

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ГАЗИФИКАЦИИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В ПАРОВЫХ КОТЛАХ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Шарабура Т.А., ассистент, **Пинчук В.А.**, канд. техн. наук, доцент.

Национальная металлургическая академия Украины, пр. Гагарина, 4, Днепропетровск, 49600, Украина

Проведено розрахунково-теоретичні дослідження роботи парогенераторів типу ДКВР при переведенні на спалювання генераторного газу, отриманого при газифікації водовугільного палива на повітряному і кисневому дутті, розглянуто та проаналізовано особливості роботи парогенераторів при переведенні на даний вид палива. Отримано теплотехнічні показники роботи парових котлів при спалюванні продуктів газифікації водовугільного палива і встановлено залежності цих показників від продуктивності парогенератора. Представлені теплові режими роботи парових котлів при роботі на генераторному газі. Бібл. 12, табл. 2, рис. 1.

Проведены расчетно-теоретические исследования работы парогенераторов типа ДКВР при переводе на сжигание генераторного газа, полученного при газификации водоугольного топлива на воздушном и кислородном дутье, рассмотрены и проанализированы особенности работы парогенераторов при переводе на данный вид топлива. Получены теплотехнические показатели работы паровых котлов при сжигании продуктов газификации водоугольного топлива и установлены зависимости этих показателей от производительности парогенератора. Представлены тепловые режимы работы паровых котлов при работе на генераторном газе. Библ. 12, табл. 2, рис. 1.

The numerical and theoretical investigations of low power steam generators operation while burning gasification products of coal-water fuel produced with oxygen and air gasification were carried out. The distinctive features of boilers operation while burning this type of fuel were reviewed and analyzed. Thermal engineering indicators of steam boilers operation while burning coal-water fuel gasification products were obtained. Dependences of these parameters on the steam generator productivity were set. The thermal modes of operations of steam-boilers are presented during work on producer gas. References 12, tables 2, figures 1.

Ключевые слова: парогенератор, водоугольное топливо, генераторный газ, тепловые режимы работы, теплотехнические показатели, эффективность.

В Украине эксплуатируется 235 коммунальных и промышленных ТЭЦ, более 66 тыс. промышленных и 26 тыс. коммунальных котельных, причем только последние содержат около 65 тыс. паровых и водогрейных котлов различной производительности, конструкций и степени изношенности. Абсолютное большинство из них, даже изначально спроектированные для сжигания твердых топлив, к 2000 году были переведены на сжигание природного газа [1]. Однако, для

Украины существует необходимость уменьшения потребления газа, и, как один из эффективных путей, рассматривается применение водоугольного топлива. Для производства водоугольного топлива возможно использование различных марок углей, в том числе высокозольных углей, отходов углеобогащения и шламов, которые в настоящее время в своем натуральном виде практически нигде не используются. Водоугольное топливо имеет свойства, которые позволяют заменить им твердое, жидкое или газообразное топливо в различных топливопотребляющих агрегатах, а при необходимости возможно совместное использование водоугольного топлива и других видов топлива – мазута, угля, газа.

Анализ свойств и характеристик водоугольного топлива и продуктов его переработки показал перспективность его использования в энергетике. Однако перевод газовых, угольных и мазутных котлов ТЭС и ТЭЦ на водоугольное топливо может потребовать значительных капиталовложений, особенно на первом этапе их промышленного использования. Кроме того, для определения возможности и целесообразности перевода парогенераторов на водоугольное топливо необходимо детально исследовать теплотехнические характеристики и параметры, установить оптимальные режимы работы котла на этом топливе, которые, в дальнейшем, необходимо подтвердить серией технологических испытаний [2].

Можно рассматривать несколько способов перевода котлов различной мощности на сжигание водоугольного топлива: кардинальная реконструкция и модернизация существующих котельных агрегатов с изменением поверхностей теплообмена, сечений для прохода теплоносителей и заменой тягодутьевого оборудования; подбор необходимых режимных параметров для работы котельных агрегатов без существенной их реконструкции. В настоящее время в условиях ограниченного финансирования актуально рассматривать второй способ перевода котлов для работы на водоугольном топливе.

