

3. Марков В.И., Волкова Н.И. Торф – возобновляемый ресурс у нас под ногами // Экология и промышленность России. – 2014. – № 1. – С. 58–60.
4. Fagnäs L., Kuoppala E., Arpiainen V. Composition, utilization and economic assessment of torrefaction condensates // Energy & Fuels. – Vol. 29. – 2015. – P. 3134–3142.
5. Табакаев Р.Б., Казаков А.В., Загорин А.С. Термическое обогащение низкосортного твердого топлива // Химия твердого топлива. – 2015. – № 5. – С. 3–9.
6. Табакаев Р.Б. Теплотехнология получения твердого композитного топлива из низкосортного органического сырья: Автореферат ... дис. канд. техн. наук. – Красноярск: СФУ, 2015. – 20 с.
7. Зайченко В.М. Повышение потребительских свойств твердого топлива из биомассы // Энергосбережение. – 2014. – № 3. – С. 66–68.

Научный руководитель: Р.Б. Табакаев, к.т.н., инженер-исследователь, кафедры ПГС и ПГУ ЭНИН ТПУ.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАСТОПКИ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ**

<sup>1</sup>А.А. Лебедев, <sup>2</sup>А.И. Артамонцев  
<sup>1,2</sup>Томский политехнический университет  
ЭНИН, ПГС и ПГУ, <sup>1</sup>группа 5ВМ5А.

В настоящее время одной из актуальных проблем мировой энергетики является снижение доли мазута и газа, используемых для растопки пылеугольных котлов. А также применение низкосортных углей в качестве топлива [1]. Совместное сжигание угля и обладающего более высокой реакционной способностью мазута с различными избытками воздуха ухудшает эколого-экономические показатели котлов: на 10-15 % повышается мехнедожог топлива и на 2 – 5 % снижается КПД-брутто, возрастает скорость высокотемпературной коррозии экранных поверхностей и снижается надежность эксплуатации котельного оборудования; на 30 – 40 % увеличивается выход оксидов азота и серы; появляются выбросы канцерогенной пятиоксида ванадия [2].

Известные методы по снижению расхода мазута при сжигании углей (реконструкция горелочных устройств, отдельное и смешанное сжигание угля и подсветочного топлива (мазута), высокий подогрев воздуха и пылевоздушной смеси, утонение помола и др.) не решают проблему сокращения высокорекреационного топлива, особенно на стадии растопки котла [2].

Отсюда и появляется весьма актуальная проблема тепловой энергетики: снижение доли мазута в топливном балансе пылеугольных тепловых электростанций (ТЭС). Решение данной проблемы невозможно на базе традиционных технологий топливоиспользования, которые в основном исчерпали себя как в техническом, так и в эколого-экономическом аспектах [3].

Для повышения эффективности использования твердых топлив, а также снижения доли мазута и природного газа в топливном балансе тепловых электростанций и снижения вредных пылегазовых выбросов были разработаны плазменно-топливные системы (ПТС), которые используются для безмазутной растопки котлов, подхвата и стабилизации горения пылеугольного топлива. К тому же актуальность данной технологии в последнее время только возрастает, в связи с тем, что цены на газ и мазут значительно выше цен на уголь [4].

Работа системы безмазутной растопки котла основана на нагреве и воспламенении угольной пыли низкотемпературной плазмой – нагретым ионизированным газом с температурой 3000 – 5000 °С. В основе технологии плазменного безмазутного розжига лежит плазменная термохимическая подготовка топлива к сжиганию. В результате такой подготовки часть потока пылеугольной аэросмеси, поступающей в горелку, взаимодействуя с плазмой, воспламеняется, и, окисляясь в первичном воздухе, нагревает остальную аэросмесь до температуры выхода летучих. Дефицит окислителя в первичном воздухе обеспечивает окисление углерода коксового остатка угля по реакции  $2C+O_2=2CO$ . В результате в топку котла поступает топливная смесь (горючий газ + коксовый остаток) с температурой 1200 К и выше, горение которой продолжается при взаимодействии с кислородом вторичного воздуха без использования растопочного топлива (мазута).

