

Исследование интегральных характеристик нескольких последовательных капель воды при движении в потоке высокотемпературных газов с целью совершенствования современных систем пожаротушения

Антонов Д. В., Волков Р. С., Стрижак П. А.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск
dva14@tpu.ru*

Введение. В мире в настоящее время перспективными являются несколько вопросов, связанных с исследованием процессов движения последовательных капель воды в потоке высокотемпературных газов. Эти вопросы актуальны для таких сфер и отраслей промышленности, как термическая или огневая очистка воды, эмульсий и суспензий на ее основе [1, 2]. Основным недостатком современных систем термической очистки жидкостей является высокий расход топлива для реализации процессов испарения капель воды, а также необходимость повторного пропускания капель через нагревательные камеры вследствие значительного уноса жидкости газами, осаждения и конденсации ее на стенках камер. Унос капель продуктами сгорания является важной проблемой также для современных систем пожаротушения распыленными потоками [3, 4]. Все это связано с отсутствием до недавнего времени подходов и методов для достоверных экспериментальных исследований комплекса взаимосвязанных протекающих процессов теплопереноса, фазовых превращений и химического реагирования для газопарокапельных систем.

Цель настоящей работы – исследование процессов столкновения нескольких последовательно движущихся капель воды в потоке высокотемпературных газов.

Методика экспериментальных исследований. При проведении исследований использовался экспериментальный стенд, представленный на рис. 1. Данный стенд использовался для регистрации движения нескольких последовательных капель воды и изучения процессов их столкновения.

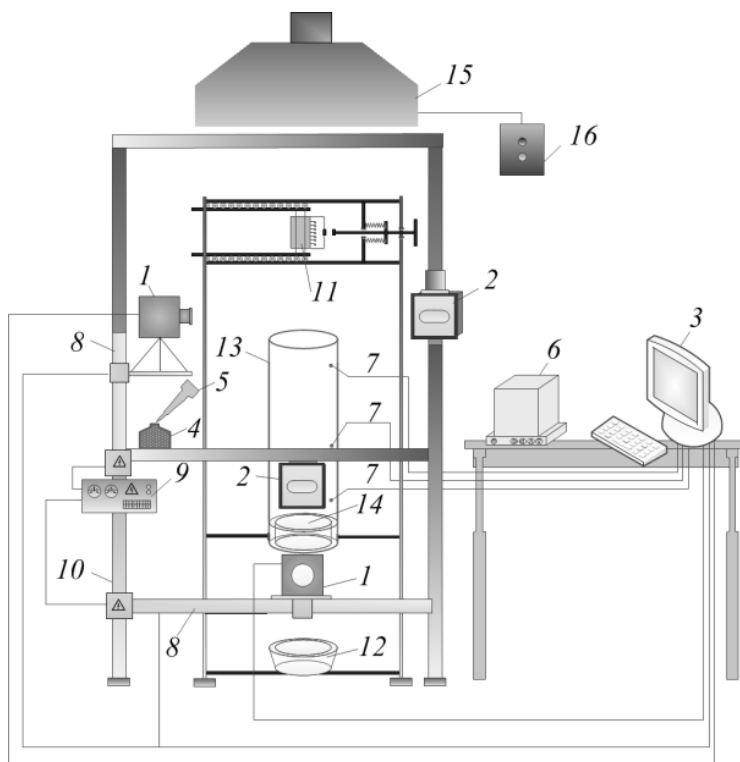


Рис. 1. Схема экспериментального стенда: 1 – высокоскоростные видеокамеры; 2 – осветительные прожекторы; 3 – персональный компьютер (ПК); 4 – емкость с водой; 5 – дозирующее устройство; 6 – микровесы; 7 – термопары; 8 – моторизированные координатные устройства (МКУ); 9 – блок питания МКУ; 10 – алюминиевая стойка; 11 – устройство последовательной подачи капель; 12 – уловитель капель; 13 – цилиндр из кварцевого стекла; 14 – полый цилиндр с горючей жидкостью; 15 – нагнетательная система; 16 – пульт включения/отключения нагнетательной системы

