

ОСОБЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ ИСТЕЧЕНИЯ СВЕРХЗВУКОВЫХ СТРУЙ

А.С. Грищенко, аспирант, ГВУЗ «ЛПТУ»

Стремительно развивающиеся информационные технологии и компьютерная техника позволяют увеличить скорость решения дифференциальных уравнений: движения жидкости и газа, теплопроводности, массообмена и т.п. При этом, за счет использования систем САД проектирования (КОМПАС, AUTOCAD) совместимых с различными вычислительными комплексами можно выполнить расчет для любого геометрически сложного объекта.

В настоящее время разработано большое количество программных комплексов для моделирования: движения жидкостей и газов (как частично сжимаемых, так и полностью), движения двухфазных сред (жидкость или твердая частица в газовой фазе), горения одно и двухфазных сред и т.п. Среди таких программ FlowVision, RealFlow, Blender, Glu3d, AfterBurn, FumeFX, Autodesk Simulation CFD, Fluent, в основе которых лежат сеточные методы решения уравнений Навье-Стокса или методы решёточных уравнений Больцмана.

Для моделирования истечения сверхзвуковых кислородных струй из сопловых блоков кислородных конвертерных фурм использовался программный пакет FlowVision, позволяющий моделировать движение полностью сжимаемых жидкостей и их химическое взаимодействие (горение) с окружающей средой. Для загрузки геометрии исследуемой области использовалась система 3D проектирования «КОМПАС», где в качестве исследуемой области строилось сопло и часть окружающей среды (длинной до 10 калибров сопла и диаметром до 4 калибров), в которую истекает струя. Для ускорения расчета использовались возможности симметрии в FlowVision, и для классических сопел Лавалья создавалась модель $\frac{1}{4}$ сопла, а для сопел с косым срезом - $\frac{1}{2}$ сопла. При моделировании сопел с числом Маха 2 накладывались следующие граничные условия: абсолютное давление на входе в сопло – 1 МПа, давление окружающей среды 0,1 МПа. Для унификации результатов моделирования размеры ячеек расчетной сетки вычислялись в относительных единицах. Длина ребра кубической ячейки составляла $\sim 0,1$ калибра. Для устойчивости решения использовалась неявная расчетная схема с числом Куранта 0,1 – 1, при этом явный шаг по времени составлял $10^{-8} \div 10^{-11}$ с, а длительность одного численного эксперимента – 4-20 суток. Уменьшение размеров ячейки не приводило к увеличению шага по времени, а лишь увеличивало время вычисления одной итерации.

Выполнено моделирование истечения воздушной и кислородных струй из сверхзвуковых сопел классической формы и с косым срезом (величиной от 7 до 20 градусов) выходного сечения. Полученные значения скорости и давления на оси струи и по ее радиусу хорошо согласуются с литературным данными.