Одним из способов перевода котельных агрегатов на водоугольное топливо является оснащение их предтопками, в которых происходит автотермическая газификация водоугольного топлива с получением генераторного газа [3,4]. Сжигание генераторного газа практически не требует модернизации энергоустановок и исключает вызываемый твердым топливом износ их рабочих деталей. Также использование генераторного газа предпочтительней и с экологической точки зрения, так как проведенная сравнительная экологическая оценка процессов сжигания водоугольного топлива и генераторного газа, полученного при газификации того же топлива показала, что наименьшее количество вредных веществ содержится в продуктах сгорания генераторного газа [5].

Одними из наиболее распространенных в Украине паровых котлов малой мощности являются парогенераторы типа ДКВР, предназначенные для сжигания газа и мазута, а также различных видов твердого топлива. Паровые котлы типа ДКВР делятся на несколько видов, принципиально отличающихся компоновкой поверхностей нагрева. В котельных агрегатах ДКВР–10 присутствует пароперегреватель для выработки перегретого пара с температурой 250 °С и давлением 1,3 МПа при паропроизводительности 10 т/ч, а в котельных агрегатах ДКВР-2,5 пароперегреватель отсутствует,

что позволяет вырабатывать насыщенный пар с температурой 191,6 °С и давлением 1,3 МПа при паропроизводительности 2,5 т/ч [6-8].

В данной работе выполнена расчетно-теоретическая часть исследований возможности и целесообразности перевода парогенераторов на водоугольное топливо. Проведены исследования работы парогенераторов ДКВР-10 и ДКВР-2,5 при переводе на сжигание генераторного газа, полученного при воздушной и кислородной газификации водоугольного топлива из шлама угля марки ДГ. Теплотехнические и аэродинамические расчеты проводились по методикам, изложенным в [9-12].

Состав и параметры газов, получаемых при воздушной и кислородной газификации водоугольного топлива, определены в наших исследованиях ранее и описаны в работах [3-5]. В настоящей работе эти параметры использовались в качестве исходных данных для расчетов и представлены в табл. 1.

Табл. 1 – Характеристики генераторного газа, полученного при воздушной и кислородной газификации водоугольного топлива

Вид газификации	Состав газа, об. %							Теплота сгорания газа, МДж/м ³	Температура генераторного газа на входе в парогенератор, °С
	H ₂	CO	CH ₄	N ₂	H ₂ O	CO ₂	H ₂ S		
Воздушная	16	20	0,1	47	7	10	0,3	4,3	780-800
Кислородная	32	39	1,3	0,12	9	18	0,5	9,0	690-710

При сжигании генераторного газа в паровых котлах коэффициент избытка воздуха составляет 1,1-1,2, а воздух, подаваемый на горение, не подогревается в связи с отсутствием воздухоподогревателя в компоновке котельного агрегата, и температура его составляет 25 °С.

Исследование теплотехнических показателей работы парового котла ДКВР-10/13

Одним из показателей для предварительной оценки горения топлива является тепловое напряжение топки $q_v = B \cdot Q_n^p / V_t$, рекомендуемый диапазон которого составляет 100-300 кВт/м³ [9,11]. При малых значениях теплового напряжения топки могут увеличиваться потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива в связи со снижением температурного уровня в топочной камере, что определяется относительным увеличением потери теплоты от наружного охлаждения. При сжигании генераторного газа парогенератор ДКВР-10 имеет тепловое напряжение топки 139,5 кВт/м³ и 152,7 кВт/м³ соответственно для газа при воздушной и кислородной газификации. При этом адиабатическая температура в топке котла составляет 1640-1950 °С, в зависимости от вида окислителя, при котором был получен генераторный газ.

Для обеспечения надежной и бесперебойной работы парогенератора необходимо, чтобы температура газов на выходе из топки не выходила за допустимые пределы. Нижний предел температуры газов на выходе из топки определяется из условий сохранения устойчивости горения топлива: при низкой температуре в топке затрудняется воспламенение топлива и ухудшается выгорание в объеме факела. Минимально допустимые температуры газов на выходе из топки при камерном сжигании топлива составляют 800-820 °С [9]. При номинальной производительности температура газов на выходе из топки парового котла составляет 1040-1055 °С.

Увеличение объема продуктов сгорания в парогенераторе ДКВР-10, связанное с сжиганием большого количества низкокалорийного топлива при неизменной производительности приводит к увеличению удельного тепловосприятия ступени пароперегревателя, что вызывает необходимость повышения перегрева пара выше номинального. Как показали исследования, при существующей поверхности пароперегревателя перегрев пара повышается на 15-25 °С и составляет 265-275 °С.