Стенд представлял собой регистрационный комплекс на базе высокоскоростных видеокамер 1 «Phantom V411» и «Phantom MiGo M310» (частота съемки – до $6 \cdot 10^5$ кадров в секунду). Для генерации идентичных друг другу последовательных капель воды использовалось специально сконструированное для этих целей устройство последовательной подачи капель 11. Разработанное устройство позволяли получать начальные значения скоростей движения капель около 0,2 м/с. Размеры (радиусы) генерируемых капель варьировались в диапазоне 1-2 мм. Для формирования высокотемпературной газовой среды использовался вертикальный цилиндрический канал 13 из кварцевого стекла и полый цилиндр 14, в межстеночное пространство которого заливалось жидкое топливо – керосин, который в последствие зажигался. Температура продуктов сгорания T_g составляла около 1100 К.

Методика экспериментов заключалась в следующем:

- при помощи специализированного электронного дозатора 5 выполнялся забор воды в количестве 100 мкл из емкости 4;
- дозатором 5 задавался объем генерируемых капель, после чего производилось контрольное взвешивание одной капли на лабораторных микровесах 6 и вычислялся ее объем (с целью определения погрешности дозирования);
- при помощи дозатора 5 капли размещались в устройстве последовательной подачи капель 11 на расположенных там вертикально на фиксированном расстоянии друг над другом иглах;
- устройство последовательной подачи капель 11 приводилось посредством механических манипуляций в рабочее положение;
- осуществлялся сброс капель во внутреннюю область цилиндра 13;
- выполнялась процедура видеорегистрации движущихся капель воды высокоскоростными видеокамерами 1, для наилучшего отображения капель на видеogramмах регистрационных областей траектория их перемещения подсвечивалась осветительными прожекторами 2;
- снятые видеозаписи процесса перемещения капель передавались на рабочую станцию 3, где выполнялась процедура их обработки и последующего постэкспериментального анализа результатов при помощи специальных программных комплексов.

Результаты. В ходе данного исследования были установлены особенности процессов испарения последовательных капель воды через высокотемпературные газы. Проведена серия опытов по регистрации процесса движения трех капель воды в пламени бензина. Получены зависимости начальных размеров капель воды от изменения размеров капель для трех последовательных капель воды через высокотемпературные газы при различных начальных расстояниях между каплями воды (рис. 2).

Кроме того, установлено, что при начальных расстояниях L_d между первой и второй каплями менее 10 мм после прохождения канала с высокотемпературными газами длиной 1 м стабильно происходит слияние капель (т.е. на выходе из высокотемпературной области $L=0$). При росте начальных расстояний между каплями влияние первой на условия движения второй ослабляется, и расстояния L нелинейно растут.

Проведенные опыты показали, что в рассматриваемых условиях теплообмена предельным начальным расстоянием, при котором влияния первой капли на условия перемещения второй практически нет, является $L_d=35$ мм.

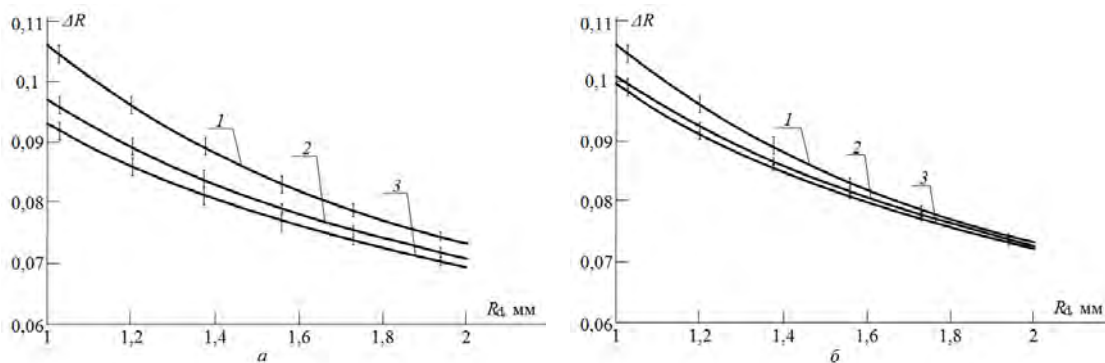


Рис. 2. Параметр ΔR для первой (1), второй (2) и третьей (3) последовательно перемещающихся капель после прохождения ими в высокотемпературной газовой среде дистанции протяженностью 1 м при различных начальных расстояниях между каплями (а – $L_d=8$ мм, б – $L_d=12$ мм)