Низкотемпературную плазму получают в генераторах плазмы – плазмотронах. В плазменной системе безмазутной растопки котла используются плазмотроны постоянного тока двухкамерной схемы, в которых плазмообразующим газом является сжатый воздух. Такой плазмотрон имеет два электрода – анод и катод, разделенные изолятором. В плазмотроне имеются два завихрителя плазмообразующего воздуха. Первый поток воздуха, проходящий через катодный завихритель движется в сторону анода. Второй поток воздуха, проходящий через анодный завихритель, поступает в межэлектродный зазор, и в дальнейшем движется вдоль стенки катода навстречу первому потоку. В зоне встречи потоков происходит привязка дуги к поверхности катода. Направление закрутки потоков воздуха совпадают. После подачи напряжения с тиристорного преобразователя на электроды плазмотрона, в зазоре между электродами с помощью устройства запуска зажигается электрическая дуга. Вторым потоком воздуха дуга выдувается из межэлектродного зазора в разрядную камеру плазмотрона. Закрутка потоков воздуха обеспечивает быстрое движение приэлектродных участков дуги по окружности. В сочетании с интенсивным охлаждением внешней поверхности электродов водой это обеспечивает работоспособность электродов, несмотря на то что температура дуги может достигать 5000– 7000 К [5].

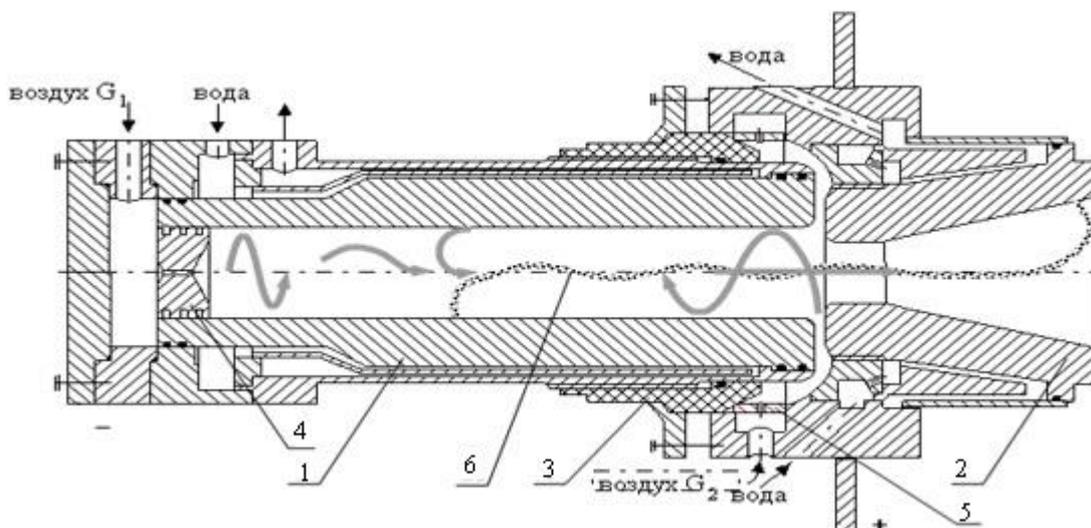


Рис. 3. Схема плазмотрона: 1 – катод плазмотрона; 2 – анод; 3 – изолятор; 4 – завихритель катодный; 5 – завихритель анодный; 6 – электрическая дуга.

Простота конструкции плазмотронов продолжает привлекать к себе внимание исследователей. Для создания высокоэффективных плазмотронов различного технологического назначения требуется тщательное изучение основных физических процессов в электроразрядной камере, которые и определяют ресурс работы, стабильность горения дуги, высокий электрический и тепловой КПД. Разнообразные конструктивные решения позволяют создавать плазмотроны мощностью от нескольких киловатт до многих сотен киловатт, обеспечивающие нагрев любых газов и смесей [5].

