**ГАЗОДИНАМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВЕРХЗВУКОВЫХ СТУИ И ПОТОКОВ С ПРЕГРАДОЙ**

**Ю.В.Каун**

*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова*

*Россия, Санкт-Петербург, 190005,ул. 1-я Красноармейская, д. 1*

*E-mail: y.kaun13@mail.ru*

В настоящей работе исследуется задача силового воздействия сверхзвуковой струи на преграду конечных размеров в пакете ANSYS Fluent и сравниваются полученные результаты с данными лабораторной работы по курсу Аэродинамики, цель которой была определить распределение давления по поверхности выпуклой преграды, найти суммарную силу воздействия потока на преграду.

При вычислительном моделировании рассматривается задача истечения сверхзвуковой струи из сопла и взаимодействие ее с преградой конечных размеров. Для решения задач газовой динамики традиционно используются уравнения Навье – Стокса, осредненные по Рейнольдсу. Вычислительный эксперимент проводился в двумерной, осесимметричной постановке. Граничные условия численного эксперимента воспроизводят условия физического эксперимента: *θa* = 4,45°, *r\** = 0,75 см*, ra* = 1 см, *Ma* = 2.04, избыточное давление в ресивере 6 атм, температура 300К.

Также при вычислительном моделировании рассматривается задача истечения сверхзвуковой струи из сопла и взаимодействие ее с преградой двух других форм: плоская и вогнутая, полученные результаты сравниваются. Начальные данные, геометрия и граничные условия полностью совпадают с постановкой физического эксперимента. На рисунке 1 представлены распределения давления по преградам различной формы, полученные в результате расчета.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 1 – Распределение давления на преградах |

Интегрируя полученные давления по поверхности, были получены следующие суммарные силы, действующие на преграды. Результаты представлены в Таблице 1.

Таблица 1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Выпуклая преграда | Плоская преграда | Вогнутая преграда |
| N | 76 Н | 216 Н | 231 Н |

Суммарная сила, действующая на преграду, зависит от формы этой преграды. В случае вогнутой преграды, сила, действующая на эту преграду, оказалась максимальной.

Также была поставлена задача смоделировать динамическую задачу натекания реактивной струи на подвижные преграды. Движение преграды осуществлялось с помощью подключения модуля Dynamic Mesh пакета Ansys Fluent 15.0 методом динамического расслоения (Layering). При использовании Layering происходит создание и разрушение ячеек сетки на границе расчетной области. Ячейки добавляются или удаляются в зависимости от того, растет расчетная область или уменьшается. После каждого изменения количества ячеек сетка перестраивается.

Данный метод может быть использован для элементов типа призмы, гексаэдр или клиновидный элемент. Динамическая сеточная модель в ANSYS FLUENT позволяет назначить постоянную (идеальную) высоту слоя для каждого движущейся границы.

Слой ячеек расположенный на движущейся границе (слой j на рисунке 3.3) расслаивается или объединяется с последующим слоем (слой i на рисунке 3.3) в зависимости от текущей высоты h ячеек этого слоя.

|  |
| --- |
| laying.jpg |
| Рисунок 3.3 - Пример динамического расслоения |

Для того, чтобы реализовать данный метод перестроения сетки, необходимо было модифицировать геометрию, в частности добавить пристеночный слой и увеличить число ячеек.

Для получения установившегося решения для одного режима обтекания (заданы сопло и преграды, давление ресивера и температура окружающей среды) требовалось осуществить 10000 итераций.

При натекании сверхзвуковой струи перед преградой образуется ударная волна и происходит изменение газодинамических параметров: скорость и число Маха потока уменьшаются, а давление, плотность и температура газа увеличиваются.

В момент, когда преграда практически вплотную прилегает к срезу сопла, в критической его части возникает запирающий скачок уплотнения.

В результате интегрирования давления по поверхности были получены следующие действующие на преграды суммарные силы.

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Выпуклая преграда | Плоская преграда | Вогнутая преграда |
| N | 76 Н | 216 Н | 231 Н |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Выпуклая преграда | Плоская преграда | Вогнутая преграда |
| N | 232 Н | 450 Н | 486 Н |

Следовательно в случае плоской преграды используется только половина располагаемой энергии струи, оставшаяся половина покидает лопатки со выходной скоростью *w*. Чтобы практически полностью использовать энергия струи следует выбрать преграду в форме ковша с полным разворотом потока.

Интерес к исследованию газовых потоков и их взаимодействию с обтекаемыми телами связан с практическими приложениями в авиационно-ракетной технике, энергетике и ряде технологических процессов.

Основной метод определения указанных нагрузок, действующих на преграды – экспериментальный. Но использование вычислительных пакетов и подключение различных модулей позволяют в точности смоделировать физический эксперимент и определить как силовое, так и тепловое воздействие сверхзвуковой струи на преграды.

Наибольшую трудоемкость представляет опытное определение параметров теплообмена. Наиболее полно характеризуют взаимодействие параметры, измеренные в окрестности критической точки на преграде.

Освоение методов построения динамических сеток позволяет решать более широкий спектр газодинамических задач.