

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ПМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

2 2014

Научный журнал Павлодарского государственного университета
имени С. Торайгырова

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации

№ 14310-Ж

выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия

Республики Казахстан

17 апреля 2014 года

Кислов А.П., к.т.н., доцент (главный редактор);
Лышков Ю.А., к.т.н., доцент (зам. гл. редактора);
Акаев А.М., магистр (отв. секретарь);

Редакционная коллегия:

Алиферов А.И., д.т.н., профессор, зав. каф. НГТУ (г. Новосибирск, Россия);
Бороников Ю.С., к.т.н., профессор Национального исследовательского
ТПУ, проректор-директор Энергетического института (г. Томск, Россия);
Глизырин А.И., д.т.н., профессор;
Горюнов В.Н., д.т.н., профессор ОмГТУ, директор Энергетического
института (г. Омск, Россия);
Говоруи В.Ф., д.т.н., профессор;
Захаров И.В., д.т.н., профессор;
Клецель М.Я., д.т.н., профессор;
Никифоров А.С., д.т.н., профессор;
Тастенив А.Д., к.т.н., доцент;
Хандзевский В.Ф., д.т.н., профессор;
Нурсокина Б. В. (тех. редактор).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.

Мнение авторов публикаций не всегда совпадает с мнением редакции.

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов.

Рукописи и дискиеты не возвращаются.

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна.

© ПГУ им. С. Торайгырова

СОДЕРЖАНИЕ

Аринов Е. Некоторые прикладные задачи математической тектоники	9
Аринов Е., Испулов Н. А. Определение основного напряженно-деформированного состояния двухслойного сферического тела	12
Айсаев С. У., Аринов Е., Диярова Л. Д. Термический способ очистки амбарной нефти и нефтешлама	17
Алтыбасаров К. М. Определение эффективных ветроэлектрических установок, для регионов Северного Казахстана, в среде MATLAB (часть первая).....	28
Алтыбасаров К. М. Определение эффективных ветроэлектрических установок, для регионов Северного Казахстана, в среде MATLAB (часть вторая).....	37
Анарбаев А. Е., Молдахметов С. С. Система слежения за параметрами солнечного модуля	46
Булыга Л. Л., Булыга Л. Л., Сагидулла Д. С., Кислов А. П., Талипов О. М., Марковский В. П. Энергетическое обследование АО «Станция Экибастузская ГРЭС-2»	54
Булыга Л. Л., Булыга Л. Л., Сагидулла Д. С., Талипов О. М., Кислов А. П., Кибартас В. В. Энергетическое обследование системы водоснабжения и водоотведения ОАО «Омскводоканал»	68
Волошанин О. Г., Марковский В. П., Акаев А. М. Экономические аспекты развития возобновляемой энергетики в Казахстане	76
Говорун В. Ф., Говорун О. В., Говорун Д. В., Акаев А. М., Падруль Н. М., Аяганов А. Н., Жарасов С. С. Эффективность работы электропередачи при двухсторонней стабилизации напряжения	81
Есхожин Д. З., Ахметов Е. С., Нукешев С. О. Теоретические и экспериментальные зависимости параметров чистика самоочищающегося высевающего аппарата	92
Зубарев А. В., Никифоров А. С., Приходько Е. В. Контроль качества сжигания органического топлива в топках котлоагрегатов	101
Исабеков Д. Д., Марковский В. П. Расширение возможностей применения микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики энергосистем	105
Кислов А. П., Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К. Необходимость применения аккумуляторных накопителей в электроснабжении на основе возобновляемых источников	112

УДК 62-533.6

А. В. Зубарев, А. С. Никифоров, Е. В. Приходько

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СЖИГАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА В ТОПКАХ КОТЛОАГРЕГАТОВ

В настоящей статье приводятся способы использования явления возникновения заряженных частиц при горении органического топлива.

Тот факт, что пламя, образующееся при сжигании органического топлива, обладает свойствами, проявляющимися в электромагнитном поле, известен давно. Это объясняется существованием в пламени заряженных частиц - ионов и электронов.

Несмотря на большое количество работ, посвящённых воздействию электромагнитных полей на пламя, нет чётких зависимостей и закономерностей в полученных результатах. Во многом это объясняется отсутствием теоретической базы в отношении данного вопроса. Данных об электрических, магнитных и энергетических константах частиц, находящихся в пламени при горении органического топлива, а также о протекающих при этом процессах, не говоря уже о такой сложной суперпозиции полей, как электрическое, температурное и концентрационное в настоящее время нет. Таким образом, наука в этом вопросе развивается методом эмпирического исследования.

