

УДК 533.6.011.72

Аналитическая модель ударно-волновых структур с импульсным энергоподводом при входе в воздухозаборник перспективного реактивного двигателя комбинированного типа

Чернышов Михаил Викторович^(*)

mvcher@mail.ru

Савелова Карина Эдуардовна

karinkamurz@yandex.ru

Лаптинская Мария Михайловна

amara96@mail.ru

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Представлена новая приближенно-аналитическая модель течения с маховским отражением, учитывающая возможность импульсного тепловыделения на главном скачке. Проанализировано влияние энергоснабжения на смещение критериев перехода к нерегулярному отражению, высоту главного скачка и размеры высокотемпературной части потока. В ряде публикаций авторов работы высказана идея комбинированного прямооточного воздушно-реактивного двигателя, использующего потоки газа, разделенные тангенциальным разрывом за тройной точкой маховского отражения, в разных термодинамических циклах.

Ключевые слова: сверхзвуковое течение, маховское отражение, скачки уплотнения, энергоподвод, детонация

Введение. Развитие реактивных летательных аппаратов и струйных технологий требует теоретического анализа течений со сложными ударно-волновыми структурами, включающими нерегулярное взаимодействие и маховское отражение скачков уплотнения. Такие структуры, например, возникают во входных диффузорах высокоскоростных летательных аппаратов, в сверхзвуковых струйных течениях и сопловых устройствах. Быстрая оценка размеров образующихся сильных скачков с их повышенными потерями полного давления, увеличением температуры и энтропии газового потока позволяет управлять параметрами реактивных двигателей различного (в том числе комбинированного типа [1, 2]).

Материалы и методы; результаты. Рост интереса к доработке существующих и созданию модернизированных аналитических моделей ударно-волновой структуры течений с маховским отражением связан с газодинамическим проектированием аппаратов для полетов с большой сверхзвуковой скоростью и реактивных двигателей для них. Как известно, повышенная температура реакционноспособного газового потока за главным скачком при нерегулярном отражении в потоке с большими числами Маха способна в несколько раз превышать температуру за отраженным скачком. Благодаря этому инициируется импульсное энергоснабжение, становится возможным использование потока за маховским скачком в термодинамическом цикле детонационного двигателя.

В работе выявлены условия существования и проведен параметрический анализ тройных конфигураций скачков уплотнения, возникающих при махов-

ском отражении с импульсным энерговыделением и изменением химического состава смеси на главном скачке. Впервые разработана приближенно-аналитическая модель течения с маховским отражением при возможном наличии импульсного энерговыделения и изменения химического состава смеси на главном скачке. Выявлены закономерности изменения ударно-волновой структуры маховского отражения при импульсном энерговыделении на главном скачке уплотнения. Разработанная модель быстрой оценки параметров ударно-волновой структуры маховского отражения, допускающая импульсное энерговыделение и изменение химического состава газа на главном скачке, может быть использована при проектировании различных технических устройств, например, прямоточных реактивных двигателей.

Заключение. Импульсное энерговыделение за главным скачком, а также, в меньшей степени, уменьшение показателя адиабаты газа, вызванное физико-химическими эффектами, приводят к расширению области существования маховского отражения, которое при наличии энерговыделения и физико-химических эффектов теоретически может возникать при всех сверхзвуковых числах Маха. Возможность энерговыделения за главным скачком способствует маховскому отражению относительно слабых падающих скачков, которые при отсутствии физико-химических эффектов отражаются только регулярно.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки
и высшего образования Российской Федерации (№ FZWF-2024-0003).*

Список источников

- [1] Chernyshov M.V., Murzina K.E., Matveev S.A., Yakovlev V.V. Shock-wave structures of prospective combined ramjet engine. *IOP Conf. Series: materials science and engineering*, 2019, vol. 618, art. no. 012068, 10 p.
- [2] Savelova K.E., Alekseeva M.M., Matveev S.A., Chernyshov M.V. Shock-wave structure of prospective combined jet engine. *Journal of Physics: conference series*, 2021, vol. 1959, art. no. 012043, 9 p.