

УДК 621.454.2

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ТЕЧЕНИЯ С ТЕПЛОТДАЧЕЙ В ПОЛОСТЯХ ВРАЩЕНИЯ ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

© Шлоссер Е.В., Зуев А.А.

e-mail: Shlosser88@mail.ru

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация*

Одной из основных тенденций развития авиационно-космической техники является повышение качества проектирования, основанного на использовании современных расчетных методик и математических моделей, более корректно отражающих процессы, происходящие как в отдельных агрегатах, так и всего летательного аппарата в целом.

При проектировании проточных частей узлов турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей необходимо учитывать изменение температуры потока рабочего тела по длине рабочего канала, так как параметр вязкости является функцией температуры и определяет режим течения и как следствие потери, в частности дисковое трение и потери мощности на дисковое трение [1-2].

На основе полученных уравнений движения и выражений для определения локального коэффициента теплоотдачи разработан алгоритм расчета течения с теплоотдачей в полостях вращения, позволяющий проводить оптимизацию в области возможных вариаций конструктивных и режимных параметров узлов и агрегатов энергетических установок летательных аппаратов, по основным конструктивным и эксплуатационным параметрам: распределению скоростей, давлений и температур.

При разработке алгоритма расчета вращательного течения по закону «твердого тела» $\frac{U}{R} = \omega = const$ с теплоотдачей использованы следующие основные уравнения:

– дифференциальное уравнение угловой скорости ядра потока:

$$\frac{d\omega_{я}}{dR} = -\frac{2\pi}{\rho V} \left(\tau_{0\alpha}^{cm} - \tau_{0\alpha}^{диск} \right) - \frac{2\omega_{я}}{R}; \quad (1)$$

– дифференциальное уравнение статического давления:

$$\frac{dp}{dR} = \rho\omega_{я}^2 R + \frac{\rho V^2}{4\pi^2 z_1^2 R^3} + \frac{1}{z_1} \left(\pm \tau_{0R(\alpha)}^{диск} \mp \tau_{0R(\alpha)}^{cm} - \tau_{0R(p)}^{диск} - \tau_{0R(p)}^{cm} \right). \quad (2)$$

Дифференциальные уравнения скорости и давления, полученные при интегрировании уравнений движения, для вращательного течения.

Данная система уравнений течения решается совместно с уравнениями поддержки и представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений приведенных к стандартному виду для численного интегрирования.

Уравнения течения дополняются уравнением энергии:

$$h = C_p (T + 273) + \frac{C^2}{2} - \frac{Q}{\dot{m}} + \frac{N}{\dot{m}}, \quad (3)$$

куда входят: тепловой поток, определяемый с помощью полученных аналитических выражений для локального коэффициента теплоотдачи и диссипация энергии трения.

Уравнения течения и энергии замыкаются уравнением состояния

$$pv = RT \quad (4)$$

Данная система уравнений представляет замкнутую систему уравнений, совместное решение которой позволяет определить температурное поле в потоке, распределение скоростей и давлений, а также дает возможность определить распределение локального коэффициента теплоотдачи для всех точек поверхности. Совокупность упомянутых уравнений называется общим аналитическим описанием теплоотдачи.

Основным преимуществом алгоритма по сравнению с алгоритмами, основанными на эмпирических зависимостях, является относительно широкая область применения. Алгоритм расчета течения с теплоотдачей в стенку реализован в программное обеспечение, которое позволяет рассчитывать полости течения различной формы, строить двумерные семейства характеристик различных параметров потока в зависимости от геометрических и режимных параметров.

Библиографический список

1. Байбиков, А.С. Расчет гидродинамических параметров потока несжимаемой жидкости между вращающимся диском и корпусом. ОФАП. САПР №10387 / А.С. Байбиков, В.М. Харитоненко. – М., 1982. – 42 с.
2. Беляев Е.Н., Чванов В.К., Черваков В.В. Математическое моделирование рабочего процесса жидкостных ракетных двигателей: Учебник / Под. ред. В.К. Чванова – М.: Изд-во МАИ, 1999 – 228 с.: ил.