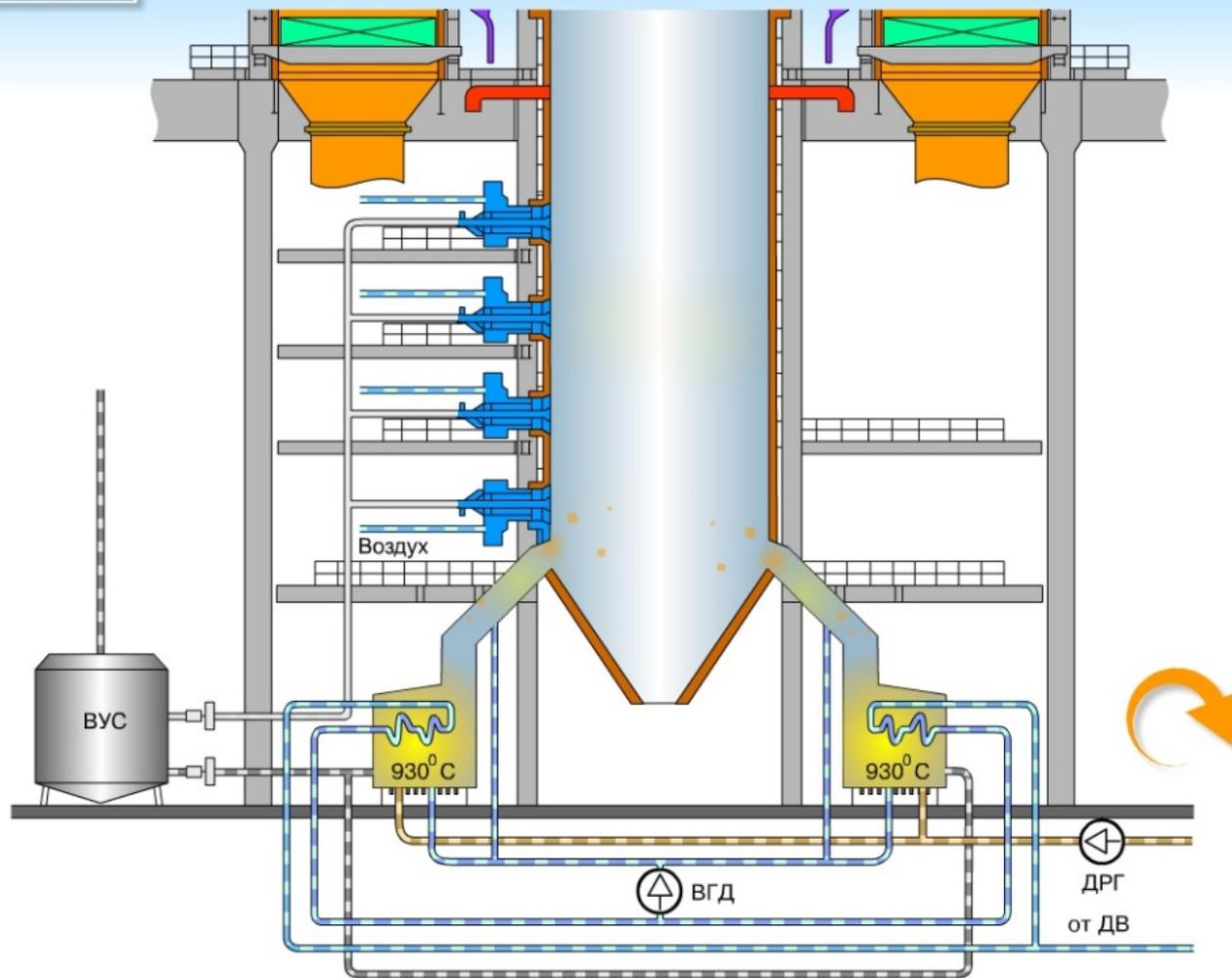


Рис. 2 Компоновка котла с предтопками

Эксперимент позволил конкретизировать технические параметры системы сжигания КаВУТ в угольном котле большой мощности. Котёл для этого предполагается дооснастить выносными предтопками кипящего слоя (рис. 2).

