

УДК 621.226 (075.8)

М.М. Егоров (6 курс, каф. ГМ), А.А. Жарковский (к.т.н., доц.)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТУПЕНЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

При автоматизированном проектировании промежуточных ступеней ЦН, таких как питательные насосы для ТЭС, возникает необходимость расчетной оценки течения и потерь в отводящих устройствах – лопаточных отводах или по другой терминологии – малоканальных отводах (МКО). МКО имеют сложную форму, сводящуюся к набору прямоосных и криволинейных диффузоров. Исследования показывают, что высокие энергетические качества ступени в значительной мере определяются формой каналов МКО. В литературе отсутствуют достаточно надежные систематизированные данные о гидравлических качествах отдельных участков переводного канала. Это объясняется сложностью и трудоемкостью изготовления каналов МКО; трудностью сравнения гидравлических качеств литых и фрезерованных каналов разной формы; трудностью разделения потерь на различных участках МКО и пр. Для выяснения возможностей численных методов для расчета трехмерного вязкого течения и потерь в каналах отводов было решено сначала апробировать один из таких методов, реализованном в гидро-газодинамическом комплексе FLUENT, на изолированном прямоугольном диффузоре. После этого можно будет переходить к исследованию течения в каналах МКО.

Угол раскрытия прямоугольного диффузора составлял $\phi=14^\circ$ и радиус кривизны средней линии диффузора $R_{sr}=900$ мм [1].

Угол раскрытия диффузора определяется выражением:

$$\phi = \arctg \frac{S_k - S_o}{2x_k},$$

где $x_k=1000$ мм - полная длина диффузора (под длиной кривоосного диффузора понимается длина его оси); $S_o=120$ м-ширина начального сечения диффузора; $S_k=366$ мм - ширина конечного сечения диффузора. Высота диффузора постоянна – $b=120$ мм.

Закон изменения текущей ширины диффузора S , а следовательно, и площади диффузоров F по длине оси x был принят линейным; тогда

$$S = S_o + 2x \cdot \operatorname{tg}\phi.$$

Под углом раскрытия понимается угол, составленный боковыми стенками прямоосного диффузора, полученного распрямлением кривоосного диффузора.

В прямоугольной системе координат $\epsilon O \mu$, связанной с начальным сечением, координаты стенок канала определяются следующими выражениями.

Внутренняя стенка:

Внешняя стенка:

$$\epsilon = \left[R_{sr} - \frac{S_o}{2} - \frac{(S_k - S_o) \cdot R_{sr} \cdot \alpha^0}{2000 \cdot 57.3} \right] \sin \alpha;$$

$$\epsilon = \left[R_{sr} + \frac{S_o}{2} + \frac{(S_k - S_o) \cdot R_{sr} \cdot \alpha^0}{2000 \cdot 57.3} \right] \sin \alpha$$

$$\mu = R_{sr} - \left[R_{sr} - \frac{S_o}{2} - \frac{(S_k - S_o) \cdot R_{sr} \cdot \alpha^0}{2000 \cdot 57.3} \right] \cos \alpha;$$

$$\mu = R_{sr} - \left[R_{sr} + \frac{S_o}{2} + \frac{(S_k - S_o) \cdot R_{sr} \cdot \alpha^0}{2000 \cdot 57.3} \right] \cos \alpha$$

Угол α в приведенных выражениях является параметром.

На входе в диффузор задавалась средняя скорость в начальном сечении 50 м/с, что соответствует числу Re :

$$Re = \frac{V_{sr} \cdot R_g}{\nu} = 100000,$$

где $R_g = \frac{S_o h}{2(S_o + h)} = 30$ мм – гидравлический радиус в начальном сечении.

Для определения коэффициента турбулентной вязкости используется модель турбулентности с двумя дифференциальными уравнениями для k (кинетической турбулентной энергии) и e (скорости диссипации турбулентной энергии). Турбулентная вязкость выражается в этой модели через локальные значения k и e следующим образом:

$$\nu_t = C_\mu \frac{k^2}{e}$$

Для нахождения полей k и e используется так называемая RNG-k-ε модель. Эмпирические константы для модели турбулентности были приняты следующими:

$$C_\mu = 0.0845; C_{\epsilon_1} = 1.42; C_{\epsilon_2} = 1.68; \sigma_k = 0.72; \sigma_e = 0.72; \eta_{\epsilon} = 4.38; \beta = 0.015.$$

Граничные условия в задаче задавались следующие:

- во входном сечении диффузора задавалась скорость 50 м/с, направленная перпендикулярно входному сечению;
- в качестве граничных условий определяющих турбулентность потока на входе задавались гидравлический радиус 0.03 м и турбулентная интенсивность 4%;
- в выходном сечении задается свободный выход потока;

$$\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{\partial P}{\partial n} = 0,$$

где n - нормаль к выходному сечению диффузора.

- на твердых стенках задаются условия прилипания для компонент скорости и нулевые потоки параметров турбулентности

$$\frac{\partial k}{\partial n} = \frac{\partial e}{\partial n} = 0,$$

где n – нормаль к стенке.

Для расчета была построена сетка со сгущением у стенок и с числом ячеек ≈ 50000 .

В результате расчета были получены поля скорости и давления, а также траектории движения частиц для качественного анализа течения в диффузоре. Полученные результаты были сопоставлены с экспериментальными данными.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Полоцкий Н.Д. Результаты исследования потока в плоских кривоосных диффузорах. Труды ВИГМ, вып. XXX, 1962.