

Испарение капель двухкомпонентного топлива
Фролов С.М., Посвянский В.С., Кузнецов Н.М., Фролов Ф.С.
Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Москва
smfrol@chph.ras.ru

Жидкие топлива, используемые в авиационно-космической технике, как правило, многокомпонентные. Несмотря на многочисленные экспериментальные данные по испарению и горению капель многокомпонентного топлива, полная задача о тепло- и массообмене капли многокомпонентного горючего с газом до настоящего времени не решена. По сравнению с каплей однокомпонентного топлива, решение такой задачи требует включения в рассмотрение диффузионных процессов внутри капли, термодинамики неидеальных растворов и кинетики фазовых переходов. Последнее связано с наблюдаемым экспериментально зарождением паровых пузырьков летучего компонента внутри жидкости и «микровзрывом» капли, вызванным их ростом. Цель работы – постановка и решение задачи об испарении капли двухкомпонентного топлива.

Рассматривали одиночную сферическую каплю идеального раствора двух жидких горючих, помещенную в безграничную атмосферу первоначально покоящегося нагретого газа. Эволюцию пространственных распределений скорости, плотности, температуры и концентраций компонентов в капле и в газе описывали системой сопряженных нестационарных дифференциальных уравнений неразрывности, многокомпонентной диффузии и теплопроводности, записанных в сферической системе координат. Теплофизические свойства парогазовой смеси описывали уравнением состояния идеального газа и общепринятыми правилами смешения. Давление газа считали постоянным. Для численного решения задачи разработали вычислительную программу с динамически адаптивной пространственной сеткой. Программу тестировали на решенной ранее задаче об испарении капли однокомпонентной жидкости.

Получено решение об испарении в воздухе капли раствора *n*-тетрадекан ($C_{14}H_{30}$) – *n*-гептан (C_7H_{16}) с разным содержанием *n*-гептана. Проведено сравнение полученных решений с решениями для капель однокомпонентных горючих, содержащих 100% $C_{14}H_{30}$ и 100% C_7H_{16} .

Показано, что с увеличением концентрации *n*-гептана в растворе время жизни капли убывает. Однако зависимость времени жизни капли от концентрации *n*-гептана в растворе нелинейна: при малых концентрациях *n*-гептана (до 10–20% об.) время жизни капли практически не изменяется и остается близким к времени жизни капли чистого *n*-тетрадекана. Тем не менее, на начальной стадии прогрева и испарения капли раствора с малым содержанием *n*-гептана концентрация C_7H_{16} в жидкости у поверхности капли быстро уменьшается, а концентрация паров *n*-гептана у поверхности капли соответственно возрастает, существенно превышая концентрацию $C_{14}H_{30}$. Далее в процессе прогрева и испарения капли тяжелый *n*-тетрадекан практически полностью вытесняет *n*-гептан на поверхности частицы и концентрация паров *n*-гептана на поверхности капли снижается. Постепенно в капле формируются неоднородные распределения концентраций компонентов: образуется положительный градиент концентрации *n*-гептана и отрицательный градиент концентрации *n*-тетрадекана. В центральных областях капли *n*-гептан может значительно перегреваться, что подразумевает возможность образования зародышей паровой фазы. Указанные особенности важны для понимания процессов смесеобразования и горения в струях многокомпонентных топлив.

Работа выполнена при поддержке Российским фондом фундаментальных исследований (гранты 05-08-18200а и 05-08-50115а) и Международным научно-техническим центром (проект 2740).