

## ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРОВОГО КОТЛА ПРИ РАБОТЕ НА СМЕСИ ПРИРОДНОГО И ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗОВ

Антощук Т.А., Пьяных К.Е.

Институт газа Национальной академии наук Украины

Исследована возможность эксплуатации парового энергетического котла при работе на смеси двух газовых топлив с разной калорийностью. Природный газ имеет более высокую калорийность, генераторный газ более низкую. Соотношение газов в смеси, независимо от нагрузки парового котла, выдерживалось в процентном показателе 70 к 30 – соответственно природного к генераторному газу. Данное исследование позволило убедиться в том, что работа на смеси позволяет достигать необходимых энергетических показателей котла. Также практически не влияет на КПД котла, при переменных нагрузках, и соответствует экологическим нормам.

**Ключевые слова:** генераторный газ, газогенератор, газификация, замещение, паровой котел.

**Постановка проблемы.** В последнее время, достаточно остро стоит проблема замещения природного газа, как основного энергетического топлива в теплотехнических агрегатах промышленности и коммунального сектора. Учитывая тот факт, что практически 60% теплотехнических агрегатов промышленности и коммунального сектора используют природный газ, в качестве основного топлива, то масштабы замещения достаточно велики и трудоемки.

Замещение или отказ от природного газа, как вида топлива, возможен благодаря другим видам энергетического топлива. Такими топливами являются каменный и бурый уголь, мазут и возобновляемые альтернативные виды топлива, такие как биомасса. Потенциал биомассы в Украине составляет порядка 25 млн. тон условного топлива, что эквивалентно порядка 20 млрд. м<sup>3</sup> природного газа [1]. Стоит отметить, что не все количество биомассы пригодно к употреблению, как вид альтернативного топлива. Каждый вид биомассы требует индивидуального подхода к его использованию, как вида альтернативного топлива.

В виду того, что традиционные энергетические топлива имеют свою сферу применения, а также не стабильные ценовые показатели, то биомасса – как возобновляемый альтернативный вид топлива, может широко использоваться как топливо для получения разного вида энергии.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В последние несколько лет, в Европейском Союзе, достаточно быстро развиваются разнообразные технологии получения тепловой и электрической энергии, в которых в качестве исходного вида топлива используется биомасса разнообразного происхождения [2]. Основная доля использования биомассы, как топлива, приходится на выработку тепловой энергии (рис. 1).

Биомассу как топливо, можно использовать в процессах, как прямого сжигания, так и более совершенных процессах газификации, с целью получения генераторного газа [4]. Так как сжигание генераторного газа не требует глобальных реконструкций имеющегося теплотехнического оборудования, а также представляет собой более экологичную технологию по сравнению с прямым сжиганием. Каждый из процессов находит свое применение в зависимости от ряда недостатков и преимуществ (табл. 1).

В Европейском Союзе производство генераторного газа является высокотехнологическим процессом, с применением подготовленной биомассы в качестве исходного топлива. Наиболее широко используются такие виды биомассы как: отходы древесины в виде пеллет или брикетов, также разно-

образные пеллетированные виды отходов аграрных культур. Выработка тепловой энергии, при использовании процесса газификации, производится в стандартных газовых энергетических котлах (рис. 2), которые приспособлены к сжиганию более низкокалорийного генераторного газа или смеси нескольких разных по калорийности газов.

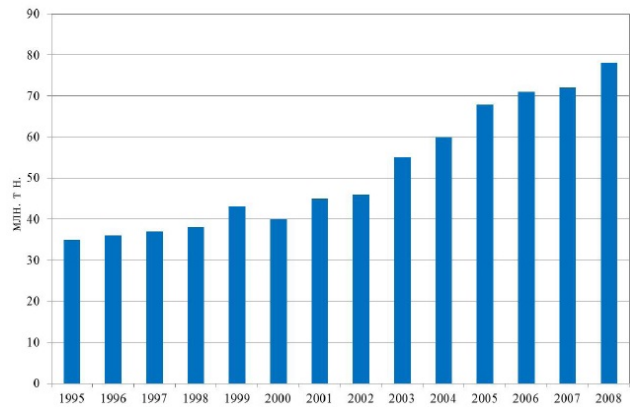


Рис. 1. Количество выработки тепловой энергии из биомассы в ЕС

Источник: [3]

