

УДК 621.181

**БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОТЛЫ С КИПЯЩИМ
ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ
BIOENERGY FLUIDIZED BED BOILERS**

С.Д. Сытая, К.А. Мельник

Научный руководитель – С.А. Качан, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

kachan@bntu.by

M. Sytaya, K. Melnik

Supervisor – S. Kachan, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: рассмотрены устройство и принцип работы биоэнергетического котла с кипящим псевдоожигенным слоем. Приведены технико-экономические показатели и тип топлива, пригодного для использования. Показаны высокие экологические и экономические характеристики котла.

Abstract: the design and principle of operation of a bioenergy fluidized bed boiler are considered. The technical and economic features and the type of suitable fuel are given. High environmental and economic characteristics of the boiler are shown.

Ключевые слова: биоэнергетические котлы, кипящий псевдоожигенный слой, топливо, экономические и экологические характеристики.

Keywords: bioenergy boilers, fluidized bed, fuel, economic and environmental characteristics.

Введение

При принятии решений о развитии энергоисточников всё более важным становится использование возобновляемых источников энергии. Использование различных видов топлива с нейтральным балансом CO₂ помогает замедлить изменение климата и приносит ощутимые финансовые преимущества.

Биоэнергетические котлы с кипящим псевдоожигенным слоем обеспечивают эффективное сжигание широкого спектра различных видов твёрдого топлива даже при использовании дешёвой биомассы очень низкого качества, с содержанием влаги до 65% без дополнительного сжигания. Благодаря эффективной и современной системе сжигания, выбросы установки чрезвычайно низкие.

Основная часть

Рассмотрим решения Steamtec с кипящим псевдоожигенным слоем от Vapor Finland, которые позволяют эффективно и экологично использовать биомассу и вторичные энергоресурсы в установках в диапазоне мощности 5–100 МВт [1] для целей центрального теплоснабжения, выработки пара для производства или электричества паровыми турбинами.

Технология (рисунок 1) основана на современном котле с естественной циркуляцией с запатентованной Vapor Steamtec топочной решеткой сжигания

в кипящем псевдоожиженном слое. У топочной решётки отсутствуют движущиеся детали, и она может принимать биомассу с загрязнениями, такими как металл, камни и комки. Загрязнение удаляются во время эксплуатации через отверстия топочной решётки.

Кипящий псевдоожиженный слой – это слой природного песка или другого керамического материала 300 – 500 мм высотой и температурой 800–900°C, который псевдоразжижается первичным потоком воздуха через воздушные сопла в дне топочной решётки.

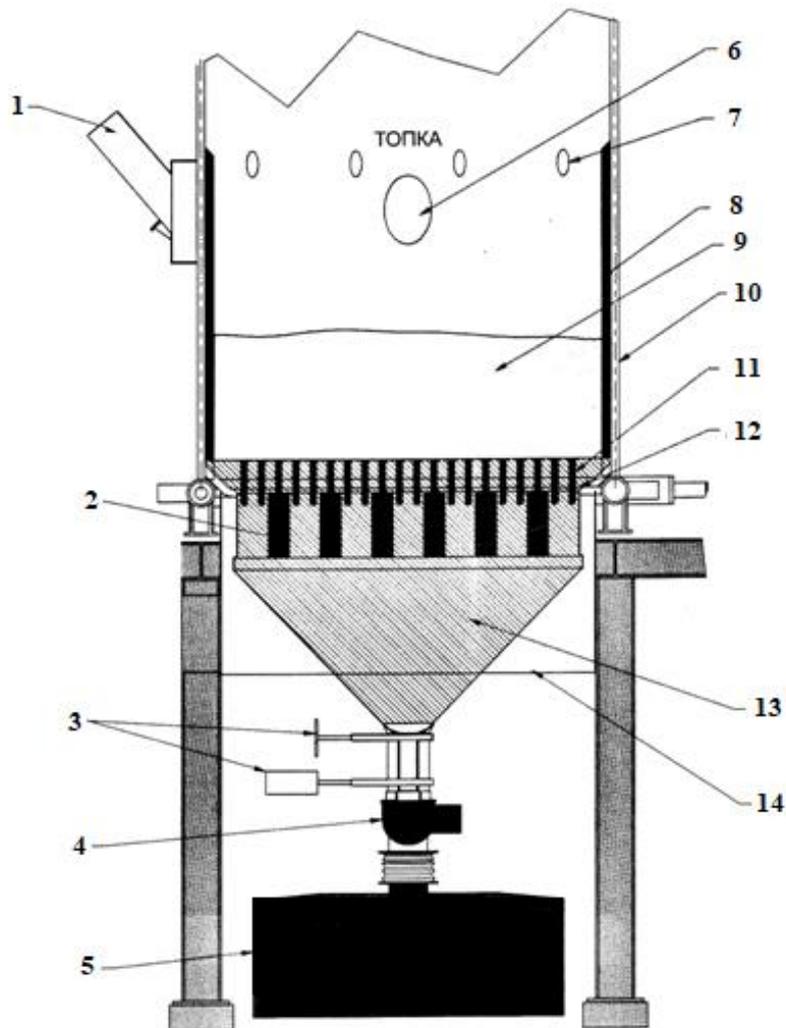


Рисунок 1 – Схема устройства котла Steamtec с «кипящим» псевдоожиженным слоем [1]:

1 – желоб подачи топлива; 2 – донный желоб и желоб удаления; 3 – запорный клапан; 4 – донный конвейер золы; 5 – контейнер золоотвала; 6 – пусковая горелка; 7 – сопло вторичного воздуха; 8 – огнеупорная футеровка; 9 – песчаный слой; 10 – экранные трубы; 11 – сопло первичного воздуха; 12 – донная труба; 13 – донная зола; 14 – поддувало

Биомасса подаётся в котёл через огнестойкую систему подачи топлива и желоб. Имеется возможность получить систему боковой подачи для древесных отходов и твёрдых вторичных видов топлива. Это требует непрерывного наблюдения за отработанными газами.

«Кипящий» горячий песок эффективно высушивает и насыщает газом топливную биомассу. В камеру сгорания подаются вторичный воздух и третичный воздух для чистого и эффективного многоступенчатого сгорания биомассы. Потоками воздуха управляет система автоматики, чтобы добиться высокой эффективности и низких выбросов.

Слой песка, температура которого обычно составляет около 850°C, при необходимости остужают путём разбавления первичного воздуха повторно используемыми (рециркулирующими) отработанными газами, содержащими меньше кислорода, чем воздух.

Установка Steamtec поставляется комплектно и включает следующие элементы:

- система приёма, обработки и подачи топлива;
- удаление и обработка золы;
- паровой/водогрейный котёл;
- паровая турбина;
- вспомогательное оборудование и системы;
- контрольно-измерительные приборы, автоматизация.

Котёл с кипящим псевдооживленным слоем неприхотлив к используемому топливу: от древесины и отходов сельского хозяйства до вторичных видов горючего и торфа. Обычно это древесная щепа, кора и опилки, а также торфокрошка и дерновой торф. В качестве побочного продукта можно также использовать отходы и вторичные горючие материалы, камыш, солому, уголь, а также различные типы шлама.

Установки допускают использование влажных горючих материалов, с содержанием влаги 65% для дерева и до 70% для торфокрошки, без вспомогательного горения. Обычно содержание влаги в горючем находится в пределах 35–65% [2].

При этом можно использовать топливо с очень низким значением теплотворной способности, что повышает рентабельность выработки энергии.

Высокий КПД котла: 88–91%, в зависимости от влажности и качества топливной биомассы.

Низкое содержание CO, оксидов азота и летучих органических соединений (таблица 1) достигается за счет эффективного смешивания топлива и воздуха, что приводит к полному сгоранию топлива.

Таблица 1 – Типичные значения выбросов при 6% O₂ (чистое дерево) биоэнергетических котлов с кипящим псевдооживленным слоем [2]

Выбросы	Значения*, размерность
CO	100–200 мг/нм ³
Оксиды азота	200–300 мг/нм ³
Частицы пыли: - электростатический осадочный фильтр - мешочный фильтр	30–50 мг/нм ³ < 10 мг/нм ³
Диоксины и фураны	котлы спроектированы на время пребывания > 2,5 секунд и > 850°C
Несгоревшие углеводороды	< 0,03% в отработанных газах

*Выбросы зависят от качества топливной биомассы

Заключение

Сжигание в «кипящем» псевдоожигенном слое – это современный способ использования древесины, биомассы, торфа и вторичных видов топлива, обеспечивающий высокие экономические и экологические характеристики энергоустановок.

Литература

1. Решения Steamtec с «кипящим» псевдоожигенным слоем [Электронный ресурс] / Vapor Finland Company. – Режим доступа: <https://www.yumpu.com/tr/document/view/20840468/-filter/2> /. – Дата доступа: 08.04.2023.

2. ТЭЦ на биомассе до 100 МВт. Решения с псевдоожигенным кипящим слоем [Электронный ресурс] / Vapor Finland Company. – Режим доступа: <https://www.yumpu.com/tr/document/view/20840468/-filter/4> /. – Дата доступа: 08.04.2023.