

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ)



Сибирская генерирующая компания (СГК)
ООО «ПроЭнергоМаш-Проект»
ООО НПО «СибЭнергоАльянс»
ОАО БФ ТКЗ «Красный котельщик»

ISSN

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ КОТЛОСТРОЕНИЯ

**Материалы международной научно-практической конференции
студентов и аспирантов**

16 марта 2017 г.

Барнаул, 2017

УДК 621.1

ББК

С

С15 **Современные тенденции котлостроения:** Материалы международной научно-практической конференции студентов и аспирантов / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2017 – 155 с.

Представлены материалы международной научно-практической конференции студентов и аспирантов «Современные тенденции котлостроения» (16 марта 2017 г.). Направления работы конференции: 1) Актуальные проблемы и современные тенденции развития котлостроения; 2) Инновационно-технологическое обеспечение котлостроения; 3) Математическое и компьютерное моделирование в котлостроении; 4) Автоматизированное проектирование в котлостроении; 5) Котлы специальных конструкций.

Издание предназначено для научных и инженерно-технических работников, а также для аспирантов, магистров и бакалавров технических вузов.

Главный редактор: Жуков Е.Б. – к.т.н., заведующий кафедрой «Котло- и реакторостроение» АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

Редакционная коллегия:

Фурсов И.Д. – к.т.н., профессор кафедры «Котло- и реакторостроение» АлтГТУ им. И.И. Ползунова;

Меняев К.В. – доцент кафедры «Котло- и реакторостроение» АлтГТУ им. И.И. Ползунова;

Паутова Е.Е. – ассистент кафедры «Котло- и реакторостроение» АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

Полные тексты статей доступны на сайте <http://elibrary.ru>.

ISSN

© Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Жуков Е.Б. Первая международная научно-практическая конференция студентов и аспирантов	5
Алиаров Б.К., Мергалимова А.К.О преимуществах использования газа для растопки котлоагрегатов	7
Бородни Р.Г., Супрун Н.Ю., Устинов В.А., Меньев К.В., Паутова Е.Е. Использование кородревесных отходов в подогрейных котлах	11
Гаврии Н.С., Лебедев А.С., Жуков Е.Б., Меньев К.В. Технология сжигания древесных топлив и древесных отходов	16
Илясова А.С., Любимова Л.Л., Фисенко Р.Н., Кулеш Р.Н. Распределение микротвердости в сварном узле из разнородных сталей	23
Карманов А.Е., Никифоров А.С., Мусабеков Р.А. Исследование предела прочности огнеупорных и теплоизоляционных материалов при повышенных температурах	28
Кокшарев О.М., Гиль А.В. Анализ применения численных алгоритмов для решения задач моделирования топочной среды в котлах с циркулирующим кипящим слоем	31
Красилов К.А., Меньев К.В. Проблемы сжигания лужки подсолнечника в паровых котлах	39
Крюков Д.А., Воронцова Е.С. Обобщенное представление работы с энергетическим топливом на крупных объектах энергетики	46
Лихач С.А., Кулеш Р.Н. Илясова А.С. Методология оценки пригодности к утилизации золошлаков ТЭС	49
Назаров А.А., Жуков Е.Б., Таймасов Д.Р., Меньев К.В. Автоматические угольные котлы	55
Паутова Е.Е., Гладких А.А., Жуков Е.Б., Меньев К.В. Система удаленной диспетчеризации на примере модульной котельной установки	65
Пузырев М.Е., Лихачева Г.Н. Котел с вихревой топкой для сжигания лужки подсолнечника	70
Рыбалов В.Е., Меньев К.В., Паутова Е.Е. Обеспечение отрасли энергомашиностроения и общественного транспорта экологически чистым топливом и проблемы его производства и адаптация технических и экономических систем к данной инновации	74
Сарсембеков Е.К., Меньев К.В. Явление псевдооживления в работе экспериментальной установки FB-2	77

Таймасов Д.Р., Пермиков Е.Е., Сеначин П.К. Моделирование процесса газификации угля в газогенераторе плотного слоя обращенного процесса	85
Тиханов М.В., Мениев К.В., Паутова Е.Е. Применение САПР для решения прочностных задач в котлостроении	93
Тихонов Е.В., Мениев К.В., Паутова Е.Е. Твердые бытовые отходы как альтернативный источник энергии приемлемый для массового использования жителями и организациями города Барнаула	100
Туманов М.С., Любимова Л.Л. Рентгенодilatометрические исследования сплава циркония Э-125 в процессе термодублирования в вакууме	105
Филин А.Ю., Барташук Е.Г., Глушаков А.М., Межов Е.А. Модернизация котлов БКЗ-75-39ФБ с установкой муфельизированных предтопок	112
Хуторненко С.Н. Развитие технологии ступенчатого подогрева конденсата в котлах-утилизаторах для парогазовых энергоблоков	121
Часовских А.А., Мениев К.В., Паутова Е.Е. Пути минимизации потерь тепловой энергии, повышение энергетической эффективности теплоснабжающих организаций	134
Шан А.К., Приходько Е.В. Анализ влияния длительности горения топливных брикетов на экономичность работы котлов	138
Шевцов А.П., Мениев К.В., Паутова Е.Е. Применение водоугольного топлива на Алтайской КЭС	143
Шпехт А.В., Тиханов М.В., Жуков Е.Б., Мениев К.В., Паутова Е.Е. Использование сельскохозяйственных отходов в водогрейных котлах	147
Щедров Е.А., Визгавлюет Н.В. Исследование образования оксидов азота в топочной камере котла БКЗ-320-140 от избытка воздуха	151

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ НА ЭКОНОМИЧНОСТЬ РАБОТЫ КОТЛОВ

А.К. Шап, Е.В. Приходько

Павлодарский государственный университетим. С. Торайгырова
г. Павлодар, Казахстан

Ключевые слова: топливные брикеты, длительность горения, энергоэффективность

Аннотация. В статье производится анализ эффективного использования топливных брикетов из возобновляемых материалов в теплогенерирующих установках.

При использовании топливных брикетов из возобновляемых органических материалов важным является вопрос о длительности горения топлива. Топливные брикеты по калорийности соответствуют некоторым углям. Но при этом, их плотность значительно ниже, а пористость выше. В связи с чем, при сжигании брикетов в котлах малой и средней производительности возникает вопрос об эффективном использовании этого топлива.

Скорость горения конкретного вида топлива зависит от многих факторов, и для дальнейших разработок было решено провести исследования зависимости скорости сгорания топлива от времени. Для сравнения скорости горения различных видов твёрдых топлив необходимо создать одинаковые условия их сжигания. Кроме того, созданные условия должны быть максимально приближены к условиям горения в реальной теплогенерирующей установке.

Это производится, например, при использовании образцов определенной формы и строго нормированного размера и сжигании их в нормированных условиях [1, 2]. Данные методики определяют скорость горения топлива в мм/с (дюйм/с) и применяются для определения параметров горения твёрдого ракетного топлива.

Для исследований горения топлива в котлах малой и средней мощности данный способ неприменим, т.к. условия сжигания топлива, указанные в литературе значительно отличаются от реальных условий. Для того, чтобы узнать реальную скорость горения кусков топлива (и брикетов) необходимо создать условия, идентичные горению топлива на колосниковой решётке котла. Для этого была создана физическая

модель топочной камеры котла и проведены замеры скоростей ряда образцов топлива [3].

Для исследования длительности горения твёрдых топлив были выбраны следующие виды образцов:

- топливные брикеты из опавшей листвы. Давление прессования – 15 МПа.

- навески сухой древесины: бук и сосны;

- уголь Экибастузский.

Топливные брикеты. Средняя скорость горения брикетов составила 1,271 гр/мин (среднее время горения 35 мин 22 сек; масса навесок около 44,8 гр., средняя плотность 953 кг/м³).

Древесина (бук и сосна). Для сравнения скоростей горения были изготовлены образцы древесины в форме цилиндров (аналогично форме брикетов). Разная скорость горения (бук – 1,05 гр/мин; сосна – 1,115 гр/мин) объясняется плотностью образцов: плотность бука 708 кг/м³; плотность сосны 422 кг/м³.

Уголь Экибастузский. Горение угля в слое достаточно подробно описано в литературе [4], поэтому останавливаться на стадиях горения не имеет смысла. Ограничимся лишь измеренной нами конечной цифрой: средняя скорость горения Экибастузского угля 0,207 гр/мин.

Таким образом, при сжигании килограмма рассматриваемых брикетов выделяется столько же теплоты, как и при сжигании килограмма Экибастузского угля, но при этом, время горения брикетов в пять раз меньше. Таким образом, если использовать котёл, предназначенный для сжигания угля, при сжигании брикетов, получаем ситуацию, когда котёл работает с повышенной температурой уходящих газов (т.е. с высокими потерями q_2) и сниженным КПД.

Рассмотрим, что же предлагают производители топливных брикетов и пеллет в таких случаях. Во-первых, производители рекомендуют уменьшение притока воздуха до минимума для длительного горения. После того как дом нагреется до нужного уровня рекомендуется прикрыть дверку зольника, или шибер притока свежего воздуха. Этим снижается скорость горения, а значит, увеличивается длительность. Горение при этом, переходит в долгое устойчивое тление, поддерживающее комфортную температуру в доме. Продолжительность горения в режиме тления увеличивается в 2–3 раза [5]. Комментируя данные рекомендации можно сказать, что длительность горения действительно будет дольше, но при этом:

- режим тления идёт с образованием недожога (CO, а не CO₂ – как при горении с достаточным количеством кислорода). Это влечёт за

собой значительное увеличение химического недожога (q_3) и, как следствие, снижение КПД котла в целом;

- повышенные выбросы вредных веществ вследствие хим. недожога;

- отложение сажи (недогоревших частиц) в газоходах.

Таким образом, эта рекомендация неприемлема со всех сторон: экологической, экономической и эксплуатационной.

Во-вторых, для увеличения продолжительности горения и поддержания постоянного жара рекомендуется проводить процесс горения с неполной закладкой и подкладывать каждый час по 15-20 брикетов [6].

Это более приемлемый с технической точки зрения выход. Но потребителям важно именно длительное горение топлива на одной закладке, а не постоянное подкидывание топлива в топку (особенно в ночное время). Ну, и кроме того, при неполной загрузке топки возможно, что не вся газовая фаза сгорит полностью: нужна еще высокая температура на всем пути горения. В данном случае возможна ситуация, когда при неполной загрузке горючие газы, выделяющиеся при нагреве топлива, ударяются о холодные стенки котла, частично гаснут и уносятся в трубу, что также приводит к химическому недожогу.

В соответствие с вышесказанным нами были разработаны рекомендации по оптимизации использования топлива из органических отходов в котлах малой и средней мощности.

Во-первых, рекомендации касаются стадии проектирования. При сжигании в котле брикетов топочная камера должна отличаться размерами. Брикеты (как и дрова) горят длинным пламенем, которое зачастую уходит за пределы топки, в связи с чем, чтобы максимально отобрать тепло из зоны горения котел должен иметь длину больше чем длина пламени. На угле котел обычно размерами меньше и котёл более компактной.

Во-вторых, подача кислорода для горения.

Для котлов средней мощности рекомендуется установить газоанализатор и добиваться «экономичного» содержания кислорода на выходе из котла (около 5 %) путём регулирования подачи воздуха.

Ожидать от владельцев котлов малой мощности установки газоанализатора (хотя бы простейшего с датчиком по O_2) нереально, так как это требует денежных затрат. Поэтому в рекомендациях отметим, что регулировать количество подаваемого воздуха (открытие поддува) можно ориентируясь на цвет пламени.

В-третьих, установка в системе отопления теплового аккумулятора.

Котельные установки, работающие на топливных брикетах, не могут работать долгое время без вмешательства человека, который должен периодически загружать в топку топливо. Если этого не сделать, теплоноситель начнет остывать, температура в доме будет понижаться. Кроме того, при наличии в системе циркуляционного насоса, в случае отключения электроэнергии при полностью разгоревшейся топке появляется опасность вскипания теплоносителя в рубашке агрегата и последующее ее разрушение. Все эти проблемы можно решить, установив тепловой аккумулятор для котлов отопления.

Роль аккумулятора теплоты в общей схеме отопления следующая: в процессе работы котла в штатном режиме накапливать тепловую энергию, а после прогорания топлива отдавать ее радиаторам в течение определенного промежутка времени. Конструктивно тепловой аккумулятор для твердотопливного котла представляет собой утепленную емкость для воды расчетной вместительности. Она может устанавливаться как в помещении топочной, так и в отдельной комнате дома.

Преимущества ее использования на лицо:

- постоянная работа котла с максимальной экономичностью;
- увеличение времени между дозагрузками котла;
- возможность использования котла летом исключительно на нужды горячего водоснабжения;
- возможность использования в системе отопления любого котла, даже с мощностью в разы превышающей теплотери здания;
- защита от закипания и разрушения водяной рубашки котла;
- отсутствие подвижных механических частей и каких-либо химических процессов;
- статичность работы (высокая надежность и долговечность);
- исключена подача холодной воды из обратного трубопровода в раскаленный чугунный теплообменник после внезапного включения циркуляционного насоса.

Список литературы

- 1 Способ определения скорости горения твердого ракетного топлива. Патент 2267636 РФ, МКИ F02K9/96
- 2 В. Вейше, Дж. Венюград. Расчёт скоростей горения твёрдого топлива на основе кинетики разложения конденсированной фазы / Физика горения и взрыва. – 2000. – Т. 36. – №1. – С. 138–148.

3 Приходько Е.В., Кинжибекова А.К., Шан А.К. Исследование длительности горения топливных брикетов из органических отходов / Эпоха науки. – 2016. №8. – С. 345-351.

4 Аскарова А. С., Мессерле В. Е., Устименко А. Б., Болегова С. А., Максимов В. Ю., Бекмухамет А. Численное моделирование горения твердого топлива. VIII Всероссийская конференция с международным участием «Горение твердого топлива» Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН, 2012. – С. 101–107.

5 «Экодрев Плюс» - Преимущества очевидны [Электронный ресурс] URL: <http://ecodrevplus.ru/home.html>

6 Что такое брикет из древесного угля или древесноугольный брикет? [Электронный ресурс] URL: <http://ru-bio.ukrbio.com/ru/articles/4099/>