

5. U.S.Environmental Protection Agency.1998. Guidelines for ecological assessment. EPA/630/R-95/002F.Washington, DC.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕНОСА В БОЛЬШОМ МАССИВЕ КАПЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА ANSYS

Д.В. Антонов

Научный руководитель профессор П.А. Стрижак

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия*

Введение. Одним из основных направлений освоения Арктики является добыча полезных ископаемых. Нефть и газ являются легковоспламеняющимися веществами, что обуславливает особые требования к разработке и эксплуатации месторождений, а также специальные требования к противопожарной безопасности [1–4]. В последние годы проведены группы исследований [1–3], разработки которых направлены на улучшение эффективности параметров распыления. При этом не принимается внимание тот факт, что капли воды при движении в потоке высокотемпературных газов оставляют за собой температурные и концентрационные следы, снижающие температуры в зоне горения нефтепродукта. Поэтому **целью данной работы** является численное исследование температурных и концентрационных следов большой совокупности и массива (конгломерата) капель в пламени с применением пакета математического моделирования Ansys.

Постановка задачи. При постановке задачи тепломассопереноса считалось, что начальная температура воды в каплях $T_{w0} = 298$ К, температура встречного потока газов $T_g = 1170$ К. Капли воды прогреваются за счет теплопроводности при обтекании их потоком высокотемпературных газов. Предполагалось, что теплофизические характеристики взаимодействующих веществ не зависят от температуры. При численном моделировании предполагалось, что капли имеют сферическую форму и их конфигурация не изменяется. Капли неподвижны, их обтекает поток высокотемпературных газов ($V_g = 0.5$ м/с).

Математическая модель и метод решения. Математическая модель тепломассопереноса (испарение и конденсация) для рассматриваемых систем может быть описана следующим уравнением [5]:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_v \cdot \rho_v) + \nabla \cdot (\alpha_v \cdot \rho_v \cdot \bar{v}_v) = \dot{m}_{lv} - \dot{m}_{vl}$$
, где v – пар; α_v – объемная доля паров; ρ_v – плотность паров; \bar{v}_v – скорость испарения; $\dot{m}_{lv}, \dot{m}_{vl}$ – темпы массообмена при испарении и конденсации. Если $T_l > T_{sat}$ (испарение): $\dot{m}_{lv} = Frequency \cdot \alpha_l \cdot \rho_l \cdot \frac{T_l - T_{sat}}{T_{sat}}$. Если $T_v > T_{sat}$ (конденсация): $\dot{m}_{vl} = Frequency \cdot \alpha_v \cdot \rho_v \cdot \frac{T_{sat} - T_l}{T_{sat}}$.

Коэффициент *Frequency* является коэффициентом релаксации, размерность s^{-1} . Определяется на основе полученных экспериментальных данных:

$$Frequency = \frac{\bar{V}_v}{\rho_{ж} \cdot (R_d - R_d^*)}$$
, где $R_d - R_d^*$ – соответственно начальный и конечный размер капель.

Для решения данной задачи тепломассопереноса использовалось программное обеспечение Ansys Fluent. Для повышения точности решения задачи

СЕКЦИЯ 9. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ИССЛЕДОВАНИИ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И РЕСУРСОВ АРКТИКИ

использовался шаг по времени $\tau = 0.01$ с и координатной сетке $\kappa = 0.05$ мм. Вблизи границ фазового перехода сетка сгущалась.

Результаты и обсуждения. Численные исследования выполнены при параметрах: начальная температура каплей воды $T_{w0} = 298$ К; температура продуктов сгорания $T_g = 1170$ К; тепловой эффект испарения воды $Q_e = 2.26$ МДж/кг; молекулярная масса воды $M = 18.52$ кг/кмоль; величина $Frequency$, характеризующая параметры испарения каплей воды, составила $Frequency = 0.1$ (значение данной величины определяется из экспериментальных данных). В настоящей работе приведены результаты исследований при $R_d = 1$ мм, $V_g = 0.5$ м/с и $L_n = 0.01 \div 5$ мм.

Результаты показывают, что характерные размеры зоны максимального «совместного» влияния нескольких каплей на температуру в следе их движения соответствуют областям $L^* = 5Z_d$. Поэтому расчет проводился именно для данной области. При варьировании значений L_n в диапазоне ($L_n = 0.01 \div 5$ мм) изменялась общая площадь S_v , которая состояла из площади каплей S_w и площади области взаимодействия S_a . Отношение площадей ($S^* = S_w/S_v$) характеризует количество и расположение каплей относительно друг друга.

