



МАТЕРИАЛЫ XXII МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ И СОВРЕМЕННЫМ ПРИКЛАДНЫМ ПРОГРАММНЫМ СИСТЕМАМ



Посвящается году Науки и Технологий

МАТЕРИАЛЫ XXII МЕЖДУНАРОДНОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ ПО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ
И СОВРЕМЕННЫМ ПРИКЛАДНЫМ
ПРОГРАММНЫМ СИСТЕМАМ



ВМСПС'2021

4–13 сентября 2021 г.
Алушта, Крым



Таким образом, экспериментально выявлена возможность сквозной регистрации температур и тепловых потоков на моделях в начале и при окончании вакуумирования аэродинамического блока перед воздействием высокоскоростного потока на модель, а затем непосредственно в потоке.

1. *Surzhikov S. T.* Validation of computational code UST3D by the example of experimental aerodynamic data // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. — 2017. — V. 815. — P. 012023. — DOI: 10.1088/1742-6596/815/1/012023.
2. *Суржиков С. Т.* Численная интерпретация экспериментальных данных по аэродинамике модели НВ-2 с использованием компьютерных кодов USTFEN и PERAT-3D // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. — 2020. — Т. 21, Вып. 1. — URL: <http://chemphys.edu.ru/issues/2020-21-1/articles/900/>. — DOI: 10.33257/PhChGD.21.1.900.
3. *Yatsukhno D. S.* Computational study of the waverider aerothermodynamics by the ust3d computer code // Journal of Physics: Conference Series. — 2018. — V. 1009. — P. 012002. — DOI: 10.1088/1742-6596/1009/1/012002.
4. *Ruleva L. B., Solodovnikov S. I.* Heat flow measurements on high-speed aircraft models // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. — 2020. — V. 927. — P. 012083. — URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/927/1/012083/pdf>.
5. *Суржиков С. Т.* Расчетные исходные данные для решения тестовых задач в измерительной секции гиперзвуковой ударной аэродинамической трубы ГУАТ лаборатории РадГД ИПМех РАН // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. — 2021. — Т. 22, Вып. 1. — URL: <http://chemphys.edu.ru/issues/2021-22-1/articles/931/>. — DOI: 10.33257/PhChGD.22.1.931.
6. *Суржиков С. Т.* Расчетные исходные данные для решения тестовых задач в рабочей зоне гиперзвуковой ударной аэродинамической трубы ГУАТ лаборатории РадГД ИПМех РАН // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. — 2021. — Т. 22, Вып. 1. — URL: <http://chemphys.edu.ru/issues/2021-22-1/articles/930/>. — DOI: 10.33257/PhChGD.22.1.930.
7. *Zapryagaev V. I. et al.* Heat transfer in supersonic separated flow of the compression corner // J. Phys.: Conf. Ser. — 2019. — V. 1382. — P. 012049.
8. *Попов П. А., Сахаров В. А., Лапушкина Т. А., Поняев С. А., Монахов Н. А.* Измерение тепловых потоков датчиками на анизотропных термоэлементах в газодинамическом эксперименте на ударных трубах // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. — 2021. — Т. 22, вып. 3. — URL: <http://chemphys.edu.ru/issues/2021-22-3/articles/939/>. — DOI: 10.33257/PhChGD.22.3.939.

УПРОЩЕННЫЕ МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ СИЛЬНОГО РАЗРЫВА В ЛОКАЛЬНО РАВНОВЕСНЫХ ПОТОКАХ ИДЕАЛЬНОЙ ПЛАЗМЫ

М. А. Рыдалевская, А. С. Савельев

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

В докладе рассматриваются ударные волны, возникающие в сверхзвуковых потоках ионизированных одноатомных газов. При этом предполагается, что зона релаксации физико-химических процессов в ударной волне много меньше размеров обтекаемого тела, и ее можно рассматривать как поверхность, разделяющую две области локально равновесного газового потока.

В настоящей работе рассматриваются потоки химически однородного одноатомного газа, который можно считать идеальным и описывать на уровне одночастичных функций распределения даже после многократной ионизации.

Как известно, значения параметров по разные стороны от поверхности разрыва связаны соотношениями, вытекающими из динамических законов сохранения. Такими законами являются законы сохранения импульса, полной энергии и массовой плотности. В классической газовой динамике, в каждой точке поверхности разрыва выписываются условия динамической совместности (см., например, [1, 2]):

$$[\rho \vec{v} \Theta] = [p \vec{n}], \quad (1)$$

$$\left[\left(\rho \frac{v^2}{2} + e \right) \Theta \right] = [p v_n], \quad (2)$$

$$[\rho \Theta] = 0, \quad (3)$$

где используются обозначения: ρ — массовая плотность смеси, \vec{v} — газодинамическая скорость, p — давление, e — энергия единицы объема, \vec{n} — вектор нормали к поверхности разрыва, $\Theta = N - v_n$ (N — скорость перемещения поверхности разрыва, Θ — скорость ее распространения в газе);

$$[b] = b^{(+)} - b^{(-)}, \quad (4)$$

$b^{(-)}$ и $b^{(+)}$ — значения параметра b до и после ударной волны.

Одноатомный ионизированный газ состоит из атомов A_0 , ионов A_c с зарядом $+c$ и свободных электронов e^- . При всех столкновениях микрочастиц сохраняются ядра A_* и электроны e^- . Поэтому, в ситуации, когда степень ионизации исследуемого газа заранее не известна, вместо условия совместности (3) можно использовать соотношения:

$$[\tilde{n}_* \Theta] = 0, \quad (5)$$

$$[\tilde{n}_{e^-} \Theta] = 0, \quad (6)$$

где \tilde{n}_* — общее число ядер A_* , входящих в разные чатсицы A_c , где $c = 0, 2 \dots N$ (N — номер химического элемента A в периодической системе элементов); \tilde{n}_{e^-} — общее число электронов (свободных и входящих в частицы A_c , $c = 0, 1, \dots N-1$).

Использование условий совместности (1), (2), (5), (6) и равновесных функций распределения, нормированных на общие числа ядер и электронов в единице объема [3], позволяет упростить исследование равновесных состояний ионизированных газов за ударными волнами.

В докладе уделяется особое внимание исследованию состава ионизованных газов за прямыми скачками уплотнения.

1. Коин Н. Е., Кибель Н. А., Розе Н. В. Теоретическая гидромеханика. Т. 2. — М.: Наука, 1963.
2. Черный Г. Г. Газовая динамика. — М.: Наука, 1988.
3. Rydalevskaia M. Simplified method for calculation of equilibrium plasma composition // Physica A. — 2017. — No. 476. — P. 49–57.

ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПОДВЕСКИ НА КОЛЕБАНИЯ ПЛОХО ОБТЕКАЕМОГО ТЕЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЕТРА*

А. Н. Рябинин, Р. В. Шмигирилов

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

В экспериментах в аэродинамической трубе наблюдались вращательные и поступательные колебания плохо обтекаемого тела (модели сегмента моста) под дей-

*Финансовая поддержка настоящего исследования предоставлена РФФИ (грант 19-38-90045).