

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савченко И.С., Мельникова Е.А. Анализ эффективности диммируемых схем освещения на примере учебной аудитории с использованием программы DIALUX // Лучшая исследовательская статья. – 2024. – С. 26–34.
2. Диммирование светодиодов в общем и в деталях [Электронный ресурс]. – URL: <https://aledo-pro.ru/articles/view/17>. Дата обращения: 10.11.2024.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СЖИГАНИЯ ДРЕВЕСНО-УГОЛЬНЫХ БРИКЕТОВ В СЛОЕВОМ КОТЛЕ ПРОМЕТЕЙ ЭКО

К.С. Есин

Томский политехнический университет, ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, группа 5ВМ31

Научный руководитель: С.А. Янковский, к.т.н., доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

Потребление электроэнергии в России неуклонно растет. Каждый год страна использует 1107,1 млрд кВт·ч, что составляет приблизительно 5 % от общего мирового потребления. С 2010 года спрос на электроэнергию увеличился более чем на 8 % из-за технологического роста, но также из-за увеличения стоимости ископаемого топлива. В 2021 году мировое добыча угля выросла на 5,7 % после восстановления мирового спроса [1]. Решение задачи по снижению воздействия энергетического оборудования на окружающую среду является наиболее актуальным вопросом современного энергетического и научного сообществ. Энергия, производимая с помощью солнца, ветряных электростанций и других ВИЭ имеет высокую стоимость и длительный срок окупаемости, поэтому в последние годы стало понятно, что этот процесс эволюции в энергетике не сможет превзойти традиционную энергетику в ближайшие десятилетия. Одним из возможных решений для по снижению негативного воздействия традиционных источников энергии на окружающую среду может стать частичная замена классического органического твердого или жидкого топлива на углерод-нейтральное биотопливо [2]. Такой альтернативной добавкой к углю может стать биомасса или отходы ее переработки. Биомасса обладает большим потенциалом, поскольку является возобновляемой, в отличие от ископаемого топлива. Совместное сжигание биомассы с углем или отходами угольного производства расширит использование энергии биомассы и улучшит свойства углей, например, отходов угледобычи. Выбор биомассы как сырья для энергетического применения, зависит от наличия ее в каждом конкретном регионе мира, и этот список довольно широк: отходы лесопиления, трава, жмых сахарного тростника, рисовая шелуха, отруби, кукуруза и др. [2].

Для выполнения экспериментальных исследований в качестве исходного материала был использован уголь Балахтинского месторождения, Красноярского края. В качестве добавки к бурому углю использовались отходы лесопиления, а именно древесная щепа (ЛПК «Дзержинское», Томская область).

В качестве связующего для брикетов применялся клей ПВА на водной основе. Выбор связующего обоснован из-за относительно конкурентной себестоимости, по сравнению с такими аналогами как: силикатный клей, клей на основе природных загустителей и др. Связующее экологически безопасное и доступное в связи с достаточно большим количеством предприятий в РФ, которые занимаются его производством и поставками. Основное преимущество связующего не токсичность для человека и окружающей среды, в том числе и при сжигании.

Опытным путём было установлено оптимальное количество связующего. Для экспериментального сжигания топливной композиции на основе угля и биомассы были подготовле-

ны брикеты из измельченного угля массой 500 г, и древесной щепы массой 500 г и связующего.

На первом этапе экспериментальных исследований определялись технические характеристики исследуемых топливных композиций. Результаты исследований приведены в табл. 1

Таблица 1. Результаты исследование теплотехнических характеристик полученной топливной композиции

Топливо	Теплотехнические характеристики			
	$A_r, \%$	$W, \%$	$V_{daf}, \%$	$Q_p^H, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
Уголь 50 % / Древесная щепа 50 %	2,72	8,05	76,36	22,84

Следующим этапом экспериментальных исследований было сжигание подготовленных топливных композиций с целью определения их эффективной теплоотдачи.