При сжигании генераторного газа, полученного при воздушной газификации водоугольного топлива, в паровом котле с номинальной производительностью 10 т/ч и с температурой пара 275 °С, возникают технологические нарушения в конвективном пучке - паросодержание в воде на выходе из конвективного пучка составляет 27-28%, при допустимом значении 15-20%. Для предотвращения этого возможно снижение производительности парогенератора, что позволит обеспечить паросодержание на выходе из конвективного пучка в пределах допустимых значений. А при сжигании генераторного газа, полученного при кислородной газификации водоугольного топлива, в парогенераторе с номинальной производительностью и с температурой пара 265 °С таких технологических нарушений в конвективном пучке не происходит.

В результате проведенных исследований установлено, что эффективная работа парогенератора ДКВР-10 возможна при снижении производительности на 30 – 50% при сжигании генераторного газа воздушной газификации и на 30 – 40% при сжигании газа кислородной газификации. Дальнейшее снижение производительности приводит к недопустимому уменьшению теплового напряжения топки, а также вызывает снижение температуры газов на выходе из топочного пространства до уровня менее 800 °С. Это является нарушением режима работы котлоагрегата [9].

При снижении паропроизводительности котельного агрегата происходит изменение различных параметров его работы. Определенные в настоящей работе зависимости различных параметров работы парогенератора ДКВР-10/13 при сжигании генераторного газа, полученного при воздушной и кислородной газификации, от производительности представлены на рис. 1.

Полученные данные исследований показывают, что работа парогенератора ДКВР-10 без технологических нарушений возможна при нагрузке 50-70 % при сжигании генераторного газа, полученного при воздушной газификации водоугольного топлива, и при нагрузке 60-100 % при сжигании генераторного газа, полученного при кислородной газификации. Кроме того, расчеты показали, что при заданном давлении и температуре пара на парообразование расходуется примерно 64% общей тепловой энергии, воспринятой в котле, а доля теплоты, передаваемой экраным трубам

при использовании генераторного газа, составляет 40%, т.е. меньше, чем необходимо для парообразования. В этих условиях частичное испарение в экономайзере является целесообразным и желательным.