Значительные исследования влияния электромагнитного поля на пламя были проведены А.Э. Малиновским. Им были проведены исследования по влиянию продольных и поперечных электромагнитных полей на изменение скорости горения и скорости распространения пламени [1]. Опыты показали также возможность гашения пламенем электрическим полем [2, 3].

Таким образом не вызывает сомнения значительное влияние электромагнитного поля на заряженные частицы, возникающие в процессе горения органического топлива.

Рассмотрим процесс образования заряженных частиц при горении. Ионизация газов требует существенных затрат энергии. Потенциалы ионизации большинства атомов и молекул углеводородных топлив находятся в пределах от 4 до 20 эВ.

Из множества процессов, ведущих к ионизации, наиболее значимыми являются высокая температура (ионизация при столкновении), передача

электрона, ионизация при передаче энергии возбуждения и хемоионизация. При горении углеводородных топлив имеют место все вышеперечисленные виды ионизации. Кроме того, многие возникающие в процессе сгорания частицы, способны образовывать отрицательные ионы.

Считается, что в случае столкновения молекул (частиц) с электронами ионизация молекул (частиц) начинается с момента, как только энергия электронов превысит потенциал ионизации. Максимальная эффективность ионизации для молекул CO, NO, O₂, C_nH_m, H₂ и других достигается при энергии электронов примерно 100 эВ [4].

Хемоионизация возникает при химической реакции, в результате которой выделяется энергия, вызывающая ионизацию исходных частиц (экзотермическая реакция).

При сгорании углеводородных топлив сильное влияние на ионизацию пламени оказывает термоэлектронная эмиссия. Это явление возникает при высоких температурах, когда энергия электронов становится достаточной для того, чтобы они могли покинуть поверхность твердых частиц. В результате термоэлектронной эмиссии частицы приобретают положительный заряд. Авторы [5] приводят данные, что при температуре 1880 °С, вследствие эмиссии электронов с поверхности частиц углерода за время не более 10⁻³ мс создается равновесная концентрация электронов, достигающая 1010 электрон/см³.

Экспериментальные данные показывают, что наиболее вероятным механизмом является хемоионизация. Таким образом, явление возникновения заряженных частиц при горении органического топлива может найти реальное применение в промышленности.

Рассмотрим два варианта применения. Первое - поскольку концентрация заряженных частиц в пламени достаточно высокая, представляется возможным воздействовать на эти частицы с помощью электромагнитного поля. Тем самым возможно управление геометрическими размерами пламени, интенсивностью его горения и др. При этом, как уже было отмечено, при определённых параметрах процесса горения и электромагнитного поля возможно гашения пламенем электрическим полем.

Вторая сфера применения данного явления – использование электронно-ионных явлений, сопровождающих процесс горения органического топлива, для оперативного контроля процесса горения по электрическому потенциалу факела.

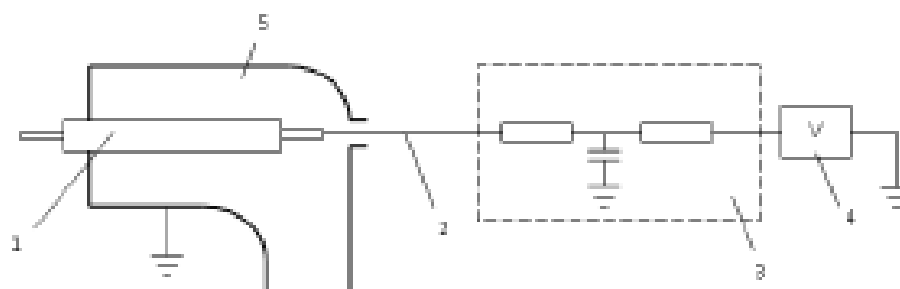
Это даёт возможность определять функциональную связь между параметрами, характеризующими процесс горения и его электрический потенциал (φ):

$$q_n = f_i(\varphi).$$

Сложность механизма процесса горения топлива и его математического описания предопределили метод исследования – физическое моделирование. Один из методов измерения электрического потенциала пламени, основанный на возникновении разности потенциалов на нагрузочном сопротивлении, включенном между электродами без наложения внешней ЭДС [6, 7]. Учитывая, что величина этой разности потенциалов пропорциональна концентрации заряженных частиц, сопровождающих процесс горения, можно предположить, что она достигает своего максимума при минимуме q_+ . Исследования на лабораторной установке с горелкой пропан-бутан-воздушного пламени показали, что между потенциалом, градиентом концентрации продуктов горения и их температурой определена взаимосвязь, что особенно проявилось между величиной электрического потенциала пламени в локальной точке и градиентом концентрации в ней одного из продуктов неполного горения, окиси углерода.