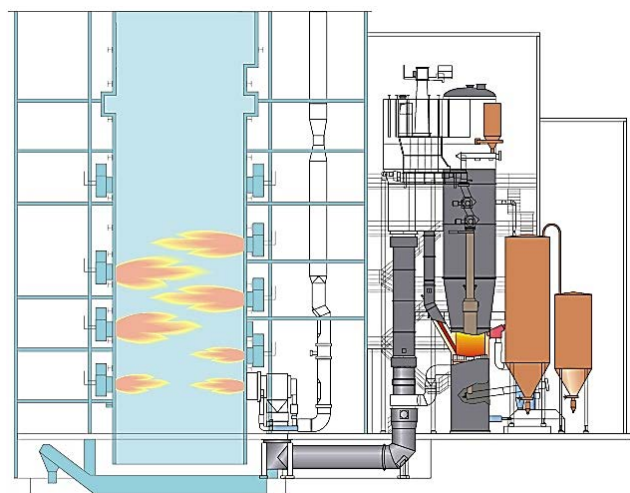


Рис. 2. Применение генераторного газа, как топлива, в котле на станции Кумярви в городе Лахти, Финляндия.

Источник: [6]

**Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.** Анализируя зарубежный опыт, можно утверждать что, большая часть проблемы замеще-

ния природного газа генераторным, произведенного из разных видов биомассы, решена. Но это решение требует больших экономических затрат. Что не в полной мере подходит как образец для применения и внедрения в отечественной промышленности и коммунальном секторе. Из зарубежного опыта следует то, что использование генераторного газа является более удобной технологией, которая позволяет не менять основное теплотехническое оборудование.

лесообразен. Поэтому была использована возможность применения генераторного газа в качестве газового топлива.

Таблица 1

**Сравнение процессов прямого сжигания и газификации биомассы**

Прямой процесс сжигания	Процесс газификации
Преимущества	
Относительно простое оборудование для подачи топлива; Более высокий КПД оборудования (при условии использования современного)	Возможность использования сырья разных фракций и составов по смеси биомассы; Более низкая цена переоснащения энергооборудования при условии его работы на газообразном топливе; Возможность использования сырья с влажностью до 50%; Малая нагрузка на окружающую среду; Возможность производства электроэнергии; Комплекс в целом может работать на генераторном или природном газе или на их смеси.
Недостатки	
Потребность в первоначальной сушке сырья; Потребность в системе золо и шлакоудаления; Ограничения по фракционному составу.	Потребность в очистке и охлаждении генераторного газа; Более сложная автоматика для регулирования процесса сжигания смеси генераторного и природного газов; Потребность размещения газогенераторного комплекса за пределами цеха основного энергооборудования.

Источник: [5]

**Формулирование целей статьи.** Главной целью данной работы была возможность показать результат замещения природного газа генераторным, на примере эксплуатации энергетического парового котла ДЕ-25-14 ГМО, работающего на предприятии перерабатывающей отрасли.

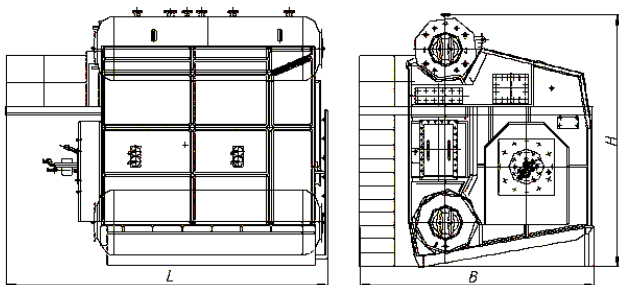


Рис. 3. Общий вид парового энергетического котла ДЕ-25-14 ГМО

Источник: [7]

**Изложение основного материала исследования.** Учитывая то, что выбранный котел работает с переменной нагрузкой в течении суток (рис. 4), то полная замена либо перевод котла на другой вид энергетического топлива – процесс трудоемкий и как экономически, так и технически не це-

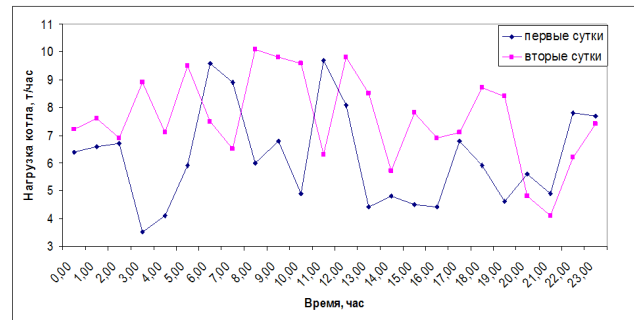


Рис. 4. График изменения нагрузки котла ДЕ-25-14 ГМО

Источник: замеры во время опытно-промышленной эксплуатации

В процессе реконструкции котельного агрегата, было изменено лишь горелочное устройство. Которое, разработано для сжигания природного, генераторного газов, а также их смеси, в разном процентном соотношении по объемному расходу [8]. Также была разработана система трубопроводов подачи генераторного газа в котел, которая включала расходную, запорную и регулирующую и аварийную автоматическую систему.