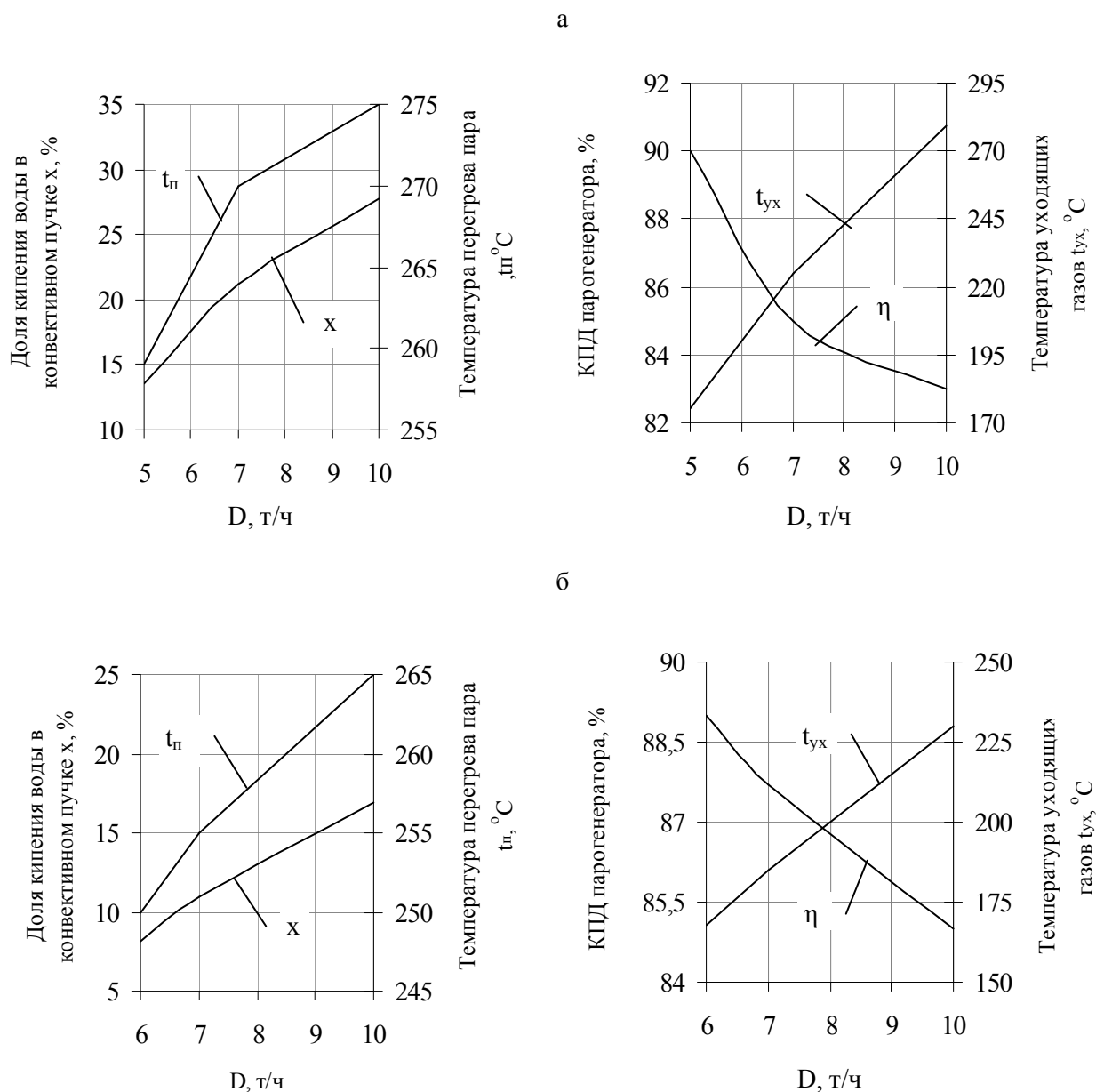


Рис. 1 – Зависимость параметров работы парогенератора ДКВР-10/13 при сжигании генераторного газа, полученного при воздушной (а) и кислородной (б) газификации водоугольного топлива

Также исследованиями установлено, что в процессе переноса теплоты от газов к поверхностям нагрева относительные значения радиационного переноса теплоты и конвекции меняются. К экраным трубам в области наиболее высоких температур, перенос теплоты излучением составляет более 90%. Далее, по мере снижения температуры газов, относительная доля теплоты, передаваемая конвекцией увеличивается, и в пароперегревателе составляет 70-80%, а в последних ступенях – более 95%.

Исследование теплотехнических показателей работы парового котла ДКВР-2,5/13

При исследовании перевода котла ДКВР-2,5/13 на генераторный газ, полученный при воздушной и кислородной газификации, установлено, что теплообмен в топке котла и параметры работы топки удовлетворяют технологическим требованиям и обеспечивают необходимые параметры горения. Процесс переноса теплоты от газов к поверхностям нагрева аналогичен, описанному ранее. При переходе на сжигание генераторного газа, полученного при воздушной и кислородной газификации водоугольного топлива, тепловое напряжение топки в котле ДКВР-2,5 составляет соответственно 135 кВт/м^3 и $156,6 \text{ кВт/м}^3$. При этом температура насыщенного пара остается постоянной и составляет $191,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Такие условия работы обеспечивают адиабатическую температуру в топке котла на уровне $1730\text{-}2025 \text{ }^\circ\text{C}$, а температура продуктов сгорания на выходе из топки составляет $840\text{-}920 \text{ }^\circ\text{C}$.

Как показали исследования, при переводе парогенератора ДКВР-2,5 на сжигание генераторного газа, полученного при воздушной газификации водоугольного топлива, при номинальной производительности наблюдаются технологические нарушения режимов работы в конвективных поверхностях нагрева. Такие нарушения связаны с увеличением объема продуктов сгорания, что приводит к повышению тепловосприятости данных поверхностей нагрева. Определено, что в конвективном пучке второго газохода кипит 23% воды, при допустимой норме $15\text{-}20 \%$. При исследовании перевода парогенератора ДКВР-2,5 на сжигание газа, полученного при кислородной газификации, с номинальной производительностью установлено, что конвективный пучок первого газохода при работе данного котла не нужен для получения пара требуемых параметров. Это объясняется тем, что площади поверхности конвективного пучка второго газохода достаточно для нагрева воды до требуемой температуры. При этом $5,3 \%$ воды в трубах кипит, что лежит в пределах допустимых значений, и, как сказано выше, является целесообразным и желательным.

