

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ И ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПИРОЛИЗА И ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ, ТБО, ДРУГИХ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ И МАТЕРИАЛОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ГАЗООБРАЗНЫХ, ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭТИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Авторы: С.Б. Садыкова, Н.Р. Картджанов

Организации: НАО «Алматинский Университет энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева», Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилёва. г. Нур-Султан, Казахстан.

Дефицит первичных энергоресурсов и постоянно растущий спрос на энергию будут требовать замены природного газа и нефти другими энергоносителями во все возрастающем объеме. В условиях непрерывной борьбы за повышение надежности энергоснабжения, переработка угля в газообразный энергоноситель приобретет решающее значение уже в недалеком будущем.

Процессом преобразования твердых или жидких топлив в газообразные продукты путем неполного окисления в условиях высоких температур называется газификация. Газификация угля – не новая технология, в середине XX века в ряде стран действовали промышленные установки.

Технология газификации угля имеет стратегическое значение для Казахстана, поскольку в нашей стране общие геологические запасы угля составляют примерно 150-160 млрд. т. Из них 62 % бурые угли, а 38 % каменные угли. В настоящее время существуют разные методы процессов газификации. Но почти что во всех из них продуктами газификации являются бурые угли.

Газ, полученный при газификации угля, в будущем может найти применение, прежде всего, для производства:

- заменителя природного газа (ЗПГ);
- синтез-газа для химической промышленности;
- топливных газов для технологического и энергетического сжигания;
- восстановительного газа для металлургических целей, например для прямого восстановления железной руды.

В качестве сырья для процесса газификации из Казахстанских месторождений уголь Шубаркольского разреза имеет высокий потенциал. Это связано с тем, что

Шубаркольский уголь обладает высоким выходом летучих (около 38%) и относительно низкой зольностью (до 6%).

Технологии газификаций, которые испытаны в промышленном масштабе - это процесс Лурги; процесс Винклера, процесс Копперс-Тотцека и др. Основными горючими компонентами синтез-газа получаемых во всех этих процессах являются H_2 , CO , CH_4 . А теплота сгорания синтез-газа в зависимости от сырья и технологий варьирует в интервале от 5 до 13 МДж/м³. То есть синтез-газ относится к классу низкокалорийных топлив.

Известно, что низкокалорийные топлива невозможно сжигать в традиционных горелочных устройствах. Так как такие топлива обладают ухудшенным концентрационным пределом воспламеняемости, из-за чего снижается стабильность факела, повышаются продукты химического и механического недожога и срыв факела. Поэтому разработка новых устройств, для сжигания синтез-газов является актуальным аспектом.

Авторы для эффективного сжигания синтез-газов предлагают конструкцию микромодульной воздушной форсунки (ММВФ), схема которой представлена на рис.1. ММВФ содержит наружный цилиндрический обвод. На входе которой установлен завихритель воздуха с углом лопаток $\beta=40^\circ$ и трубка подачи топлива. На выходе из цилиндра одной оси последовательно установлены два регистра с шагом t и углом β 30° и 20° соответственно.

Специальная конструкция горелки состоит из нескольких зон: зона предварительной подготовки обедненной смеси; двух последовательных завихрителей и зона горения (на выходе из ММВФ). Часть воздуха через входной регистр поступает закрученным потоком в первую зону, где смешивается с синтез-газом образуя «обедненную» топливо-воздушную смесь (ТВС). Этот форсуночный воздух подводится в количестве меньше необходимого для начала воспламенения топлива. Далее обедненная смесь проходит через первые завихрительные лопатки для гомогенизации смеси и интенсификации массообмена. После первого завихрителя гомогенная смесь через второй завихритель закрученным потоком поступает в камеру сгорания, где интенсивно смешиваясь с основным потоком воздуха, начинает гореть.