Заключение. Выполненные экспериментальные исследования показали, что условия нагрева и испарения последующих капель отличаются по сравнению с первой. При этом масштаб отличий определяется начальным расстоянием между каплями. Разработанная методика и установленные эффекты могут быть использованы для решения большой группы фундаментальных газопарокапельных задач, а также при прогностической оценке полноты испарения и масштабов уноса капель в системах термической очистки воды и полидисперсного пожаротушения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 15-33-5008515).

Список литературы:

1. Терехов В.И., Терехов В.В., Шишкин Н.Е., Би К.Ч. Экспериментальное и численное исследование нестационарного испарения капель жидкости // Инженерно-физический журнал. – 2010. – Т. 83. – № 5. – С. 829–836.
2. Терехов В.И., Пахомов М.А. Теплоперенос и гидродинамика в газопарокапельных потоках. – Новосибирск.: Изд-во НГТУ, 2009. – 284 с.
3. Волков Р.С., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Экспериментальное исследование влияния начальной температуры распыленной воды на интенсивность ее испарения при движении через пламя // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. № 3. – С. 12–21.
4. Волков Р.С., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Влияние начальных параметров распыленной воды на характеристики ее движения через встречный поток высокотемпературных газов // ЖТФ. – 2014. – Т. 84. – № 7. – С. 15–23.

Каждый золоотвал – локальная экологическая катастрофа

Борзенкова Ю.В.

Новосибирский государственный технический университет, Россия, г. Новосибирск

E-mail: borzenkova93_21@mail.ru

В данной работе описываются экологические и экономические аспекты утилизации золошлаков ТЭС. Внесём ясность: речь пойдёт о том, что остаётся на земле после того, как уголь использован по своему главному назначению — для генерации тепловой и электрической энергии.

При сжигании углей минеральные компоненты преобразуются в золу и шлак, которые складываются как отходы энергетического производства в золоотвалах. Накопленная к настоящему времени масса золоотвалов огромна. Отвалы золошлаковых материалов занимают большие площади, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат, которые влияют на повышение себестоимости производства энергоносителей. Они являются источником загрязнения окружающей среды, представляют опасность для здоровья населения и угрозу растительному и животному миру близлежащих районов. Особую опасность представляют золоотвалы, расположенные вблизи водных бассейнов (рек и озер), из-за возможного прорыва дамб.

По мере роста количества ЗШМ возрастает и площадь территорий, отводимых под золоотвалы, что приводит к изъятию их промышленного и сельскохозяйственного производства. В дискуссиях о приоритетах атомных или тепловых электростанций существенным аргументом против строительства новых ТЭС часто является именно необходимость создания около них золоотвалов.

Использование ЗШМ в промышленности, строительной индустрии и сельском хозяйстве – один из стратегических путей решения экологической проблемы в зоне работы ТЭС. Шлаки и зола имеют хорошую перспективу для широкого их использования с целью ресурсосбережения, то есть решения экономических проблем, связанных с сохранением природных ресурсов цветных, редких металлов и других материалов.

Ключевые слова: ТЭС, зола, золошлаки, отходы, золоотвал, система сухого золошлакоудаления, фракционирование.

Введение

В процессе деятельности предприятий энергетики образуются золошлаковые материалы (ЗШМ), представляющие собой несгорающий остаток твердого топлива при его сжигании в топочных камерах котлов ТЭС. В настоящее время во многих странах, в том числе в России, накоплен значительный опыт применения золошлаковых материалов во многих отраслях экономики.