

*Розглянуті особливості горіння деревних пелетів з каталітичною присадкою в котлах з малою тепловою потужністю і вивчена динаміка змін теплових та екологічних характеристик котлоагрегату*

*Ключові слова: пелет, котел, топкова камера, спалювання, тепломасообмін, газоаналізатор*

*Рассмотрены особенности горения древесных пеллетов с каталитическим модификатором в котлах малой тепловой мощности и изучена динамика изменений тепловых и экологических характеристик котлоагрегата*

*Ключевые слова: пеллет, котел, топочная камера, сжигание, тепломассообмен, газоанализатор*

*The features of the combustion of wood pellets with a catalytic modifier in the boilers of small thermal power are considered and the dynamics of changes the thermal and environmental performance of the boiler is studied*

*Keywords: pellet, boiler, furnace chamber, burning, heat and mass transfer, gas analyzer*

# СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЛОВ

**В. Г. Демченко**

Кандидат технических наук, заведующий отдела ПТТ\*  
Контактный тел.: (044) 453-28-68  
E-mail: Dr-demch@meta.ua

**О. В. Дуняк**

Старший научный сотрудник отдела ПТТ  
\*Институт технической теплофизики НАН Украины  
ул. Желябова, 2-а, г. Киев, Украина, 03057  
Контактный тел.: (044) 453-28-68  
E-mail: At-eat@at-eat.com

**Д. В. Козак**

Студент  
Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
ул. Политехническая, 6, г. Киев, Украина, 03056  
Контактный тел.: 066-614-30-30  
E-mail: Godfather.KoZaK@bigmir.net

## 1. Введение

В последнее годы увеличение объемов производства привело к существенному росту количества древесных отходов непригодных для технологического применения. Это стало большой проблемой с точки зрения рационального осуществления процесса производства. Одним из путей утилизации древесных и сельскохозяйственных отходов является их переработка в топливные гранулы – пеллеты.

В настоящее время, в связи с развитием экологических тенденций энергетической отрасли, вводятся соответствующие стандарты для уменьшения выбросов вредных веществ различными агрегатами в окружающую среду. Нами была рассмотрена возможность изготовления пеллетов с органическим модификатором горения "Шелвин", которая снижает количество токсичных продуктов и улучшает качественные характеристики процесса горения биотоплива в котлах малой мощности [1, 2].

### Методика проведения эксперимента

Исследования проводились на сертифицированном экспериментальном стенде, который предназна-

чен для исследования горения твердого топлива или сжиженного газа в топочном устройстве и процессов тепломассообмена в топочном объеме и на выходе из конвективной части котла (рис. 1).

Визуальное наблюдение и фотографирование состояния пламени за процессом горения производилось через штатную гляделку на фронтальной стенке котла, через него же в зону горения вводилась термопара и зонд компьютерного газоанализатора RBR-escm KD, что позволило определить температуры и концентрации стабильных веществ, содержащихся в продуктах сгорания, а также разрежение за котлом. Температура, влажность воздуха, подаваемого на горение, определялась путем соответствующих замеров в помещении стендового зала с помощью лабораторного термометра и психрометра, давление – барометром анероидом.

Вода на систему охлаждения котла поступала из водопровода и удалялась в канализацию. Температура воды контролировалась термопарами по водяному тракту и термометрами на выходе из него. Объем воды контролировался счётчиком.

В ходе экспериментальной работы замерялись и анализировались температуры, и концентрации: O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, коэффициент избытка воздуха, температура воздуха идущего на горение, КПД, потери

тепла с дымовыми газами, температура дымовых газов внутри топки и за котлом.

Проведение эксперимента проводилось следующим образом:

- Включалась система дымоотвода и водоснабжение котлоагрегата;
- Газовой горелкой проводился нагрев воды до температуры 35°C;
- На колосниковую решетку выкладывались однородным слоем пеллеты и поджигались газовой горелкой, которая после выключалась. В процессе горения пеллетов осуществлялись соответствующие замеры;
- После сгорания топка очищалась от золы;
- На решетку загружались пеллеты с присадкой, которая добавлялась в процессе их изготовления и поджигались при тех же условиях, что и чистые пеллеты;
- Проводились замеры.

