

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАКРУЧЕННОГО ПОТОКА ВОЗДУХА НА ВЫХОДЕ МОДЕЛИ ПЫЛЕВИХРЕВОЙ ГОРЕЛКИ

В.В. Дробчик, А.М. Шилиев*, Г.Г. Волокитин*

Томский политехнический университет

*Томский государственный архитектурно-строительный университет

E-mail: drobchik@tpu.ru

Представлено исследование динамических характеристик закрученного потока воздуха на выходе экспериментальной модели пылевихревой горелки. Определена интенсивность смешивания нагретой прямооточной струи с холодным газом закрученного потока. Показано, что при соотношении расхода воздуха через розжиговой канал к внешнему закрученному потоку менее 0,3 область возвратных течений находится непосредственно на выходе пылевихревой горелки.

Ключевые слова:

Плазменное воспламенение, пылевихревая горелка, закрученный поток воздуха, прямооточная струя, розжиговой канал.

Key words:

Plasma ignition, pulverized-coal swirl burner, swirl air flow, uniflow stream, ignition channel.

Воспламенение и поддержание стабильного уровня горения низкосортных топлив (древесные отходы, низкорекреационные угли, торф) основано на использовании дополнительного топлива или применении устройств электродугового розжига [1, 2]. Преимущества применения устройств электродугового розжига заключаются в том, что они позволяют исключить дополнительное высококалорийное топливо на стадии розжига и поддержания стабильных условий горения [2–4].

Технология плазменного воспламенения основана на взаимодействии частиц топлива с высокотемпературным потоком электродуговой плазмы, при этом происходит первичная термохимическая подготовка топлива, резкий прогрев частиц, подаваемых на горение, интенсифицируется выход летучих составляющих, обеспечивающих стабильное горение факела.

Для эффективного использования энергии плазменного устройства при розжиге пылевидного твердого топлива необходимо разделение аэросмеси на две части: вспомогательный поток для проведения термохимической подготовки одной части топлива (розжиговой канал) и основной поток аэросмеси топлива, воспламенение которого происходит при смешивании с первым в топочной камере. Эффективность взаимодействия потоков и соответственно полнота сжигания топлива в топочном пространстве обеспечивается прецессирующим ядром на выходе пылевихревой горелки, создающимся за счет интенсивной закрутки основного потока.

При определении соотношения расходов воздуха при плазменном воспламенении низкосортного пылевидного твердого топлива в рамках теоретического исследования принималось во внимание, что температура на входе в центральный розжиговой канал составляет 1200 °С. В этих условиях при плазменном воспламенении пылевидного топлива происходит интенсивный выход летучих составляющих и частичная газификация коксового остатка топлива [2].

Такая активированная пылевоздушная смесь на выходе вихревой горелки эффективно воспламеняет основной поток аэросмеси в факеле. Во внешнем закручивающем канале температура достигает 100...300 °С, что объясняется подачей в систему пылеприготовления дымовых газов, которые подсушивают топливо, тем самым улучшая условия воспламенения и горения в топочном пространстве [5].

При выполнении эксперимента накладывались условия:

- коэффициент избытка воздуха на выходе пылевихревой горелки равен 1,2 [5];
- расход топлива через розжиговой канал не превышает 30 % от суммарного количества топлива, подаваемого на горение;
- коэффициент избытка воздуха в розжиговом канале равен 0,3.

Теоретические расчеты показали, что в условиях воспламенения аэросмеси высокотемпературным потоком электродуговой плазмы соотношение расходов воздуха через центральный и внешний каналы горелки составляет не менее 0,14. Данное соотношение расходов обеспечивает полноту сгорания топлива в топочном пространстве при взаимодействии внешнего закрученного потока и прямооточной струей розжигового канала.

Для исследования поведения зоны возвратных течений при взаимодействии прямооточной струи розжигового канала и закрученной струи основного потока аэросмеси, подаваемой на горение, изготовлена экспериментальная модель пылевихревой горелки (рис. 1).

В конструкцию пылевихревой горелки входит прямооточный розжиговой канал — 3, присоединяемый к системе плазменного розжига (длина 1120 мм и внутренний диаметр 62,2 мм). Снаружи установлен внешний кольцевой канал — 1 (наруж-

ный и внутренний диаметры кольцевого канала 88 мм и 143 мм, соответственно).

Закрутка воздушного потока второй ступени горелки осуществляется завихрителем – 2, состоящим из восьми лопаток толщиной 2 мм, установленных под углом 60° к оси горелки.

Конструктивный параметр крутки экспериментальной модели, рис. 1, равен 1,35. Полученное значение говорит о том, что при отсутствии расхода воздуха через центральный канал должна наблюдаться ярко выраженная рециркуляционная зона в факеле [6].

