

тивно-воздушной смеси [5]. Однако каждый из этих методов имеет значимый недостаток. Технология впрыска воды требует использования дополнительного оборудования для подачи воды или водяного пара в камеру сгорания, что приводит к увеличению массы установки; также впрыск воды приводит к снижению полноты сгорания топлива. Сжигание обедненной предварительно перемешанной топливной смеси вызывает проблему сужения диапазона устойчивого горения. Высокая стоимость катализатора и необходимость в его периодической замене встают на пути широкого применения каталитических камер сгорания.

Совершенствование камер сгорания неразрывно связано с инновациями в области технологий и материалов, а также с поиском новых оптимальных конструкций, обеспечивающих высокую полноту сгорания топлива, низкую эмиссию вредных веществ и устойчивое протекание процессов в широком диапазоне нагрузок.

На основании проведенного анализа возможных негативных факторов эксплуатации камер сгорания ГТД можно констатировать, что современные тенденции снижения выбросов NO_x могут приводить к недожогу топлива, к существенному усложнению конструкции камер сгорания, что так же отражается на их надежности и стабильности несения нагрузки. При этом повышение КПД ГТУ непосредственно связано с увеличением температуры газовой смеси за камерой сгорания, но это приводит к увеличению эмиссии NO_x . Поэтому с целью обеспечения надежной, экологичной и эффективной работы ГТУ имеет большое значение развитие технологий и подходов применения численного моделирования. Численные методы позволяют снизить временные и материальные затраты по отношению к натурным исследованиям, в особенности при проведении большого числа вариативных экспериментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новые подходы к созданию низкоэмиссионных камер сгорания ГТУ / В.С. Арутюнов, В.М. Шмелев, А.Н. Рахметов и др. // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 6-2(128). – С. 105–120.
2. Рудаченко А.В., Чухарева Н.В. Газотурбинные установки для транспорта природного газа: учебное пособие второе издание переработанное: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 217 с.
3. Мингазов Б.Г. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. унта, 2006. – 220 с.
4. Харлина Е.В. Малоэмиссионные камеры сгорания и способы охлаждения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2022. – № 70. – С. 29–40.
5. Комаров Е.М. Методы уменьшения эмиссии вредных веществ в камерах сгорания ГТД и ГТУ // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2018. – № 05. – С. 9–29.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И УСЛОВИЙ ПРОЦЕССОВ ЗАЖИГАНИЯ ЧАСТИЦ ВЛАЖНОГО УГЛЯ СОВМЕСТНО С ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССОЙ

А.А. Омаров, Ж.А. Косторева, С.В. Сыродой

Томский политехнический университет, ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, группа А3-11

Научный руководитель: Г.В. Кузнецов, д.ф.-м.н., профессор НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

Решение значительного сокращения выбросов антропогенных оксидов в атмосферу при сжигании угля является использование водоугольных суспензий, которые как правило называют водоугольным топливом [1–6]. Установлено, что при сжигании таких топлив существенно снижаются выбросы антропогенных оксидов на единицу массы угля [7]. Так же положительный эффект на секвестирование антропогенных оксидов, образующиеся в результате сжигания угля, оказывает – добавление биомассы, чаще всего древесной.

Целью данного исследования это, провести эксперимент с зажиганием частиц увлажненного угля совместно с древесной биомассой, для секвестирования антропогенных выбросов

на энергетических объектах такие как ТЭЦ и ТЭС. Также обоснование по результатам эксперимента использование умеренного увлажнённого угля в комбинации с древесной биомассой.

Эти подходы направлены на оптимизацию процессов сжигания и снижение вредных выбросов в атмосферу. В экспериментах исследовались 7 составов топлив (табл. 1) при температурах окружающей среды 873, 973, 1073, 1173 и 1273 К. На первом этапе процедуры подготовки эксперимента использовались сухие и увлажненные частицы длиннопламенного угля (Д) и древесины (сосны). Длиннопламенный уголь относится к энергетическим и наиболее часто применяется на тепловых электростанциях многих стран в качестве основного топлива.

Таблица 1. Составы исследуемых топлив

Номер состава	Состав
№ 1	Сухой уголь + сухой уголь
№ 2	Сухой уголь + влажный уголь
№ 3	Влажный уголь + влажный уголь
№ 4	Сухой уголь + сухая древесина
№ 5	Сухой уголь + влажная древесина
№ 6	Влажный уголь + влажная древесина
№ 7	Сухая древесина + влажная древесина

В качестве второго компонента смеси использовалась сосна, которая является типичными представителями «энергетической биомассы» и широко распространена в Западной Сибири (Тайге). Древесина вырезалась из монолитного сухого фрагмента сосны больших размеров, влажность которого составляла 6–8 %. С помощью лазерного станка с ЧПУ MC Laser 1390 (систематическая погрешность которого не превышала 0,01 мм) проводилась процедура резки древесных частиц кубической формы с характерным размером $\delta = 3$ мм.