При диффузионном принципе смешивания газообразного топлива измерения проводились однозондовым датчиком при различных числах Рейнольдса газовой смеси и переменных значениях коэффициента расхода воздуха $Re = var$; $\alpha = var$. Выявление основных закономерностей в процессе исследований позволило сделать вывод о наиболее репрезентативной области в объёме факела, где значения величин электрического потенциала мало зависят от тепловой нагрузки горелочного устройства, а в основном от качества сжигания топлива.

Промышленные испытания можно проводить с помощью однозондовых неохлаждаемых датчиков различных конструкций. Измерительная схема такого неохлаждаемого датчика представлена на рисунке 1.



1 – неохлаждаемый датчик; 2 – сигнальный кабель; 3 – интегрирующая цепочка RC; 4 – цифровой вольтметр; 5 - горелка

Рисунок 1 – Измерительная схема по определению электрического потенциала факела

Неохлаждаемый датчик устанавливался соосно в горелочном устройстве на определённом фиксированном расстоянии от амбразуры. Температура неохлаждаемого датчика контролируется термопарой. В процессе испытаний

системы, контроль за механическим недожёгом топлива определяется по стандартной методике по относительной убыли веса пробы золы, отбираемой из газохода котлоагрегата за второй ступенью воздухоподогревателя (или перед электрофильтром).

Выводы:

1. Использование электронно-ионных явлений, сопровождающих процесс горения жидкого и пылеугольного топлива в топках котлоагрегатов даёт возможность оперативного и непрерывного контроля качества сжигания топлива по величине механического недожёга топлива, как для отдельного горелочного устройства, так и для котла в целом.

2. По максимальной величине электрического потенциала φ_{max} регулировать и оптимизировать соотношение топливо-воздух при изменении нагрузки котлоагрегата или качества топлива.

3. Контролировать режим растопки котлоагрегата на основе электрического потенциала факела как при переходе с сжигания жидкого на твёрдое топливо.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Малиновский, А. Э., Лавров, Ф. А.** О влиянии электрического поля на процессы горения в газах. //ЖФХ. -1931. – т.2, в.3-4. – с. 530-534.

2 **Малиновский, А. Э., Россихин, В. С., Тимковский, В. П.** Влияние частоты электрического поля на скорость горения газов. //ЖЭТФ. -1934. – т.4, в.2. – с. 208-214.

3 **Малиновский, А. Э., Наугольников, Б. И., Ткаченко, К. Т.** Исследование ионизации и давления на фронте взрывной волны. Взрывная волна преддетонционного периода. //ЖЭТФ. -1936. – т.6, -в.3. – с. 287-290.

4 **Гарифзянов, А. Р.** Эмиссионная фотометрия пламени и атомно-абсорбционная спектроскопия. – Казань. Казан. Гос. ун-т им. В.И. Ульянова-Ленина, 2009. – 94 с.

5 **Степанов, Е. М., Дьячков, Б. Г.** Ионизация в пламени и электрическом поле. – М. : Metallurgy, 1968. – 312 с.

6 **Филалков, Б. С., Щербаков, Н. Д.** Изучение влияния содержания кислорода в горючей смеси на тепло- и электрофизические параметры горения ламинарных углеводородных пламен. Физика горения и взрыва 1984, №2. – с. 60-63.

7 **Хесин, М. Я., Кваша, Н. В., Жирнов, Ф. Г.** Автоматическое управление горелками мощных котлоагрегатов. – М. : Энергия, 1979.



Павлодарский государственный университет

имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 30.05.14.

A. V. Zubarev, A. S. Nikiforov, E. V. Prikhodko

Органикалық отынның қазан агрегаттар оттықтарында жағу сапасын тексеру

С. Торайгыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 30.05.14 редакцияға түсті.

A. V. Zubarev, A. S. Nikiforov, E. V. Prikhodko

Quality control of the burning of fossil fuels in the furnaces of boilers

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 30.05.14.

Мақалада органикалық отынның жағу кезінде оқталған бөлшектердің пайда болу құбылысын пайдалану тәсілдері келтіріледі.

This article describes how to use the phenomenon of charged particles during the combustion of fossil fuels.

УДК 621.316.925.1

Д. Д. Исабеков, В. П. Марковский

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

В настоящей статье авторы предлагают применение микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики, как для расширения комплекса лабораторно-практических занятий, так и применения их на производстве в качестве тренажерных стендов.

Как известно большинство фирм производителей прекращают выпуск электромеханических реле и устройств и переходят на цифровую элементную базу. Переход на новую элементную базу не приводит к изменению принципов релейной защиты и электроавтоматики, а только расширяет её