Для эффективной работы парогенератора ДКВР-2,5/13 при переводе на сжигание генераторного газа, полученного при воздушной и кислородной газификации водоугольного топлива, без существенной его реконструкции предлагаются мероприятия по снижению производительности котла, уменьшению площади испарения конвективного пучка второго газохода или установка пароперегревателя, который не предусмотрен стандартной комплектацией котла ДКВР-2,5/13.

При движении потоков продуктов сгорания в парогенераторах ДКВР-10 и ДКВР-2,5 при сжигании генераторного газа сохраняются допустимые значения температур и скоростей в различных сечениях дымового тракта. Проведенный аэродинамический расчет показал, что в связи с увеличением объема продуктов сгорания при сжигании генераторного газа в парогенераторах с номинальной производительностью тягодутьевая система работает на пределе технических возможностей. В табл. 2 представлены полученные в настоящем исследовании режимные показатели работы паровых котлов ДКВР-10 и ДКВР-2,5 при переводе на сжигание генераторного газа при воздушной и кислородной газификации водоугольного топлива.

Табл. 2 - Тепловые режимы работы котлов ДКВР-10/13 и ДКВР-2,5/13 с номинальной паропроизводительностью при сжигании генераторного газа, полученного при воздушной и кислородной газификации водоугольного топлива

Наименование измеряемых величин		Размерность	ДКВР-10		ДКВР-2,5	
			воздушная газификация	кислородная газификация	воздушная газификация	кислородная газификация
Пар и вода	Давление перегретого пара	МПа	1,3			
	Температура пара	°С	275	265	191,6	
	Температура питательной воды	°С	100			
	Температура подогрева воды в конвективном пучке	°С	195			
Расход газа		тыс.м ³ /ч	5,79	3,06	1,29	0,68
Воздух	Расход воздуха	тыс.м ³ /ч	6,12	6,26	1,29	1,39
	Температура воздуха, идущего на горение	°С	25			
Дымовые газы	Адиабатическая температура в топке	°С	1640	1950	1730	2025
	Температура на выходе из топки	°С	1055	1040	920	840
	Температура перед пароперегревателем	°С	1020	1000	-	-
	Температура перед конвективным пучком	°С	900	860	920	84
	Температура за котлом	°С	280	230	175	370
	Количество дымовых газов	тыс.м ³ /ч	12,49	10,01	2,56	2,19
КПД парогенератора		%	83	85	86	87

Анализ теплового баланса показал, что КПД котельных агрегатов при работе на генераторном газе, полученном при газификации водоугольного топлива, изменяется в большей степени из-за потерь с дымовыми газами. Известно, что потери теплоты с уходящими газами занимают основное место среди тепловых потерь котла, составляя 5-12% располагаемой теплоты топлива, и определяются объемом и составом продуктов сгорания, существенно зависящих от балластных составляющих топлива и от температуры дымовых газов. Отношение V_r^o / Q_n^p , характеризующее качество топлива, показывает относительный выход газообразных продуктов сгорания на единицу

теплоты сгорания топлива и зависит от содержания балластных составляющих. Отношение V_r^o / Q_n^p при сжигании газа на воздушном и кислородном дутье составляет 0,42 м³/МДж и 0,33 м³/МДж соответственно.

Оптимальная температура уходящих газов котельных агрегатов в зависимости от производительности, характеристик топлива и температуры поступающего воздуха принимается 110-170 °С [8,9]. При сжигании генераторного газа, полученного при воздушной и кислородной газификации водоугольного топлива, температура уходящих газов перед дымососом повышается и составляет 175-370 °С. Для уменьшения потерь с уходящими газами, данную тепловую энергию дымовых газов можно использовать для подогрева водоугольного топлива, идущего на газификацию.

Таким образом, анализ полученных результатов теплотехнических исследований показал, что перевод паровых котлов малой мощности типа ДКВР на сжигание генераторного газа, полученного при воздушной и кислородной газификации водоугольного топлива, возможен при подборе необходимых режимных параметров для работы парогенераторов без существенной их реконструкции. При этом в топке колов необходимо поддерживать заданный температурный уровень для стабильного горения генераторного газа с высокой степенью выгорания. Тем не менее, как уже указывалось выше, оптимальные режимы работы котла на этом топливе, в дальнейшем, необходимо подтвердить серией натурных технологических испытаний.