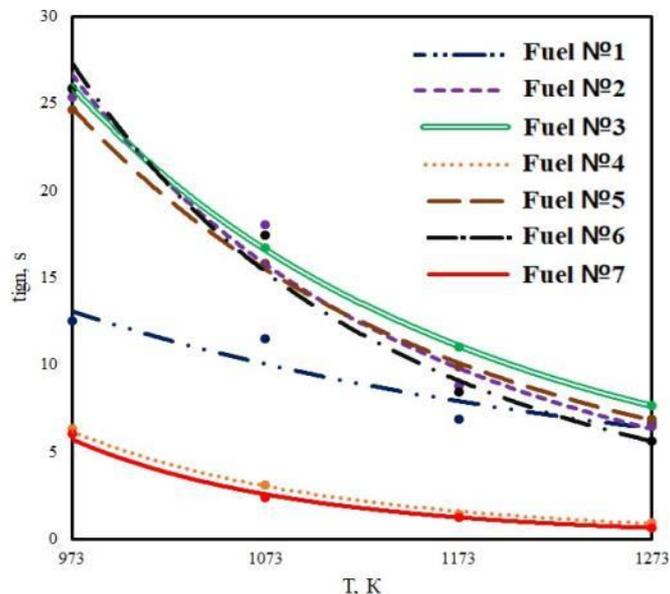


Рис. 1. Зависимости времен задержки (t_{ign}) частиц смеси от температуры окислителя (T) для разных составов топлива

Работа поддержана Российским Научным Фондом, грант № 23-79-01067.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ignition of water-coal fuel droplets during radiative-convective- conductive heating in relation to boilers operating on the technology of circulating fluidized bed / G.V. Kuznetsov, S.V. Syrodoy, Zh.A. Kostoreva, D. Yu. Malyshev, M.V. Purin // Thermal Science and Engineering Progress. – 2022. – V. 33. – P. 101363.
1. Ignition and combustion characteristics of coal – water fuels based on coal & semi-coke / G.V. Kuznetsov, S.V. Syrodoy, V.V. Salomatov, D.Y. Malyshev, Z.A. Kostoreva, M.V. Purin, S.A. Yankovsky // Combustion and Flame. – 2022. – V. 246. – P. 112430.
2. Characteristics of spraying and ignition of coal-water fuels based on lignite and liquid pyrolysis products of wood waste / D.V.Gvozdyakov, A.V. Zenkov, A. Zh Kaltaev // Energy. – 2022. – V. 257. – P. 124813.
3. Prospects of thermal power plants switching from traditional fuels to coal-water slurries containing petrochemicals / M.A. Kurgankina, G.S. Nyashina, P.A. Strizhak // Sci Total Environ. – 2019. – V. 671. – P. 568–577.
4. The prospects of burning coal and oil processing waste in slurry, gel, and solid state / K. Vershinina, G. Nyashina, V. Dorokhov, N. Shlegel // Appl Therm Eng. – 2019. – V. 156. – P. 51–62.
5. Combustion of coal-water suspensions / A. Kijo-Kleczkowska // Fuel. – 2011. – V. 90. – P. 865–877.
6. Implementation of a three-stage scheme for the co-combustion of pulverized coal and coal- water slurry in an industrial boiler to reduce NOx emissions / S.V. Alekseenko, A.A. Dekterev, L.I. Maltsev, V.A. Kuznetsov // Process Safety and Environmental Protection. – 2023. – V. 169. – P. 313–327.

МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

К.Д. Куликов, Д.Е. Фирсова

Томский политехнический университет, ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, группа 5011/5012

Научный руководитель: Ю. Я. Раков, к.т.н., доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

В текущей статье рассмотрена созданная математическая модель трехмерной задачи для определения коэффициента теплопроводности, а также результаты анализа ее применения.

Ключевые слова: моделирование, коэффициент теплопроводности, погрешность.

Введение

В ходе практической деятельности может возникнуть необходимость определения коэффициента теплопроводности какого-либо нового или неизвестного материала. Существуют множество методов определения коэффициента теплопроводности, например, метод пластины, цилиндра, шара, Кольрауша и др. [1].

Здесь будет представлено описание метода, преимуществом которого является отсутствие какого-либо контактного измерения начальных данных. Таким образом, нет необходимости вносить, возможно, трудновыполнимые изменения в структуру материала.

Математическая постановка задачи

Рассмотрим объект в форме прямоугольного параллелепипеда со сторонами a , b и c вдоль, соответственно, осей X , Y и Z (рис. 1). Будем нагревать его с одной из сторон тепловым потоком, характеризующимся постоянной плотностью теплового потока q_F . В таком случае, вследствие наличия теплового излучения, с каждой из граней рассматриваемого параллелепипеда будет уходить тепловой поток $Q_{изл\ i}$.

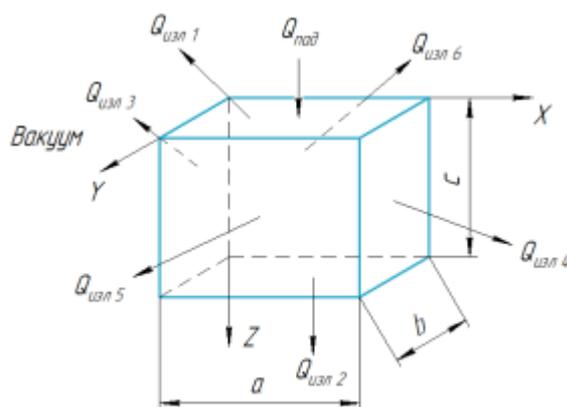


Рис. 1. К математической постановке задачи