Для удобства и простоты эксплуатации котла, была разработана новая автоматическая система управления и контроля, за работой данного агрегата. Данная система автоматике отвечает за работоспособность котельного агрегата в зависимости от качественной смеси природного и генераторного газов. Для удобства эксплуатации и управления котлом, был разработан и отработан коэффициент пересчета объемного расхода генераторного газа к природному.

Стоит отметить, что использование генераторного газа, как дополнительного топлива на котле ДЕ-25-14 ГМО не нарушило нормативных и регламентных показателей работы. В ходе наладочных работ и опытной эксплуатации была разработана новая режимная карта котла (табл. 2).

Данные работы котла, которые видны из режимной карты, были получены и усреднены по результатам работы газогенераторной установки на следующих видах исходной биомассы: щепа древесная, древесные пеллеты и пеллеты шелухи подсолнуха. В таблице 3 представлены составы генераторного газа из вышеперечисленных видов биомассы, с энергетическими характеристиками.

Учитывая показатели режимной карты котла и характеристик природного и генераторного газов, опытным путем было установлено, что КПД котла ДЕ-25-14 ГМО, при работе на смеси природного и генераторного газов 70 к 30 соответственно, понижается не более чем на 5-10%, в зависимости от нагрузки котла.

Экологические показатели работы котлоагрегата, при сжигании в нем смеси природного и генераторного газов, соответствуют установленным величинам по нормативу выбросов природного газа. Это свидетельствует о том, что технология производства генераторного газа из биомассы с последующим его сжиганием в теплотехническом агрегате выгодно отличается от процесса прямого сжигания.

**Выводы из данного исследования.** В результате проведения работы по замещению природного газа генераторным на котле ДЕ-25-14 ГМО, было уста-

новлено, що сжигание смеси газов в определенном соотношении по объёмному расходу, независимо от нагрузки котла, не ухудшает экологических показателей работы и существенно не понижает КПД. Благодаря автоматике и специальному горелочному устройству, упрощается режим эксплуатации, что

в свою очередь позволяет использовать генераторный газ в промышленных теплотехнических агрегатах, как вид газового топлива. Который не влияет на количественные и качественные показатели работы так, как не нарушает требований и регламентных характеристик теплотехнических агрегатов.

Таблица 2

Режимная карта котла ДЕ-25-14 ГМО

№	Обозначение	Символ	Единица измерения	Нагрузка			
				23%	33%	39%	50%
1	Расход пара	$D_{\text{пара}}$	т/час	5,7	8,3	9,7	12,4
2	Давление пара	$P_{\text{пара}}$	МПа	1,2	1,2	1,2	1,2
3	Расход природного газа	$V_{\text{п.газ}}$	м <sup>3</sup> /час	320	510	616	814
4	Расход генераторного газа	$V_{\text{г.газ}}$	м <sup>3</sup> /час	800	800	800	800
5	Низшая теплота сгорания природного газа	$Q_{\text{п.газ}}$	кДж/м <sup>3</sup>	33855,2	33855,2	33855,2	33855,2
6	Низшая теплота сгорания генераторного газа	$Q_{\text{г.газ}}$	кДж/м <sup>3</sup>	5078,3	5078,3	5078,3	5078,3
7	Коэффициент избытка воздуха	$\alpha$		1,76	1,61	1,53	1,5
8	Содержание оксида углерода	СО	мг/м <sup>3</sup>	80	62	56	50
9	Содержание оксида азота	NO <sub>x</sub>	мг/м <sup>3</sup>	120	132	140	148
10	Коэффициент полезного действия котла	$\eta$	%	90,2	91,7	92,3	92,7

Источник: результат опытно-промышленной эксплуатации [9]

Таблица 3

Составы и энергетические характеристики генераторных газов

№	Компоненты	Образец – шелуха подсолнуха	Образец – пеллета древесная	Образец – щепка древесины
1	H <sub>2</sub>	9,1	11,3	7,74
2	O <sub>2</sub>	0	0	0
3	N <sub>2</sub>	55,85	49,45	51,96
4	CH <sub>4</sub>	2,90	6,71	3,07
5	CO	13,0	12,59	23,76
6	CO <sub>2</sub>	11,96	15,84	9,70
7	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	3,83	0,95	0,89
8	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,26	0,21	0,21
9	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,59	0,34	0,04
10	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0,30	0	0,18
11	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,03	0,13	0,06
12	iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,05	0	0
13	nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,17	0	0,13
12	H <sub>2</sub> O	1,96	2,49	2,26
	$\Sigma$	100	100	100
	Q <sub>нр</sub> , кДж/м <sup>3</sup>	6779,4	6770	5949,8
	Стех. коэфф.	1,49	1,28	1,29
	T <sub>теор</sub> , К	1979,7	1938,6	1921,5