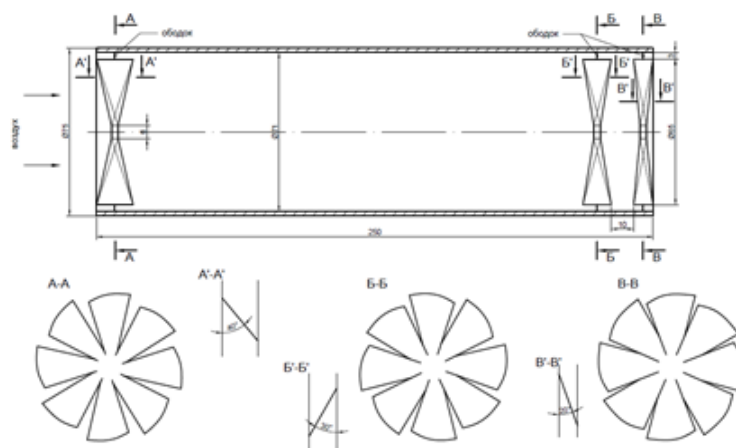


Рисунок 1 – ММВФ с входным и выходным, а также внутренним завихрителями

Последовательное расположение двух завихрительных лопаток на выходе из ММВФ предотвращает проскок факела в зону обеденной смеси и срыв факела. А также их правильное расположение обеспечит изменение турбулентности и газодинамическую саморегуляцию при изменении производительности.

При сжигании синтез-газов предварительная подготовка топлива играет определяющую роль для устойчивости факела. Поэтому в конструкции ММВФ предварительное смешивание синтез-газа и окислителя с получением ТВС исключает срыв факела и обеспечит устойчивость горения. А эффективность смешивания и образования ТВС является функцией от турбулентности потока. Турбулентный поток характеризуется неупорядоченным движением частиц газа, при котором скорость в каждой точке потока меняется по направлению и по величине. Для турбулентного потока характерно наличие пульсаций скорости, давления, температуры и концентрации вещества. Молекулярный механизм передачи массы вещества интенсифицируется пульсациями и перемешиваниями отдельных объемов смеси.

Для определения эффективного угла установки входного завихрителя, который определяет интенсивное смешивание топлива и окислителя, авторами были проведены экспериментальные исследования интенсивности турбулентности изотермического потока внутри микромодуля при различных углах установки лопаток.

Измерение интенсивности турбулентности ε проводились термоанемометрическим методом в микромодулях с диаметром $D_{\text{вн}}=46$ мм и длиной канала 150 мм, углы лопаток: 20° , 30° , 40° и 60° . Точки замера по поперечному сечению с шагом 10 мм и по продольному сечению на калибрах 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,82. Результаты представлены на рис. 2.