Перед испытанием были выполнены подготовительные работы слоевого котла Прометей ЭКО 25 кВт: подготовлено оборудование для измерения температуры дымовых газов и температуры в слое; выполнена проверка работоспособности и достоверности показаний штатных контрольно-измерительных приборов; установлен газоанализатор «Тест-1» и датчик температуры по тракту дымовых газов; выполнена подготовка котла к работе в номинальном режиме – очистка зольника, чистка внутренних поверхностей, экранов от угольной пыли.



Рис. 1. Типичные фотографии проведения испытаний котла

На втором этапе выполнялось сжигание смесового топлива и изучение технического паспорта водогрейного котла. Полученные результаты приведены в табл. 2.

На третьем этапе выполнялся расчет КПД слоевого котла Прометей ЭКО 25 кВт. Результаты приведены ниже.

Формула расчета КПД котла по прямому балансу [3]:

$$\eta_k = \frac{Q_k}{Q_p^H \cdot B_p},$$

где Q_k – теплопроизводительность котла, кДж; Q_n^p – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

$$Q_k = c_p G_T (t_{\text{вых}} - t_{\text{в}}) = 3,26 \cdot 1,8 \cdot (32,5 - 26,7) = 34,03 \text{ кДж};$$

где c_p – теплоемкость теплоносителя (этиленгликоль),

$$\eta_k = \frac{Q_k}{Q_n^p \cdot B_p} = \frac{34,03}{19,75 \cdot 1,972} = 0,874.$$

Таблица 2. Результаты экспериментальных измерений параметров котлоагрегата при сжигании топливных-композиций

Расход топлива	$B_p = 1,972 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$
Температура теплоносителя на входе	$t_{\text{т.н.в.}} = 26,7 \text{ }^\circ\text{C}$
Температура теплоносителя на выходе	$t_{\text{т.н.вых.}} = 32,5 \text{ }^\circ\text{C}$
Температура дымовых газов	$T_{\text{дым}} = 53,5 \text{ }^\circ\text{C}$
Температура в слое	$T_{\text{сл}} = 718,34 \text{ }^\circ\text{C}$
Низшая теплота сгорания	$Q_n^p = 19,75 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
КПД	$> 80 \text{ \%}$ (по паспорту)
Расход теплоносителя через котел	$G_T = 1,8 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ (по паспорту)
Теплоноситель	Этиленгликоль

Результаты экспериментальных исследований сжигания топливных композиций на основе бурого угля в смеси с отходами лесопиления в равных по массе соотношениях (уголь / древесина) показали свою достаточную эффективность. По результатам испытаний КПД котлоагрегата составил более 87 %, что является сопоставимым с КПД твердотопливных котлоагрегатов, сжигающих традиционные угли. Испытания подтвердили перспективность применения топливных композиций на основе низкосортного угля и отходов лесопиления в энергетических котлах малой мощности без существенных потерь в энергетических показателях, но с существенно более низкими показателями зольности и вредных выбросов в окружающую среду.

Таким образом, выполненные натурные испытания топливных композиций на основе измельченного угля в смеси с отходами лесопиления в виде брикетов подтверждают целесообразность применения таких топлив для котельных установок малой мощности, что открывает перспективы для их более широкого применения с целью производства тепла для жилых и промышленных объектов.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках проекта ПИШ-НИР-2024-011.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Influence of Grinding Methodology and Particle Size on Coal and Wood Co-Combustion via Injection Flame Opening Angle / S. Yankovsky, A. Misyukova, A. Berikbolov, M. Vagner, N. Yankovskaya // Energies, MDPI. – 2023. – No. 16(11). – P. 4469.
2. Analysis of the Characteristics of Bio-Coal Briquettes from Agricultural and Coal Industry Waste / A. Nikiforov, A. Kinzhbekova, E. Prikhodko, A. Karmanov, S. Nurkina // Energies, MDPI. – 2023. – V. 16(8). – P. 1–16.
3. Акимов Ю.И., Васильев А.В., Антропова Г.В. Тепловой расчет котлоагрегатов // Саратовский государственный технический университет, 2006. – С. 95. ISBN5-7433-0033-X