Источник: результат опытно-промышленной эксплуатации [9]

Таблица 4

Экологические показатели работы котла ДЕ-25-14 ГМО на смеси природного и генераторного газов

Нагрузка котла, т/час	Коэффициент избытка воздуха	СО, мг/м <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> , мг/м <sup>3</sup>	СО приведенное, мг/м <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> приведенное, мг/м <sup>3</sup>
5,75	1,76	80	120	122,4	183,65
8,34	1,61	62	132	86,8	184,8
9,8	1,53	56	140	74,5	186,26
12,49	1,5	50	148	65,2	193,04

Источник: результат опытно-промышленной эксплуатации [9]

#### Список литературы:

1. Карп І.М. Можливі обсяги економії та заміщення природного газу в Україні/ Карп І.М., П'яних К.Є. // Энерготехнологии и ресурсосбережение, научно-технический журнал. – 2012. – № 1. – С. 16-22.
2. Spliethoff H. Status of biomass gasification for power production / Spliethoff H. // IFRF Combustion Journal, art number 200109, ISSN 1562-479X – November, 2001.
3. Гелетуца Г.Г. Аналіз механізмів стимулювання виробництва теплової енергії з біомаси в Європейському Союзі / Гелетуца Г.Г., Железна Т.А., Дроздова О.І. // Пром. Теплотехніка ISSN 0204-3602. – 2012, т. 34. – № 3. – С. 67-72.

4. Копытов В.В. Газификация конденсированных топлив: ретроспективный обзор, современное состояние дел и перспективы развития / Копытов В.В. – М.: Агрорус, 2012. – 509 с.
5. Сравнение технологических характеристик газогенераторов воздушной газификации по результатам промышленной эксплуатации / Тез. докл. Международной научно-технической конференции «Энергоэффективность. – 2013» // Антощук Т.А., Пьяных К.Е. – 14-16 октября 2013 г, Киев, Украина. – С. 76.
6. Review of Finnish biomass gasification technologies. OPET Report 4. / OPET Finland – Technical Research Centre of Finland – ESPOO 2002.
7. Каталог барабанных энергетических котлов / ОАО «Бийский котельный завод» – Бийск, 2004.
8. Пат. 106333 Україна, МПК F 23 D 14/02. Пальниковий пристрій для спалювання природного та генераторного газів / Карп І.М., П'яних К.Є., Антощук Т.О., Лисенко А.А.; заявник і власник – Інститут газу Національної академії наук України – опубл. 11.08.14, Бюл. № 15.
9. Опыт использования генераторного газа из биотоплива в промышленном котле ДЕ-25-14 ГМО / Тез. докл. Международной научно-технической конференции «Энергоэффективность – 2013» // Антощук Т.А., Пьяных К.К., Лысенко А.А. – 14-16 октября 2013 г, Киев, Украина. – С. 73-75.

**Антощук Т.О., П'яних К.Є.**

Інститут газу Національної академії наук України

## **ДОСВІД ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРОВОГО КОТЛА ПРИ РОБОТІ НА СУМІШІ ПРИРОДНОГО ТА ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗІВ**

### **Анотація**

Досліджена можливість експлуатації парового енергетичного котла при роботі на суміші двох газових палив з різною калорійністю. Природний газ має більш високу калорійність, генераторний газ більш низьку. Співвідношення газів в суміші, незалежно від навантаження парового котла витримувалось в процентному показнику 70 до 30 – відповідно природного до генераторного газу. Дане випробування дозволило запевнитися в тому, що робота на суміші дозволяє досягати необхідних енергетичних показників котла. Також практично не впливає на ККД котла, при змінних навантаженнях, і відповідає екологічним нормам.

**Ключові слова:** генераторний газ, газогенератор, газифікація, заміщення, паровий котел.

**Antoshchuk T.O., Pianykh K.Y.**

Gas Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine

## **EXPERIENCE OF EXPLOITATION OF STEAM BOILER IN WORKING ON MIXTURE OF NATURAL AND PRODUCER GASES**

### **Summary**

The authors investigate possibility of exploitation of steam power boiler on mixture of two gas fuels with different calorific values. Natural gas has higher calorific value, producer gas has lower calorific value. The correlation of gases in mixture was 70 to 30 (natural gas to producer gas), regardless of the load of the boiler. This investigation gave a chance to prove that exploitation of the boiler on gas mixture allows reaching necessary energy indicators. Also gas mixture doesn't influence on boiler efficiency factor and corresponds to ecostandarts.

**Keywords:** producer gas, gas generator, gasification, substitution, steam boiler.