Для измерения поля скоростей и поля температуры потока воздуха за срезом вихревой горелки изготовлено координатное устройство, позволяющее перемещать измерительные датчики по осевой и радиальной координате и позиционировать их с точностью 1 мм. Для измерения осевой и окружной составляющих скорости газа предусмотрено поворотное устройство.

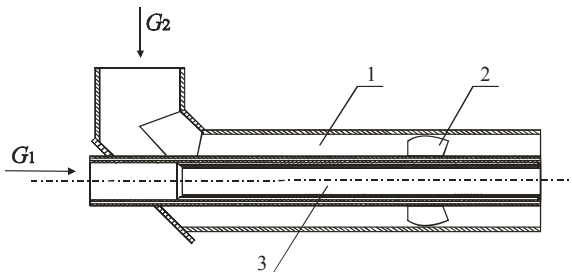


Рис. 1. Экспериментальная модель пылевихревой горелки: 1) внешний кольцевой канал; 2) лопаточный завихритель; 3) розжиговой канал. G_1 – расход воздуха первой ступени; G_2 – расход воздуха второй ступени

При изучении поведения зоны возвратных течений проводили измерения скорости воздуха на выходе пылевихревой горелки. Для определения интенсивности смешивания потоков измеряли температуру в потоке воздуха.

Исследование динамических характеристик закрученного потока воздуха основано на измерении осевых и окружных составляющих скорости. В ходе эксперимента трубкой Пито, установленной на координатном устройстве, проводили измерения максимальной скорости газа на различных расстояниях от среза вихревой горелки (начало координат).

Соотношение расходов изменялось в пределах от 0,18 до 0,50. Наиболее наглядным для иллюстрации взаимодействия потоков воздуха через каналы оказались соотношения расходов воздуха G_1/G_2 в диапазоне от 0,30 до 0,40, рис. 2.

Анализ полученных данных показывает, что при уменьшении соотношения расходов воздуха G_1/G_2 происходит прижатие прямооточной струи розжигового канала к соплу горелки. С увеличением G_1/G_2 область возвратных течений смещается от устья горелки, что может привести к отрыву горящего факела.

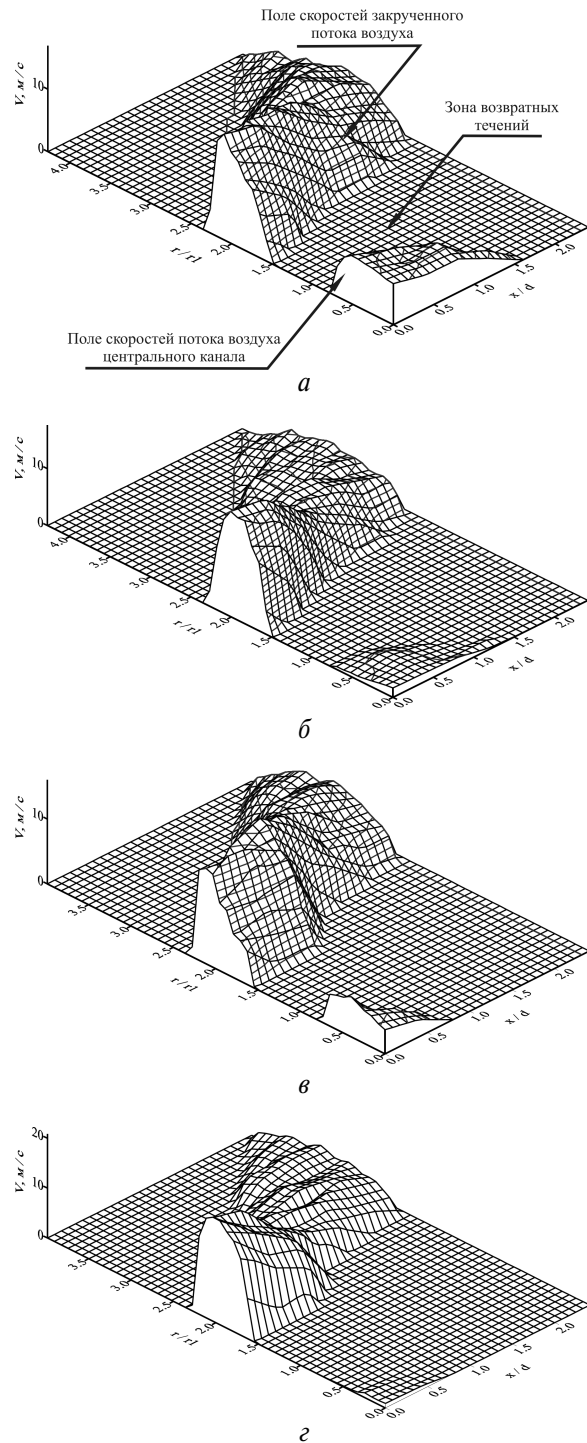


Рис. 2. Профили осевой (а, в) и окружной (б, г) скоростей V при соотношении $G_1/G_2=0,37$ (а, б) и $G_1/G_2=0,30$ (в, г). r – текущий радиус; r_1 – радиус центрального розжигового канала пылевихревой горелки. x/d – соотношение диаметра розжигового канала к расстоянию от среза сопла горелки

Для определения интенсивности смешивания потоков в закрученном факеле вихревой пылеугольной горелки измерялась температура потока воздуха при взаимодействии холодного газа закрученного потока с нагретой прямооточной струей,

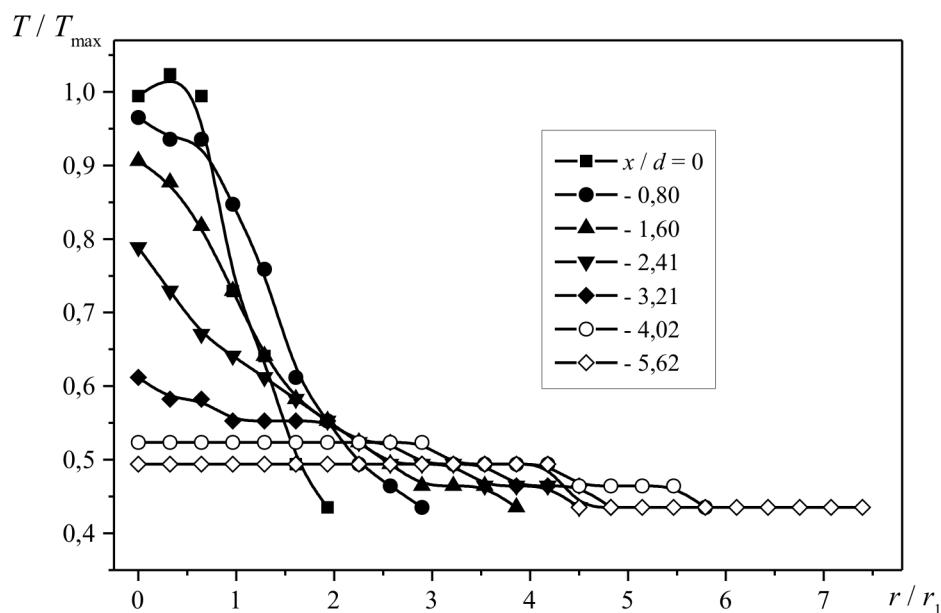


Рис. 3. Распределение температуры потока воздуха T/T_{max} при соотношении $G_1/G_2=0,37$

пропускаемой через центральный канал. Нагрев осуществлялся нагревателем, установленным на входе в прямоточный розжиговой канал горелки. Проведенные измерения позволили построить распределение температуры по оси струи на различных расстояниях от среза сопла, а также профили температур при воздействии холодного закрученного потока на нагретую прямоточную струю для различных соотношений расходов воздуха, рис. 3. Показано, что область с максимальными значениями температур находится ближе к оси факела, что объясняется нагретой прямоточной струей.

Результаты эксперимента качественно согласуются с данными работы [6], которые получены при отсутствии воздействия прямоточной струи.

Выводы

1. Исследована модель поведения факела вихревой горелки при взаимодействии прямоточной струи, истекающей из центрального канала горелки с системой плазменного розжига, с закрученным потоком аэросмеси, подаваемым через внешний коаксиальный канал.
2. Установлено, что при соотношении расхода воздуха через розжиговой канал к внешнему закрученному потоку менее 0,3 область возвратных течений находится непосредственно на выходе пылевихревой горелки. В этих условиях стабилизируется горение пылевоздушного факела и обеспечивается полнота сгорания топлива в топочном пространстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков М.Ф., Анышаков А.С., Лукашов В.П., Перегудов В.С. Электродуговые плазмотроны и перспективность применения низкотемпературной плазмы в энергетике // Высокотемпературные течения и тепломассообмен / Под ред. М.Ф. Жукова. — Новосибирск: ИТФ СО АН СССР, 1990. — С. 3–46.
2. Жуков М.Ф., Карпенко Е.И., Перегудов В.С. и др. Плазменная безмасутная растопка котлов и стабилизация горения пылеугольного факела. — Новосибирск: Наука, 1995. — 304 с.
3. Карпенко Е.И., Мессерле В.Е. Введение в плазменно-энергетические технологии использования твердых топлив. — Новосибирск: Наука, 1997. — 119 с.
4. Жуков М.Ф., Калинин Р.А., Левицкий А.А., Полак Л.С. Плазмохимическая переработка угля. — М.: Наука, 1990. — 200 с.
5. Хзмаля Д.М., Каган Я.А. Теория горения и топочные устройства. — М.: Энергия, 1976. — 287 с.
6. Гупта А., Лилли Д., Сайред Н. Закрученные потоки. — М.: Мир, 1987. — 588 с.

Поступила 13.10.2009 г.