Выводы

Анализ свойств и характеристик водоугольного топлива и продуктов его переработки показал перспективность его использования в энергетике. Применение водоугольного топлива в энергетике может позволить решить основную задачу - снизить высокие топливные затраты в котлах, где сжигают дорогие газ и мазут, либо уголь сжигается неэффективно. Одним из эффективных способов перевода котельных агрегатов на водоугольное топливо является оснащение их предтопками, в которых происходит автотермическая газификация водоугольного топлива с получением генераторного газа, поскольку сжигание газообразных топлив практически не требует модернизации энергоустановок.

Одними из наиболее распространенных в Украине паровых котлов малой мощности являются парогенераторы типа ДКВР, принципиально отличающихся компоновкой поверхностей нагрева. Установлено, что при переводе данных парогенераторов на сжигание генераторного газа, полученного при воздушной и кислородной газификации водоугольного топлива, происходит увеличение объема продуктов сгорания, в результате чего возникают технологические нарушения процессов теплообмена в конвективных поверхностях нагрева. В паровых котлах с пароперегревателем, как показано на примере ДКВР-10, кроме того, происходит возрастание удельного тепловосприятия ступени пароперегревателя, что вызывает необходимость повышения перегрева пара на 15-25 °С выше номинального. Одним из вариантов устранения таких нарушений

является снижение производительности парогенераторов, но не более 50% от номинальной, что обеспечивает устойчивость работы котлов. Полученные данные исследования работы паровых котлов ДКВР-10/13 и ДКВР-2,5/13 при переводе на сжигание генераторного газа показывают, что достигнутый уровень снижения нагрузки котлов близок к предельным значениям и с точки зрения стабильности горения для данного топлива, и с точки зрения оптимальных и допустимых технологических параметров работы котлов.

Анализ теплового баланса показал, что КПД котельных агрегатов при работе на генераторном газе, полученном при газификации водоугольного топлива, изменяется в большей степени из-за потерь с дымовыми газами и составляет 83-87 %, а температура уходящих газов перед дымососом составляет 175-370 °С. Для уменьшения потерь в паровых котлах, работающих на генераторном газе, тепловую энергию уходящих газов можно использовать для подогрева водоугольного топлива, идущего на газификацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Чернявский Н.В.* О перспективах и особенностях использования угля в промышленности и коммунальной энергетике // Современная наука: идеи, исследования, результаты, технологии. Сборник научных статей. Выпуск 1(9). – Киев: «НПВК Триакон», 2012. – С. 80-88.
2. *Шарабура Т.А., Пинчук В.А., Шевченко Г.Л., Кузьмин А.В.* Особенности перевода котлов средней и малой мощности на водоугольное топливо // Современная наука: идеи, исследования, результаты, технологии. Сборник научных статей. Выпуск 1(9). – Киев: «НПВК Триакон», 2012. – С. 97-105.
3. *Пинчук В.А., Шарабура Т.А., Потапов Б.Б.* Особенности газификации водоугольного топлива в газификаторах циклонного типа // Інтегровані технології та енергозбереження// Щоквартальний науково-практичний журнал.- Харків: НТУ «ХПІ». -2009. - №2.-с. 131-133.
4. *Пинчук В.А., Шарабура Т.А., Шевченко Г.Л.* Исследование и разработка режимов газификации водоугольного топлива // Современная наука: идеи, исследования, результаты, технологии. Сборник научных статей. Выпуск 3(5). - Киев: «НПВК Триакон», 2010. – С. 92 - 97.
5. *Пинчук В.А., Шарабура Т.А., Потапов Б.Б., Шеенко И.М., Живолуп С.Г.* Экологическая характеристика процесса газификации водоугольного топлива // Металургійна теплотехніка: Збірник наукових праць Національної металургійної академії України. – Дніпропетровськ: «Нова ідеологія». -2009.– Выпуск 1(16).-с. 144-149.
6. *Роддатис К.Ф., Полтарецкий А.Н.* Справочник по котельным установкам малой производительности. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 488 с.
7. Паровые котлы малой мощности, котлы-утилизаторы и вспомогательное оборудование котельных (каталог-справочник) .– М.: Металлургия, 1992.– 415 с.
8. *Соколов Б.А.* Котельные установки и их эксплуатация: учеб. для нач. проф. образования. - 2-е изд., испр. - М. : Академия, 2007. - 432 с.
9. *Сидельковский Л.Н., Юрнев В.Н.* Котельные установки промышленных предприятий: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 258 с.

10. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). Под ред. Н.В. Кузнецова и др. - М.: Энергия, 1973. – 296 с.

11. *Осинцев К.В., Торопов Е.В.* Расчет теплообмена в топке котельного агрегата: учебное пособие – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 179 с.

12. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод). Под ред. С.И. Мочана. Изд. 3-е. - Л.: Энергия, 1977. – 256 с.

USING THE COAL-WATER FUEL GASIFICATION PRODUCTS IN LOW POWER STEAM BOILERS

Sharabura T.A., Pinchuk V.A.

National Metallurgical Academy of Ukraine, Gagarina av, 4, Dnepropetrovsk, 49600, Ukraine

The numerical and theoretical investigations of low power steam generators operation while burning gasification products of coal-water fuel produced with oxygen and air gasification were carried out. The distinctive features of boilers operation while burning this type of fuel were reviewed and analyzed. Thermal engineering indicators of steam boilers operation while burning coal-water fuel gasification products were obtained. Dependences of these parameters on the steam generator productivity were set. The thermal modes of operations of steam-boilers are presented during work on producer gas. References 12, tables 2, figures 1.

Key words: steam generator, coal-water fuel, producer gas, thermal operating modes, thermal engineering indicators, efficiency.

1. *Chernyavskiy N.V.* *On the prospects of the features and use of coal in industry and municipal power* // *Sovremennaya nauka: idei, issledovaniya, rezultaty, tekhnologii.* Sbornik nauchnykh statey. Issue 1(9). – Kiev: “NPVK Triakon”, 2012. – P. 80-88. (Rus.)
2. *Sharabura T.A., Pinchuk V.A., Shevchenko G.L., Kuzmin A.V.* *Specificity of middle- and low-power boilers transfer to coal-water fuel burning* // *Sovremennaya nauka: idei, issledovaniya, rezultaty, tekhnologii.* Sbornik nauchnykh statey. Issue 1(9). – Kiev: “NPVK Triakon”, 2012. – P. 97-105. (Rus.)
3. *Pinchuk V.A., Sharabura T.A., Potapov B.B.* *Features gasification of coal-water fuel in the gasifier cyclone* // *Integrovani tekhnologii ta energozberezhennya* // *Schokvartalnyi naukovo-praktychniy zurnal.* – Kharkiv: NTU “KHPI”. – 2009. - №2. – P. 131-133. (Rus.)
4. *Pinchuk V.A., Sharabura T.A., Shevchenko G.L.* *Research and development modes gasification of coal-water fuel* // *Sovremennaya nauka: idei, issledovaniya, rezultaty, tekhnologii.* Sbornik nauchnykh statey. Issue 3(5). – Kiev: “NPVK Triakon”, 2010. – P. 92-97. (Rus.)
5. *Pinchuk V.A., Sharabura T.A., Potapov B.B., Sheenko I.M., Zivolup S.G.* *Ecological characteristics of the gasification process of coal-water fuel* // *Metalurgiyina teploteknika: Zbirnik naukovykh prats’ Natsionalnoi metalurgiyanoi akademii Ukrainy.* – Dnipropetrovs’k: “Nova ideologiya”. – 2009. – Issue 1 (16). – P. 144-149. (Rus.)

6. *Roddatis K.P.H., Poltareckiy A.N. Handbook of boiler plants with low productivity.* – M.: Energoatomizdat. - 1989. – 488 p. (Rus.)
7. *Boilers low power, waste heat boilers and boiler accessories (catalog-directory).* – M.: Metallurgiya. – 1992. – 415 p. (Rus.)
8. *Sokolov B.A. Boiler installation and exploitation: studies. to beg. prof. education. - 2nd ed., Revised.* – M. Akademiya. – 2007. – 432 p. (Rus.)
9. *Sidelkovskiy L.N., Urenev V.N. Industrial boiler plants: Textbook for universities. - 3rd ed., Revised* - M.: Energoatomizdat. - 1988. – 258 p. (Rus.)
10. *Kuznecov N.V. Thermal design of boilers (normative method).* – M.: Energiya. – 1973. – 296 p. (Rus.)
11. *Osincev K.V., Toropov E.V. Calculation of heat transfer in the furnace of the boiler unit: Tutorial.* – Chelyabinsk: Izdatelskiy zentr UUrGU, 2010. – 179 p. (Rus.)
12. *Mochan S.I. Aerodynamic calculation of boiler plants (standard method).* – L.: Energiya. – 1977. – 256 p. (Rus.)

