

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТОНКИХ ПЛЕНОК В ПП ЛОГОС*И.В. Семенов^{1,2}, П.А. Пасынков^{1,2}, В.В. Елесин^{1,2}*¹Институт автоматизации проектирования РАН, Москва²ФГУ ФНЦ НИИ Системных исследований РАН, Москва

При течении смесей газа и жидких капель в различных технических устройствах в результате взаимодействия капель с твердыми стенками возможно образование на них тонких подвижных жидких пленок. Наличие пленки на поверхности влияет как на динамику течения газа, так и на теплообмен газа и стенки. Для некоторых приложений важно также учитывать фазовый переход вещества пленки. В настоящей работе, авторы развивают разработанную ранее методику расчета газочапельных течений в ПП ЛОГОС с целью адекватного описания процессов взаимодействия жидких капель со стенками с возможным образованием на них тонких подвижных пленок. Образовавшаяся в результате взаимодействия капель с поверхностью, жидкая пленка рассматривается как сплошная среда. Для пленки записываются уравнения сохранения массы, импульса и энергии в приближении тонких пленок [1]. В правые части полученных уравнений добавляются источники массы, импульса и энергии от попадающих в пленку капель. Кроме того, в уравнении для импульса учитывается сила тяжести, давление, создаваемое набегающим на стенку потоком газа, а также сила трения на поверхностях пленка–стенка и пленка–газ. При расчете напряжений на поверхностях контакта используются предположения о линейном или параболическом профиле скорости в пленке. Уравнение энергии записывается с учетом возможности фазовых переходов вещества пленки. Расчет напряжений и определения тепловых потоков на границе пленка–газ базируется на использовании модифицированных пристеночных функций для испаряющейся пленки [2], сформулированных с учетом подхода «шероховатой пленки» [3]. Влияние пленки на газовый поток обеспечивается введением дополнительных источников членов в систему уравнений для газовой смеси.

Для валидации реализованных в ПП ЛОГОС моделей взаимодействия капель со стенкой и движения тонких жидких пленок были выбраны эксперименты из работы [4]. В экспериментах из [4] воздушный поток с различными значениями скорости, температуры и давления взаимодействует в канале с водяной пленкой, поступающей на нижней стенке канала с заданным расходом. В экспериментах определялись различные параметры газовой смеси и пленки после установления движения (в том числе, средняя температура пленки, скорость ее поверхности и др.). Расчеты течения газа и пленки в канале в ПП ЛОГОС проводили в нестационарной постановке методом установления с использованием модели турбулентности SST. На рис. 1 и рис. 2 представлены результаты расчетов движения тонкой жидкой пленки под действием воздушного потока для скорости газа 60 м/с, его температуры и давления на входе 800 К и 250 кПа соответственно, и расхода жидкости 0,6 см²/с и ее начальной температуры 340 К. Для сравнения с результатами полученными в ПП ЛОГОС использовали экспериментальные данные, а также результаты расчетов авторов из [4] (рис.2). В расчетах получено хорошее совпадение средней температуры пленки, а также её скорости с экспериментальными данными (рис.2).

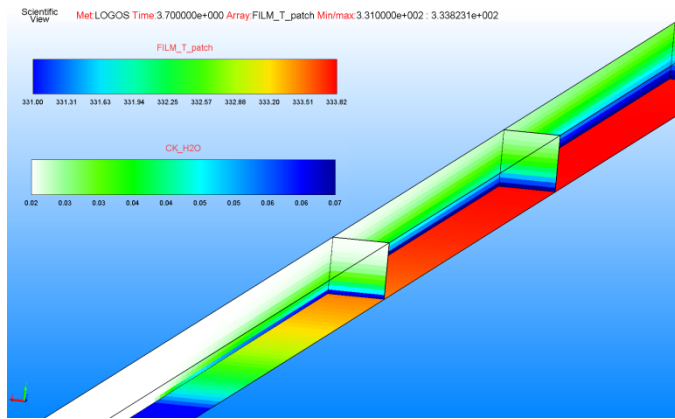


Рис. 1. Распределение средней температуры пленки и концентрации паров вещества пленки



Рис. 2. Средняя температура пленки в зависимости от расстояния вдоль трубки

Литература

1. Stanton D.W., Rutland C.J. Multi-dimensional modeling of thin liquid films and spray-wall interactions resulting from impinging sprays // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 1998. – №41. – pp. 3037–3054.
2. O'Rourke P, Amsden A. A particle numerical model for wall film dynamics in port-injected engines // SAE Technical Paper Series, 961961, 1996.
3. Sattelmayer T, Wittig S. Performance characteristics of prefilming airblast atomizers in comparison with other airblast nozzles // Encyclopedia of Fluid Mechanics – 1989. – Vol. 8 – pp. 1091-1141.
4. Himmelsbach J., Noll B. and Wittig S. Experimental and numerical studies of evaporating wavy fuel films in turbulent air flow // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 1994. – Vol. 37. – №8. – pp. 1217–1226.