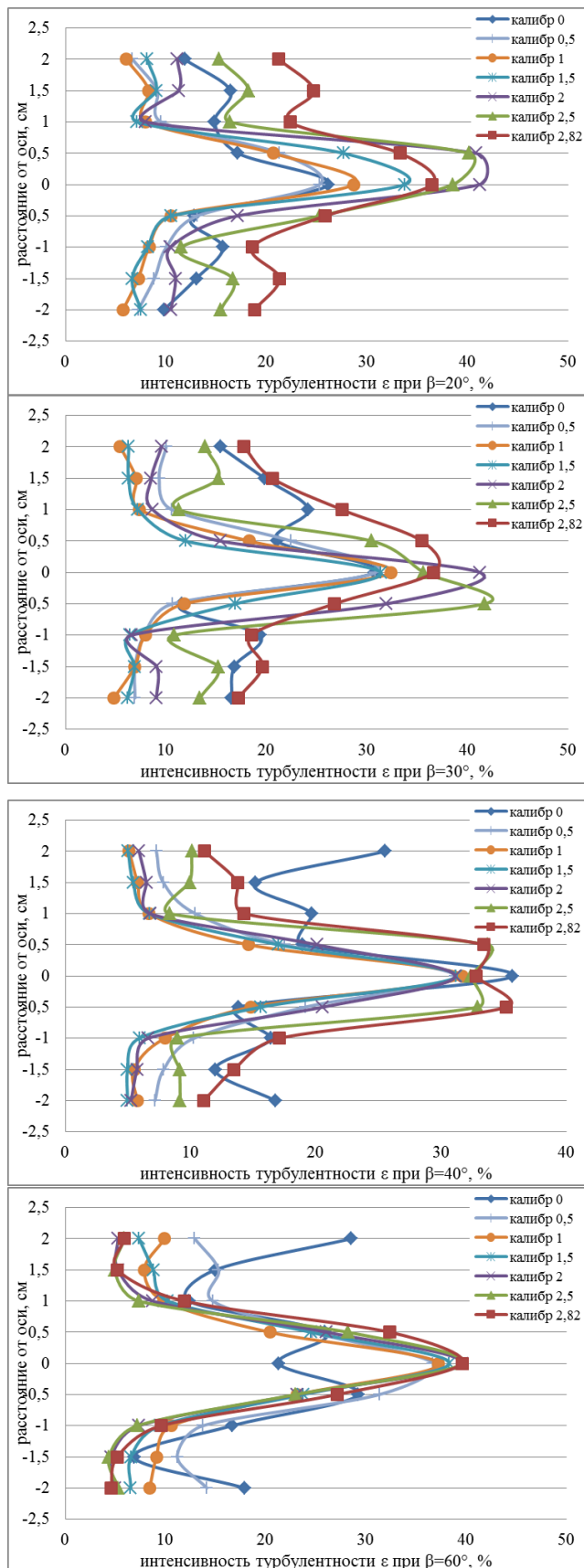


Рисунок 2 – Интенсивность турбулентности в различных углах установки завихрителей

Анализ данных по изотермическому потоку демонстрирует, что максимальное значение интенсивность турбулентности имеет место в центре ММВФ по оси во всех углах установки завихрителей. А в разрезе поперечного сечения ММВФ интенсивность

уменьшается от центра к стенке. Это объясняется тем, что при закрученном потоке из-за центробежных сил поток концентрируется на периферии и в центре ММВФ образуется зона с пониженной средней скоростью. Так как интенсивность характеризуется пульсациями средней скорости, набегающие потоки от центра к периферии и, наоборот, в центре создают высокие пульсации. К тому же интенсивность турбулентности обратна пропорциональна средней скорости потока. Поэтому слой, который на периферии имеет высокую среднюю скорость, обладает более низкой интенсивностью турбулентности по сравнению с центром (рис.2).

Также средняя ε по продольному сечению повышается к выходу ММВФ, что показывают точки замеров на различных калибрах. Топливо обычно подается ближе к входному регистру ММВФ – приблизительно на расстоянии до одного калибра (46 мм). Поэтому турбулентность в этой зоне будет играть определяющую роль для формирования топливно-воздушной смеси (ТВС).

На интенсивность турбулентности влияет угол установки лопаток завихрителей. Из графика, при $\beta=20^\circ$ ε в центре микромодуля при калибрах 0; 0,5; 1 составляет 25-28 % и снижается по направлению к стенке канала до 5%. При $\beta=30^\circ$ диапазон интенсивности турбулентности на тех же точках достигает 30-32%. На периферии варьирует в интервале от 4,79 до 10 % (рис.2).

С ростом угла установки β лопаток завихрителей на оси микромодуля ε растет, при $\beta=40^\circ$ и $\beta=60^\circ$ средняя ε в центре составляет 34% и 37% соответственно. На перифериях замечается увеличение слоя с равномерным полем интенсивности турбулентности. Также при $\beta \geq 40^\circ$ наблюдается относительно равномерная турбулентность на начальных калибрах, по сравнению с углом $\beta \leq 40^\circ$. Это объясняется тем, что при низких углах установки завихрителей идет сильная радиальная закрутка потока и снижение осевой составляющей скорости потока (рис.2).

Из вышеизложенного вытекает, что оптимальный угол установки лопаток регистров $\beta \geq 40^\circ$. Из-за того, что по оси ММВФ интенсивность турбулентности максимальная, для создания топливно-воздушной смеси целесообразнее будет подавать синтез-газ в зону от 0,5 до 1 калибра. Направление подачи синтез-газа рекомендуется от центра к периферии, так как основной поток воздуха сконцентрирован вблизи стенки ММВФ. Также большие углы установки лопаток регистров обеспечивают безударное обтекание лопаток воздушным потоком, что снижает аэродинамическое сопротивление ММВФ.

Для обеспечения энергетической безопасности Казахстана и девирсификации топливно-энергетических ресурсов страны, газификация углей и использование синтез-газа является перспективным направлением. Но для развития такого сценария, топливо

сжигающие установки и устройства должны быть готовыми. Поэтому разработка и исследование устройств и установок для сжигания синтез-газов имеет большое значение для энергетического комплекса.