

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЧІЇ В'ЯЗКОГО ГАЗУ У БЕЗЛОПАТКОВИХ ДИФУЗОРАХ ВІДЦЕНТРОВИХ КОМПРЕСОРИВ

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

*Щербаків 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:

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

При неразвитом турбулентном течении, средняя окружная проекция скорости  $c_u^{\text{ср}}$ :

$$c_u^{\text{ср}} = c_{u3} \cdot \frac{r_3}{r} \cdot \left( 1 - 2 \cdot \left( \frac{\delta_{\text{тл}}^{\text{ср}}}{b_3} \right) \right)$$

где  $\delta_{\text{тл}}^{\text{ср}}$  - толщина потери момента.

При полностью развитом течении, средняя окружная составляющая скорости  $c_u^{\text{ср}}$

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

Изменение давления вдоль радиуса определяется соотношением:

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

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 подслей); 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.