УДК 621.18:662.76

Шарабура Т.А., ассистент, **Пинчук В.А.**, канд. техн. наук, доцент.

Национальная металлургическая академия Украины, пр. Гагарина, 4, Днепропетровск, 49600, Украина

Использование продуктов газификации водоугольного топлива в паровых котлах малой мощности

Проведены расчетно-теоретические исследования работы парогенераторов типа ДКВР при переводе на сжигание генераторного газа, полученного при газификации водоугольного топлива на воздушном и кислородном дутье, рассмотрены и проанализированы особенности работы парогенераторов при переводе на данный вид топлива. Получены теплотехнические показатели работы паровых котлов при сжигании продуктов газификации водоугольного топлива, а именно: распределение температур в парогенераторе, теплонапряженность топочного объема, расход топлива, рациональные площади поверхностей нагрева, потери с уходящими газами, КПД, и установлены зависимости этих показателей от производительности парогенератора.

Представлены тепловые режимы работы паровых котлов при работе на генераторном газе при номинальной производительности. Предложены мероприятия по реконструкции паровых котлов малой мощности при переводе на сжигание генераторного газа, и показана эффективность применения продуктов газификации водоугольного топлива.

Ключевые слова: парогенератор, водоугольное топливо, генераторный газ, тепловые режимы работы, теплотехнические показатели, эффективность.

УДК 621.18:662.76

Шарабура Т.А., ассистент, **Пинчук В.О.**, канд. техн. наук, доцент.

Національна металургійна академія України, пр. Гагаріна, 4, Дніпропетровськ, 49600, Україна

Використання продуктів газифікації водовугільного палива в парових котлах малої потужності

Проведено розрахунково-теоретичні дослідження роботи парогенераторів типу ДКВР при переведенні на спалювання генераторного газу, отриманого при газифікації водовугільного палива на повітряному і кисневому дутті, розглянуто та проаналізовано особливості роботи парогенераторів при переведенні на даний вид палива. Отримано теплотехнічні показники роботи парових котлів при спалюванні продуктів газифікації водовугільного палива, а саме: розподіл температур в парогенераторі, теплонапруженість топкового обсягу, витрата палива, раціональні площі поверхонь нагріву, втрати з відхідними газами, ККД, і встановлено залежності цих показників від продуктивності парогенератора.

Представлені теплові режими роботи парових котлів при роботі на генераторному газі при номінальній продуктивності. Запропоновано заходи з реконструкції парових котлів малої потужності при переведенні на спалювання генераторного газу, і показана ефективність застосування продуктів газифікації водовугільного палива.

Ключові слова: парогенератор, водовугільне паливо, генераторний газ, теплові режими роботи, теплотехнічні показники, ефективність.

UDK621.18:662.76

Sharabura T.A., Pinchuk V.A.

National Metallurgical Academy of Ukraine, Gagarina av, 4, Dnepropetrovsk, 49600, Ukraine

Using the coal-water fuel gasification products in low power steam boilers

The numerical and theoretical investigations of low power steam generators operation while burning gasification products of coal-water fuel produced with oxygen and air gasification were carried out. The

distinctive features of boilers operation while burning this type of fuel were reviewed and analyzed. Thermal engineering indicators of steam boilers operation while burning coal-water fuel gasification products were obtained. Indicators include: the temperature distribution in the steam generator, calorific intensity of firebox, fuel consumption, rational heating surface, flue gas losses and efficiency. Dependences of these parameters on the steam generator productivity were set.

The thermal modes of operations of steam-boilers are presented during work on producer gas at the nominal productivity. Activities for the reconstruction of low power steam boilers during its transfer to burning of producer gas are offered and efficiency of application of gasification products of coal-water fuel is shown.

Key words: steam generator, coal-water fuel, producer gas, thermal operating modes, thermal engineering indicators, efficiency.