Мощность таких горелочных устройств определяется количествами сжигаемого топлива. Отработаны конструкции предтопок в диапазоне производительности от 0,5 до 30 Гкал/час. Количество устанавливаемых предтопок определяется компоновочными условиями и задачами, в числе которых может быть не только сжигание уловленной пыли, но и подсветка основного пылеугольного факела, и даже растопка котла безиспользование других видов топлива.

Предварительные расчёты экономической эффективности показали, что предлагаемая технология сжигания уловленной угольной пыли окупается за 2,3 года. К.П.Д. электростанции (4 энергоблока по 500 МВт) увеличится почти на 0,1%.

Но проведенная серия огневых экспериментов выявила ещё ряд положительных сторон использования КаВУТ, об одной из которых можно говорить уже сейчас:

Оптимальная температура в топках котлов выбирается с учётом теплофизических характеристик конкретного угля с целью обеспечения стабильного горения в широком диапазоне производительности котла при минимальном удельном объёме топки и предельной полноты выгорания топлива. В камерных топках при факельном сжигании угольной пыли эта температура находится в диапазоне:

- при сжигании бурых углей - 900 – 1100 °С;
- при сжигании каменных углей - 1150 – 1300 °С.

Указанные температуры находятся очень близко к температурам размягчения минеральной части соответствующих углей и эта близость проявляется в шлаковании трубных поверхностей топок котлов.

Предлагаемый комбинированный способ сжигания угля с использованием водоугольного топлива на первом этапе и угольной пыли на втором позволяет обеспечить стабильную работу топки в широком диапазоне нагрузок при поддержании температур в зоне воспламенения и дожигания топлива существенно ниже температур размягчения минеральной части топлива. Для каменных углей, в том числе марок «Д», «СС» и антрацита эта температура находится в пределах 950 – 1150 °С при температурах размягчения золы - 1250 – 1350 °С.

Водоугольное топливо при этом подаётся в кипящий слой предтопка, где воспламеняется и частично сгорает при недостатке кислорода, что обеспечивается регулированием соотношения количеств воздуха и дымовых газов, подаваемых под слой с поддержанием температуры в слое в диапазоне 920 – 970 °С.

На втором этапе, за счёт подачи вторичного воздуха и дожигания топлива, поступающего из предтопка в топочное пространство, температура факела возрастает до 1050 – 1100 °С. Горящими продуктами факела из предтопка легко поджигается угольная пыль, поступающая в топку котла через основные горелки. «Легко» - имеется в виду при достаточно низкой температуре – 1100 °С и дальнейшее течение процесса регулируется при температуре не выше 1150 °С.

Из вышесказанного и на основе всех исследований можно смело говорить о возможности и целесообразности проведения мероприятий по дооснащению действующих угольных котлов предтопками, сжигающими водоугольную суспензию в низкотемпературном кипящем слое.

При незначительных объемах реконструкции действующих котлов, что очень важно для их владельцев, обеспечивается возможность:

1. Использования отходов углеобогащения (шламов, кеков, отсеков), перерабатывая их перед сжиганием в КаВУТ;
2. Совместного сжигания в топках котлов каменных и бурых углей;
3. Эффективного сжигания в котлах уловленной системами аспирации угольной пыли, осадка гидросмыва, а также, при желании бороться с пылением и ветроуносом на угольных складах, отсортированной угольной мелочи также переработанных в КаВУТ.
4. Исключения подсветки факела пылеугольных горелок мазутом или газом, при расширении диапазона устойчивого горения.
5. Проработать вариант безмазутной растопки угольных котлов.
6. Доведения уровня образования и выбросов оксидов азота до нормативного без каких-либо дополнительных специальных мер.
7. Существенного снижения шлакования трубных поверхностей топок котлов.