На рис. 1 приведена зависимость $T^* = f(S^*)$, полученная для рассматриваемых систем, где T^* - температура в регистрационной области.

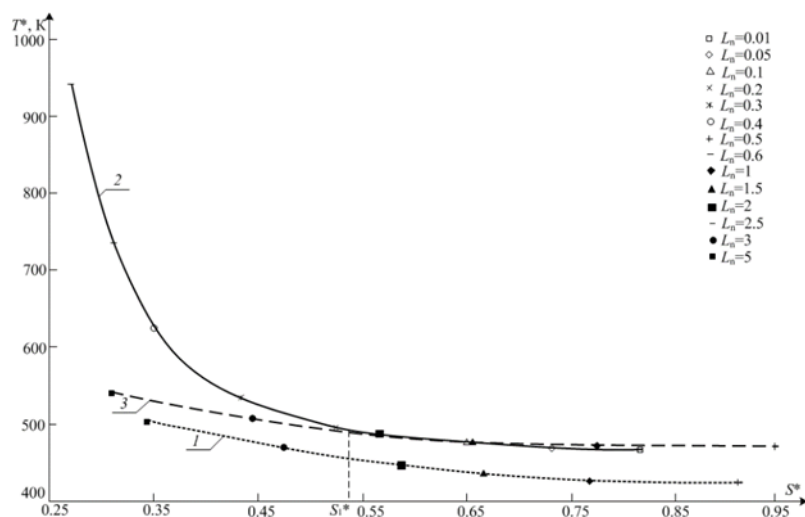


Рис. 1. Влияние распределения каплей в «водяном снаряде» на температуру в его следе: 1 – параллельные капли воды; 2 – последовательные капли воды; 3 – группа капель

Аналогичные зависимости были получены для концентрационных следов пара, где рассматривалась концентрации продуктов сгорания в следе движения каплей на расстоянии $L^* = 5d$ (d – диаметр капли) от последней капли.

Заключение. Полученные результаты исследования важны для развития технологий тушения пожаров распределенными во времени и в пространстве газопарокапельными потоками воды на месторождениях нефте- и газодобывающей промышленности.

Исследования выполнены за счет средств Российского научного фонда (проект № 14–39–00003).

Литература

1. Волков Р.С., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Численная оценка оптимальных размеров капель воды в условиях ее распыления средствами пожаротушения в помещениях // Пожаровзрывобезопасность. – Москва, 2012. – № 5. – С. 74–78.
2. Горшков В.С., Москвилин Е.А., Хасанов И.Р. Оценка параметров тушения лесных пожаров авиационными средствами // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций и их источников: сборник тезисов научно-практической конференции. – Москва, 2001. – Т. 1. – С. 34 – 35.
3. Душкин А.Л., Ловчинский С.Е. Взаимодействие пламени горючей жидкости с тонкораспыленной водой // Пожаровзрывобезопасность. Москва, 2011. – №11. – С. 53 – 55.
4. Хасанов И.Р., Москвилин Е.А. Авиационные методы тушения крупных лесных пожаров // Авиационные методы тушения крупных лесных пожаров. Москва, 1999. – Ч. 2. – С. 300 – 301.
5. W.H. Lee. A Pressure Iteration Scheme for Two-Phase Modeling. Technical Report LA-UR 79-975, Los Alamos Scientific Laboratory, Los Alamos, New Mexico, 1979.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТНЫХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Ю.К. Атрошенко, А.А. Бычкова

Научный руководитель профессор П.А. Стрижак

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия*

Для детального изучения процессов, происходящих на территории Арктики, в том числе для анализа газообмена между поверхностью Земли и атмосферой на практике используются современные измерительные технические комплексы. Калибровка технических средств выполняется по параметрам, измеряемым на поверхности Земли: температура, влажность и другие. При этом особое значение имеет точность измерения влияющих параметров [3, 5, 6].

Известно [1, 4], что на погрешность измерения значительное влияние может оказывать способ монтажа датчика. Для анализа влияния условий измерения температуры могут применяться методы численного моделирования процесса теплопереноса в чувствительных элементах преобразователей температуры [1, 4]. Одним из влияющих факторов на результаты численного моделирования является аппроксимация теплофизических характеристик материалов [2].

Модель теплопереноса и методы решения. Схема области решения задачи теплопереноса для чувствительного элемента термоэлектрического преобразователя показана на рисунке 1.

Для области решения (рис. 1) математическая модель включает следующие дифференциальные уравнения: