

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЧІЇ В'ЯЗКОГО ГАЗУ У БЕЗЛОПАТКОВИХ ДИФУЗОРАХ ВІДЦЕНТРОВИХ КОМПРЕСОРИВ

RESEARCH OF VISCOUS GAS FLOW IN VANELESS DIFFUSERS OF THE CENTRIFUGAL COMPRESSORS

Щербачков О.М., студент,  
Калінкевич М.В., Ігнатенко В.М., доценти, СумДУ, Суми

Shcherbakov O., student,  
Kalinkevych M., Ihnatenko V., associate professors, SumSU, Sumy

Расширение сферы применения центробежных компрессоров сопряжено с необходимостью совершенствования их технико-экономических показателей, в частности повышения КПД, а также расширения диапазона экономичной работы компрессора в области малых производительностей.

Компрессоры со ступенями с безлопаточными диффузорами имеют ряд преимуществ - технологичность изготовления, более равномерное распределение давлений за рабочим колесом, что обеспечивает небольшую динамическую нагрузку на ротор. Ступени с безлопаточными диффузорами имеют широкую зону устойчивой работы и пологую характеристику КПД в области больших производительностей компрессора. Однако экономичность безлопаточного диффузора в области малых расходов обычно заметно ниже, чем лопаточного. Это вызвано в первую очередь возникновением обратного течения вследствие отрыва пограничных слоев от боковых стенок.

Целью работы является создание комплекса компьютерных программ, которые могут позволить выполнить численное исследование конструктивных и режимных параметров на характеристики безлопаточных диффузоров центробежных компрессоров.

Система уравнений для расчета течения газа в осесимметричном канале состоит из уравнений движения, осредненных по Рейнольдсу (RANS), уравнения неразрывности, уравнения состояния и уравнения процесса.

Расчет течения газа выполняется в два этапа:

1. Определение осредненных параметров течения;
2. Расчет полей скоростей и характерных величин пограничного слоя.

Средняя радиальная проекция скорости находится из уравнения:

$$c_{ср} = \frac{G}{2\pi r b \rho_{ср}}$$

При неразвитом турбулентном течении, средняя окружная проекция скорости  $c_u^{cp}$ :

$$c_u^{cp} = c_{u3} \cdot \frac{r_3}{r} \cdot \left( 1 - 2 \cdot \left( \frac{\delta_{ru}^{**}}{b_3} \right) \right)$$

где  $\delta_{ru}^{**}$  - толщина потери момента.

При полностью развитом течении, средняя окружная составляющая скорости  $c_u^{cp}$

$$c_u^{cp} = c_{u3} \cdot \frac{r_3}{r} \cdot \left\{ 1 + 0,6\mu \left[ \left( \frac{r}{r_3} \right)^{1,25} - 1 \right] \right\}^{-1,333}$$

Изменение давления вдоль радиуса определяется соотношением:

$$\frac{p - p_3}{\rho c_{r3}^2} = \frac{0,7778}{\sin \tilde{\alpha}_3} \left[ 1 - \left( \frac{r_3}{r} \right)^2 \right] - 0,0516 \left( \frac{c_{r3} b_3}{\nu} \right)^{-0,25} \frac{r - r_3}{b_3} \left[ 1 + \frac{r_3}{r} \left( 1 - \frac{r_3}{r} \right) (\operatorname{ctg} \tilde{\alpha}_3)^{2,75} \right]$$

Для возможности математического описания закономерностей течения в пограничном слое была принята упрощенная модель пограничного слоя, согласно которой, пограничный слой условно можно разделить на две области: а) область ламинарного течения вблизи стенки (вязкий подслой); б) область турбулентного течения, в которой проявляются как молекулярные, так и молярные силы трения.

Оценка возможности появления отрыва пограничного слоя для радиальной составляющей может выполняться с использованием формпараметра Бури:

$$\Gamma = \frac{\delta_r^{**}}{\rho C_r^2} \frac{dp}{dr} \left( \frac{\delta_r^{**} C_r}{\nu} \right)^{\frac{2m}{m+1}},$$

где  $\delta_r^{**}$  - толщина потери импульса

Условие отрыва потока:

$$\Gamma < \Gamma_0 = -0,06.$$

Программа для расчета турбулентного течения газа в безлопаточном диффузоре разработана в среде Delphi 7.0. Программа имеет удобный интерфейс и позволяет рассчитывать параметры потока, характерные величины пограничного слоя.