

УДК 621.224

А.Е.Фёдоров (5 курс, каф. ПМ), Б.С.Григорьев, д.т.н., проф.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОТЕРЬ НА ВХОДЕ НА РЕАКЦИЮ ГАЗОВОГО СЛОЯ ПРИ КРУГОВОМ ДВИЖЕНИИ РОТОРА В КОЛЬЦЕВОМ СОТОВИДНОМ УПЛОТНЕНИИ.

Для малых смещений ротора относительно центрального положения используется следующая модель, описывающая связь силы реакции газового слоя и перемещений [1]:

$$-\begin{Bmatrix} F_x \\ F_y \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K & k \\ -k & K \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} C & c \\ -c & C \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{Bmatrix} + M \begin{Bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

Здесь K/k – прямая/поперечная жёсткость, C/c – прямое/поперечное демпфирование, M – присоединённая масса, x, y – компоненты перемещения ротора, F_x, F_y – компоненты силы реакции, K, k, C, c, M – динамические коэффициенты ротора.

Целью данной работы является вычисление силы реакции газового слоя на круговое движение ротора и динамических коэффициентов ротора, а также исследование влияния на эту силу зависимости коэффициента потерь на входе в уплотнение от толщины зазора. Динамические коэффициенты ротора играют важную роль при исследовании динамики ротора, что определяет практическую важность поставленной задачи.

Для описания турбулентного течения газа в уплотнении используется bulk-flow теория [2]. Рассматривается движение ротора вокруг центрального положения по окружности малого радиуса ε . Далее применяется метод малых возмущений. Это позволяет перейти от системы уравнений в частных производных к существенно более простой задаче, а именно к последовательному решению двух задач Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений. На основе решения этих задач вычисляется сила реакции газового слоя, а также динамические коэффициенты.

Недостатком bulk-flow теории является сильное расхождение результатов расчёта и эксперимента для прямой жёсткости [1]. Важно отметить, что в bulk-flow теории рассматривается течение газа исключительно в уплотнении без прилегающей области. Но, как известно, на входе в уплотнение присутствует скачок давления, описываемый в этой теории с помощью граничного условия, в котором присутствует параметр ξ , характеризующий потери на входе. Этот параметр в вышеописанной процедуре расчёта считается постоянным, что, вообще говоря, неправильно. На самом деле этот параметр является функцией параметров уплотнения. Неучёт этого факта может являться причиной расхождения результатов расчёта и эксперимента.

В данной работе этот коэффициент потерь также раскладывается по малому параметру ε , что требует определения производной $\frac{\partial \xi}{\partial h}$. Для её определения проводились расчёты в

гидродинамическом пакете Fluent с двумя моделями турбулентности ($k-\varepsilon$ и $k-\omega$). Рассматривалась 2-D модель, включающая в себя как само уплотнение, так и области,

прилегающие к нему (рис. 1). По результатам расчётов анализировалось поведение решения на входе в уплотнение, и после осреднения неизвестных вычислялся коэффициент потерь на входе. Расчёты производились

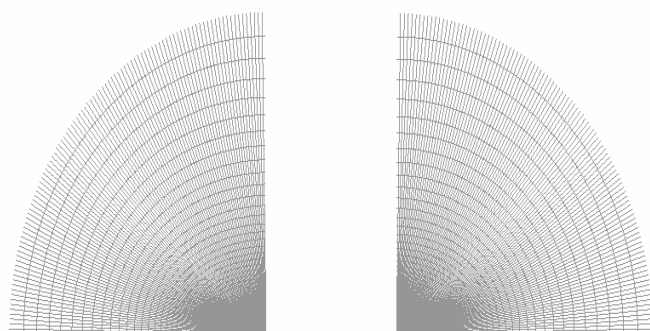


Рис. 1. Расчётная область с сеткой

для разных толщин зазоров, что позволило аппроксимировать $\frac{\partial \xi}{\partial h}$. После этого полученная производная использовалась для расчёта сил в уплотнении.

Результаты приведены на рис. 2. Здесь непрерывной линией показана экспериментальная зависимость, взятая из [1], крупным пунктиром – с коэффициентом потерь, не зависящим от h . Результаты по описанной выше схеме представлены мелким пунктиром (с использованием $k - \omega$ модели) и пунктиром с точкой (с использованием $k - \varepsilon$ модели).

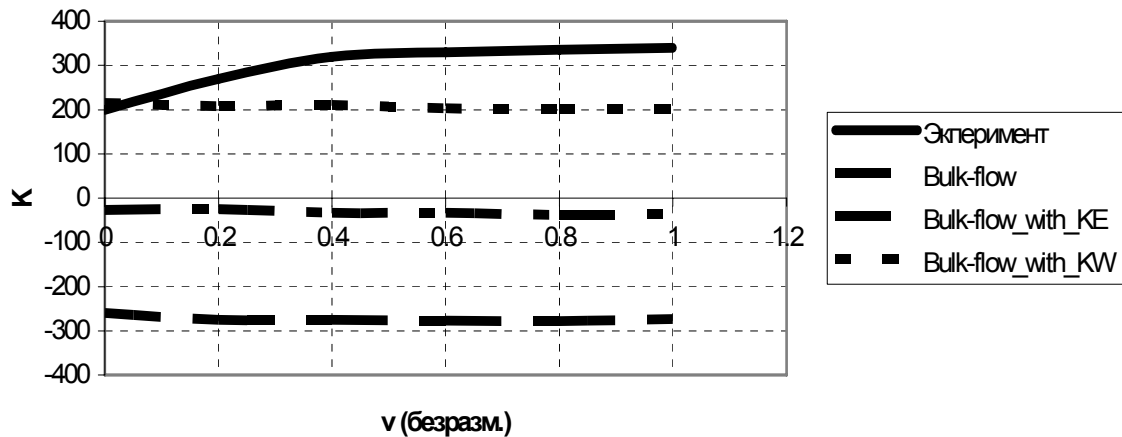


Рис. 2. Зависимость прямой жёсткости от предварительной закрутки потока

Как видно из приведённого графика, учёт зависимости $\xi(h)$ позволил улучшить совпадение расчёта с экспериментом. При этом лучшие результаты получаются при использовании $k - \omega$ модели.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Elrod D.A., Childs D.W., Nelson C.C. ASME Journal of Lubrication Technology, Vol. 112, Apr. 1990, pp. 196-204.
2. Nelson C.C. ASME Journal of Lubrication Technology, Vol. 107, Jul. 1985, pp. 318-325.