

Классификация дозвуковых режимов течения вязкого газа в канале постоянного сечения*

А.Ю. Мельников¹, В.И. Звегинцев¹

¹ *Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН,
г. Новосибирск, Россия*

Рассматривается одномерное течение вязкого газа в канале постоянного сечения с дозвуковой скоростью на входе. Предлагается использовать комплексный подход к оценке потерь на трение для дозвуковых участков течения: в виде потерь полного давления по длине этих участков и их зависимости от различных параметров. На основе предлагаемого подхода к оценке потерь полного давления выполнена классификация возможных режимов течения и определены количественные границы существования этих режимов в зависимости от скорости на входе, от длины канала и от соотношения давлений на входе и выходе рассматриваемого канала.

Ключевые слова: трение, канал постоянного сечения, дозвуковой поток.

Введение

Исследование внутренних течений газа в каналах, ограниченных твердыми стенками, представляет собой самостоятельное направление газовой динамики. Задача исследований состоит в определении параметров газового потока по длине и на выходе из канала. Исходными условиями для расчета внутренних течений являются параметры газа на входе в канал, геометрия канала и распределение энерго-массоподвода по длине канала. Для расчета параметров используются разнообразные модели течений и характеристик протекающего газа.

В данной работе рассматривается адиабатическое одномерное стационарное течение вязкого совершенного газа в канале постоянного сечения. В таком течении сохраняется расход и температура торможения потока по всей длине канала. Основной задачей является определение потерь полного давления вследствие трения на стенках канала.

Течения вязкого газа в канале постоянного сечения с дозвуковой скоростью на входе давно и подробно исследовались, начиная с классической работы И. Никурадзе по определению коэффициентов сопротивления гладких и шероховатых труб [1–3]. Работы [4–6] являются классическими и широко используются в научной и учебной литературе. В них представлены основные уравнения и методы анализа дозвукового течения, включая потери давления и изменение числа Маха вдоль канала. В работе [7] приведен огромный объем справочных данных по потерям полного давления в каналах с трением и с различного рода местными сопротивлениями. Важная особенность представленных выше работ заключается в том, что потери полного давления вычисляются по формуле Вейсбаха – Дарси как произведение коэффициента трения (зависящего от числа Рейнольдса и от шероховатости стенок) на скоростной напор потока на входе в канал. В то же время в работе [8] задача течения в канале решена с учетом гравитации, что расширяет классическую постановку. В работе авторов [9] показано, что при значительном изменении скорости по длине канала более точным является разделение канала на отдельные участки и определение потерь полного давления на каждом из участков по величине скоростного напора на входе этого участка.

Настоящая работа посвящена классификации дозвуковых режимов течения вязкого газа в канале постоянного сечения. Определены количественные границы возможных режимов дозвукового течения с трением в зависимости от скорости, массового расхода, длины канала и соотношения давлений на входе и выходе. Предлагается комплексный подход к анализу потерь давления и их зависимости от различных факторов. Это позволит в дальнейшем объединить с единых позиций методы определения потерь на трение для дозвуковых и сверхзвуковых течений вязкого газа в канале постоянного сечения [10].

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИТПМ СО РАН (№ гос. регистрации: 124020900037-2).