

## РАСЧЕТ РАДИАЦИОННЫХ ПОТОКОВ НА ОБШИВКУ СПУСКАЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Аристова Е.Н., Сахаров В.И.<sup>1</sup>, Шильков А.В.

125047, Москва, Миусская пл., д. 4, Институт прикладной математики им.  
М.В.Келдыша РАН

<sup>1</sup>119192, Москва, Мичуринский проспект, д. 1, НИИ механики МГУ

При расчете тепловых потоков на обшивку спускаемых космических аппаратов необходимо учитывать собственное излучение нагретой плазмы ударного слоя. Влияние радиационных потоков тем больше, чем больше размеры спускаемого аппарата. При размерах тела порядка или больше метра радиационные процессы оказывают существенное влияние на газодинамическое течение. Поэтому учет вклада радиационных процессов существенен при расчете газодинамического течения и теплозащиты спускаемых аппаратов. Существенную трудность в расчете представляет учет спектральных характеристик горячего слоя воздуха из-за наличия большого количества атомарных и молекулярных линий поглощения. В зависимости от участка траектории спуска ширина спектральных линий может быть весьма различна. Наиболее точным и наиболее затратным с вычислительной точки зрения является поточечный расчет с набором энергий фотонов, достаточным для прописывания каждой линии на всех высотах, даже там, где линии поглощения очень узки. Такой "line-by-line" подход требует расчета при миллионах точках по энергии, что в условиях организации итерационного взаимодействия между газодинамическим течением и расчетом поля излучения ведет к неоправданному перерасходу вычислительных ресурсов.

В работе рассмотрена сходимость двух методов осреднения по спектру – классического многогруппового приближения при увеличении числа групп, а также метода лебеговского осреднения, предложенного А.В.Шильковым, в сравнении с точными результатами, получаемыми из расчета методом "line-by-line". Показано, что сходимость обоих методов хуже для больших высот и малых толщинах ударного слоя, однако если для многогруппового подхода ошибка составляет сотни процентов, то для лебеговского в худшем случае до 10 процентов при одинаковой затратности расчета. Приведены примеры расчета поля излучения около сферы и затупленного конуса при спуске с первой космической скоростью.