

Изменение геометрии канала модели заряда в соответствии со скоростью горения

М.Д. Иванов^{1,2}, И.В. Лаптев^{1,2}, П.А. Семёнов²

¹⁾ Московский физико-технический институт (государственный университет)

²⁾ ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»

При моделировании рабочих процессов в гибридных [1,2] или твердотопливных ракетных двигателях возникает задача по моделированию изменения геометрии канала в заряде в соответствии со скоростью горения в процессе расчёта. Трудность данной задачи состоит в том, что скорость горения может быть переменной по каналу.

Имеется сегмент поверхности канала (горения) в заряде (рис.1). Сначала он дискретизируется по следующему алгоритму (рис.2). Центральная ось канала обозначается за ось X . Затем отрезок оси разбивается точками на заданное количество отрезков. Из полученных точек перпендикулярно оси Ox «выпускаются» лучи. Лучи пересекают поверхность горения заряда. Полученные точки пересечения соединяются, образуя необходимый набор треугольников.

Затем на каждом шаге по времени перебираются все треугольники в наборе. Каждый треугольник сдвигается по нормали на расстояние, которое соответствует скорости горения в центре данного треугольника (рис.3). И ищутся точки пересечения плоскости, в которой лежит сдвинутый треугольник, и соседних лучей (рис.4).

Когда данные операции проделаны для всех треугольников, на каждом луче образуется несколько точек пересечения (рис.5). В зависимости от положения треугольников вокруг луча, точки пересечения стягиваются в одну. Эта операция выполняется для каждого луча. В итоге получают точки, являющиеся вершинами треугольников. Данные треугольники аппроксимируют новую поверхность горения (рис.6).

Для проверки работоспособности алгоритма было проведено сравнение с результатами, полученными при помощи верифицированного модуля для программы SolidWorks [3].

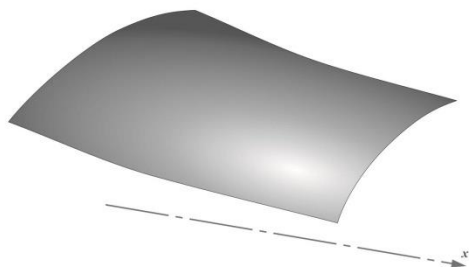


Рисунок 1. Сегмент поверхности горения

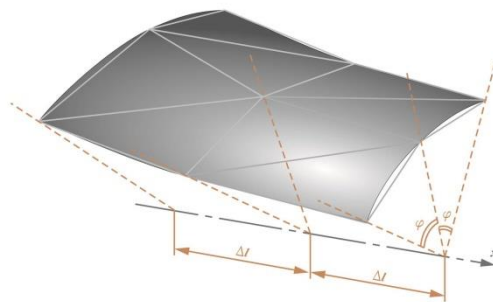


Рисунок 2. Дискретизированный сегмент поверхности горения

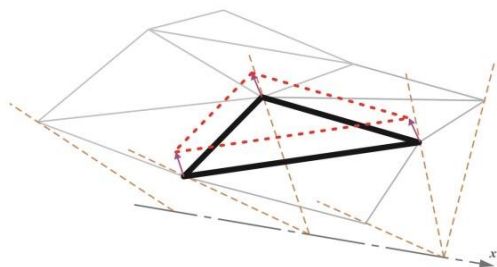


Рисунок 3. Сдвигание треугольника по нормали

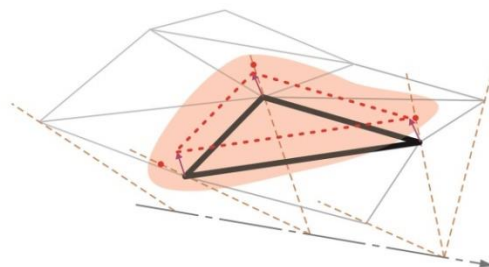


Рисунок 4. Поиск точек пересечения

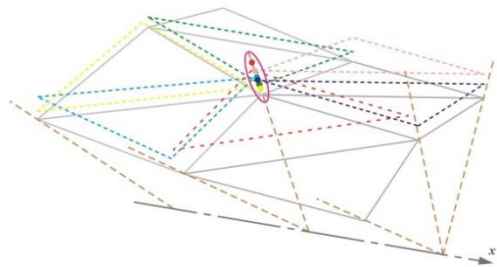


Рисунок 5. Объединения точек пересечения в одну

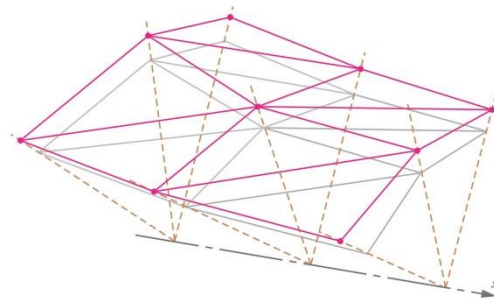


Рисунок 6. Новая поверхность горения

Литература

1. Волков Н.Н., Волкова Л.И. и др., Процессы в гибридных ракетных двигателях. – М.: Наука, 2008. 405с.
2. Семёнов П.А. Расчётно-экспериментальные исследования рабочих процессов в комбинированных ДУ с конденсированными компонентами топлив: диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, 2013.
3. Лаптев И.В., Семёнов П.А., Дегтярев С.А. Автоматизация моделирования процесса выгорания заряда твёрдого топлива в системе SOLID WORKS// Автоматизация. Современные технологии. 2016. №3. 14-18с.