

# **Влияние наличия дисперсной фазы во внешнем потоке на теплообмен и эрозионное разрушение поверхности гиперзвукового летательного аппарата**

*Лепихов А.В., к.ф.-м.н.; Меркулов Е.С.\**

*АО «ГРЦ Макеева», г. Миасс, Россия*

*Ю-УНЦ УРО РАН, г. Миасс, Россия*

*\*mes1@yandex.ru*

Как известно, атмосфера планеты имеет сложный компонентный состав, в который, помимо прочего, входит водяной пар, который при определенных условиях имеет тенденцию к конденсации в капельную фазу, особенно на высотах 2-13 километров над поверхностью земли. Таким образом, движение летательных аппаратов с большой вероятностью может происходить в турбулентной многофазной полидисперсной неравновесной среде. При этом поверхность гиперзвуковых летательных аппаратов испытывает значительные тепловые нагрузки даже в свободном потоке. Наличие же капельной фазы в потоке может изменить тепловой режим гиперзвукового летательного аппарата.

В данной работе рассматриваются вопросы прохождения капельной фазы через головной ударный скачок гиперзвукового летательного аппарата. Рассмотрены вопросы дробления капель при прохождении ударной волны, а также их испарение в высокосубзвуковом потоке вокруг летательного аппарата. Представлена методика проведения численного моделирования взаимодействия дисперсного потока с гиперзвуковым летательным аппаратом. Данная методика построена на базе решения уравнений Навье-Стокса с учетом наличия Лангранжевой фазы в потоке. При этом допускается взаимное влияние частиц и свободного потока друг на друга. Частицы могут сталкиваться между собой и дробиться. Учитывается испарение воды с поверхности частиц, в связи с чем в области, прилегающей к летательному аппарату, значительно возрастает концентрация водяного пара.

На базе представленной модели проведены тестовые расчеты. На основании этих расчетов сделаны выводы о влиянии наличия капельной жидкости в потоке на картину течения и теплообмен у поверхности гиперзвукового летательного аппарата. Рассмотрена возможность возникновения эрозионного разрушения теплозащитного покрытия под воздействием дисперсной фазы.

# Influence of the presence of the dispersed phase in the external flow on heat transfer and surfaces erosion damage on hypersonic flight vehicle

A.V. Lepikhov, E.S. Merkulov

As it is known planet's atmosphere has a complex composition, which among other includes water vapor which, under certain conditions, tends to condense in the dropping phase, especially at altitudes of 2-13 kilometers above the ground. Thus the movement of aircraft with a considerable degree of probability may occur in turbulent multiphase polydisperse nonequilibrium environment. The surface of hypersonic flight vehicle experiences significant thermal load even in the free stream. The presence of condensed phase in the flow can change the thermal conditions of hypersonic flight vehicle.

This paper deals with the passing of the droplet phase through the bow shock wave from hypersonic flight vehicle. Considered the problems of fragmentation of drops when they passing of the shock wave, and evaporated in high-enthalpy flow around the flight vehicle. Presents a methodology of numerical simulation of the interaction of dispersed stream with a hypersonic flight vehicle. This methodology is based on the solution of the Navier-Stokes equations, taking into account the presence of Lagrange phase in the flow. At the same time allowed the mutual influence of particles and the free stream of on each other. The particles can collide with one another and break up. Taken into account the evaporation of water from the surface of the particles, due to which in the area adjacent to the aircraft greatly increases the concentration of water vapor.

The test calculations are carried on the basis of the presented model. Conclusions are made about the influence of the presence of liquid drops in the flow on the heat transfer on the surface of a hypersonic aircraft based on these calculations, as well as consider the possibility of erosion damage of the thermal protection lining under the influence of the dispersed phase.