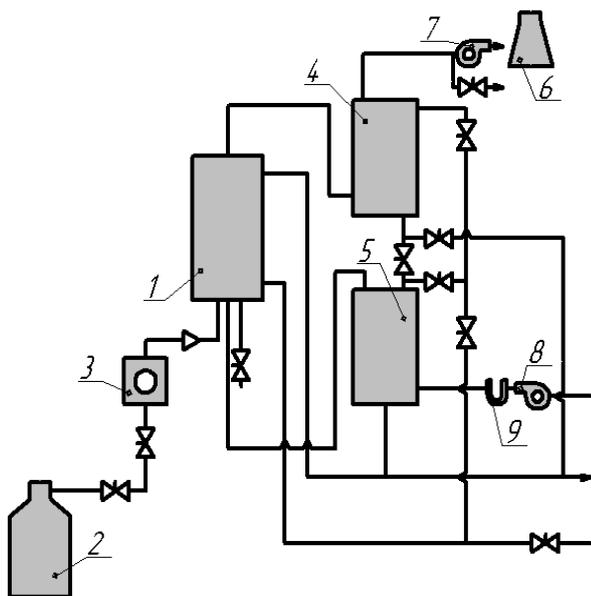


Рис. 1. Экспериментальный стенд для проведения теплоэкологических испытаний твердого топлива: 1 – котел; 2 – газовый баллон; 3 – газовый счетчик; 4 – утилизатор; 5 – воздухоподогреватель; 6 – дымовая труба; 7 – дымосос; 8 – дутьевой вентилятор; 9 – U-образный дифманометр.

### 3. Анализ полученных результатов

В процессе измерений отмечено повышение температуры в топке котла, на 54%, после введения в состав древесных пеллет каталитического модификатора Шелвин. Температура воздуха идущего на горение при этом оставалась постоянной. Значительное повышение температуры привело к более полной утилизации углерода, что наглядно иллюстрируется снижением значений CO (рис. 2), O<sub>2</sub> и коэффициента избытка воздуха в дымовых газах, ростом CO<sub>2</sub> и скорости набора температуры котловой воды.

Повышение температуры уходящих газов на выходе из котла и как следствие незначительное понижение

КПД связано со слабо развитой конвективной поверхностью котла. Наиболее характерные показатели представлены на рис. 3 и 4.

Сильное изменение скорости реакции с изменением температуры объясняет теория активации горения. Согласно этой теории в химическое взаимодействие вступают только активные молекулы (частицы), обладающие энергией, достаточной для осуществления данной реакции. Неактивные частицы можно активизировать, если сообщить им необходимую дополнительную энергию. Один из способов активации – это введение в состав топлива каталитических модифицированных органических присадок, к которым относится присадка Шелвин.

Использование низкокалорийных топлив приводит к поиску новых способов его сжигания и к разработке специального оборудования. Однако положительного результата можно достичь меньшими усилиями - незначительно изменяя состав топлива, что приводит к полноте сгорания топлива при более низких температурах и с меньшими выбросами вредных веществ.

Среди широкой гаммы модификаторов горения наибольший интерес представляет новый класс присадок, а именно – органические катализаторы горения. Например, в двигателях внутреннего сгорания широко применяются присадки, в состав которых входят органические соединения металлов. Наиболее широко известны присадки ферроцена и его производных, соединений марганца, меди, никеля, лития и других органических соединений металлов [3].

Следует полагать, что органические соединения должны оказывать положительное воздействие на процессы горения твёрдых топлив, однако данный вопрос мало изучен и является важной научно-практической задачей.

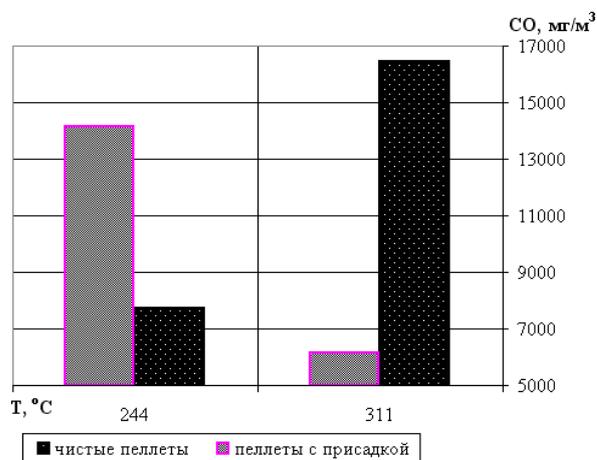


Рис. 2. График изменения содержания CO в топке от температуры уходящих газов

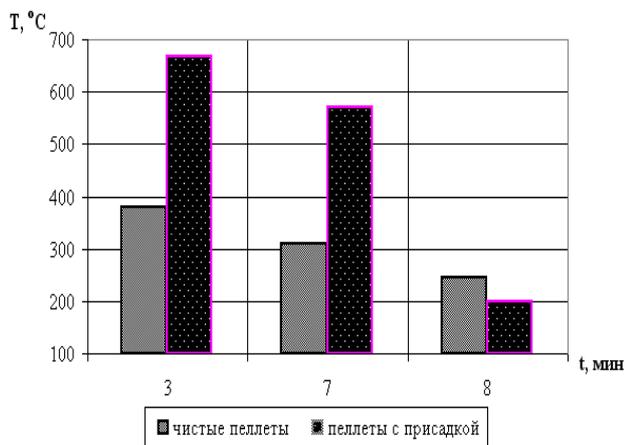


Рис. 3. График изменения температуры уходящих газов в топке от времени начала эксперимента

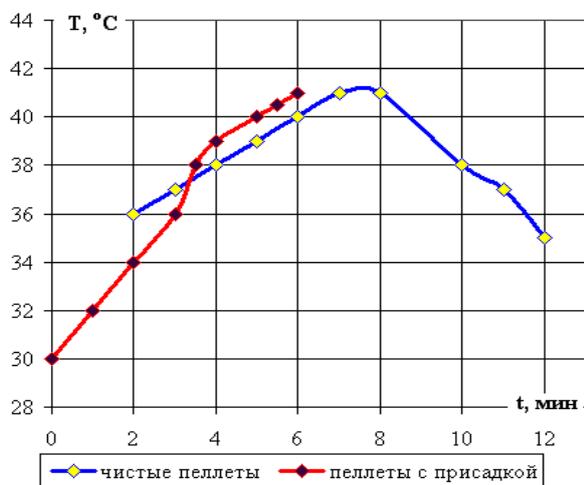


Рис. 4. График изменения скорости набора температуры котловой воды от времени начала эксперимента

### Выводы и рекомендации

Проведенное экспериментальное исследование условий сжигания древесных пеллет с присадкой Шелвин (спирт октиловый; спирт изопропиленовый; мочевины; вода) в экспериментальном котле и изучение динамики изменений тепловых и экологических характеристик котла, показало, что добавление к древесным пеллетам присадки Шелвин в концентрации 1,0 мл на 1,0 литр воды повышает КПД котла в среднем на 1%, а КПД топки на 5,5%, снижает содержание CO в уходящих газах на 16%, уменьшает значение коэффициента избытка воздуха в 1,4 раза, что положительно сказывается на объёме выбросов оксидов азота в атмосферу. Температура в топке повышается в среднем с 311 до 512<sup>0</sup>C, т.е. на 39,3%.

Вероятно, что в реакции между топливом и окислителем принимают участие более активные, с энергетической точки зрения радикалы, такие как гидроксильные группы и свободные атомы спиртов и мочевины, а повышение их концентрации в корне факела компенсирует недостаток кислорода, необходимый для полноты протекания реакции.

Полученные в ходе лабораторных исследований данные соответствуют показателям, которые могут быть получены в промышленных установках [4].

По полученным результатам можно сделать вывод, что при сжигании твёрдого топлива с добавлением присадки "Шелвин":

- с увеличением температуры снижается содержание CO в дымовых газах;
- значительно увеличивается температура в топке;
- котёл быстрее выходит на номинальный режим работы;
- уменьшается объём воздуха идущего на горение, что приводит к снижению выброса NO<sub>x</sub> в атмосферу;
- повышается КПД котла.

### Литература

1. Кочнев А.М. Горение древесных материалов [Текст] / А.М. Кочнев. – М.: Наука, 1996. – 640 с.
2. Салахов М.С. Горение твердого топлива [Текст] / М.С. Салахов, Р.Г. Агаджанов, В.С. Умаева // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – №2. – с. 37-38.
3. Хазмалян Д.М. Теория топочных процессов / Д.М. Хазмалян. – М. Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
4. Галузева методика нормування витрат палива на виробництво та відпуск теплової енергії котельнями теплового господарства. КТМ 204 України 246-99. – 99 с.