Промышленные испытания плазменной стабилизации горения донецкого антрацитового штыба (АШ) проведены на котле ТП-230 Мироновской ГРЭС [6]. Выход летучих достигал 3 – 5 %. В двух вихревых горелках нижнего яруса были установлены коаксиальные плазмотроны с расходуемым графитовым катодом мощностью 400 кВт с камерами термохимической подготовки топлива (ТХПТ), куда подавалось 20 % аэросмеси от ее расхода на горелку. Температура пылеугольной смеси на выходе из обеих горелок была 1200 – 1300 К. Относительные затраты энергии на плазмотрон равнялись 1,5 – 2 %. Экономия мазута на подсветку составила 55 % [6].

Накопленный в ряде стран (США, Канада, Австралия, Китай, Северная Корея, Монголия, Россия, Казахстан, Украина) опыт промышленной эксплуатации плазмотронов, используемых на ТЭС для безмазутной растопки котлов, стабилизации горения пылеугольного факела и выхода жидкого шлака, подтвердили высокую энергетическую и эколого-экономическую эффективность плазменных технологий, в основе которых лежит применения низкотемпературной плазмы для ТХПТ [6].

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Карпенко Е.И., Мессерле В.Е., Устименко А.Б. Плазменные методы повышения эффективности использования твердых топлив. Вестник ВСГУТУ, 2014 г. №1, с. 31 – 43.

2. Плазменная безмазутная растопка котлов и стабилизация горения пылеугольного факела // М.Ф. Жуков, Е.И. Карпенко, В.С. Перегудов и др.; Под ред. В.Е. Мессерле, В.С. Перегудова. – Новосибирск: Наука. Сиб. Изд. Фирма РАН, 1996. – 304 с.
3. Мессерле В.Е. Состояние и перспективы освоения плазменных технологий безмазутного воспламенения углей в энергетике // Труды II Междунар. симпоз. По теоретической и прикладной плазмохимии. – Плес, 1995. – с. 192-195.
4. Мессерле В.Е., Устименко А.Б., Нагибина Н.Б., Матвеев В.А. Использование плазменно-топливных систем на пылеугольных тепловых электростанциях казахстана. VIII всероссийская конференция с международным участием «Горение твердого топлива», Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 13-16 ноября 2012 г., с. 61.2 – 62.6.
5. Научно-технические основы и опыт эксплуатации плазменных систем воспламенения углей на ТЭС // Е.И. Карпенко, М.Ф. Жуков, В.Е. Мессерле и др.; Под ред. В.Е. Мессерле, В.С. Перегудова. – Новосибирск: Наука. Сиб. Изд. Фирма РАН, 1998. – 133 с.
6. Введение в плазменно-энергетические технологии использования твердых топлив / Е.И. Карпенко, В.Е. Мессерле. – Новосибирск: Наука. Сиб. Предприятие РАН, 1997. – 119 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДУГОВОГО РАЗРЯДА В ВОЗДУШНОЙ АТМОСФЕРЕ**

<sup>1</sup>Е.В. Биятто, <sup>1</sup>К.К. Привалихина, <sup>2</sup>А.Я. Пак

<sup>1,2</sup>Томский политехнический университет

<sup>1</sup>ЭНИН, ЭСиЭ, группа 5АМ62

<sup>2</sup>ЭНИН, ЭПП

### **Введение**

Для утилизации промышленных отходов и создания новых материалов с заданными свойствами, широкое распространение в мире получили плазменные электро-технологические установки [1,2,3]. Стремительно развиваются электроискровые и электродуговые системы поджигания топлива и стабилизации горения [4], проводятся экспериментальные и теоретические исследования электроразрядных явлений [5,6].

Установки постоянного тока, доля которых в мире составляет порядка 87% [7] в классификации схожих систем по типу электропитания являются одной из основных разновидностей систем для генерации плазмы. В то же время, существует ряд недостатков современных электродуговых установок, а именно: влияние полярности подключения источника питания на процесс осуществления переноса массы с одного электрода на другой, сложность реализации равномерного распределения параметров плазмы, сложность в распространении и удержании плазменного факела в значительном объеме части объема реактора,