

АНАЛИЗ И ОБОБЩЕНИЕ ДИАГРАММ ПОВЕРХНОСТНЫХ СКОРОСТЕЙ НА ЛОПАТКАХ РАБОЧИХ КОЛЕС ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Работа посвящена одному из направлений совершенствования метода универсального моделирования кафедры КВХТ СПбГПУ – моделирования газодинамических характеристик промышленных центробежных компрессоров.

В программах, базирующихся на методе универсального моделирования для расчета потерь, особенно их профильной составляющей, требуется знание параметров эпюры поверхностных скоростей. Для этого используются программы двух уровней: первого уровня - расчет обтекания не производится, а определяется путем особой схематизации, и второго уровня - используется программа расчета обтекания лопаток невязким сжимаемым квазитрехмерным потоком. Для оптимального проектирования используются быстродействующие программы 1-го уровня. Их совершенствование возможно путем более корректной схематизации эпюры скоростей на лопатках РК.

Целью настоящей работы является изучение и обобщение характера обтекания лопаточных аппаратов РК промышленных центробежных компрессоров невязким квазитрехмерным потоком. В хорошо проверенной и эффективно работающей программе кафедры КВХТ СПбГПУ ЗДМ.023 реализованы принципы расчета наиболее соответствующие поставленной задаче.

Форма лопаточных аппаратов РК традиционного типа описывается ограниченным числом параметров. На рис. 1 показана схема проточной части и основные размеры, её определяющие. Можно представить приемлемую по размеру выборку объектов численного эксперимента, которая давала бы достаточно полную информацию о характере обтекания лопаток разных РК традиционного типа.

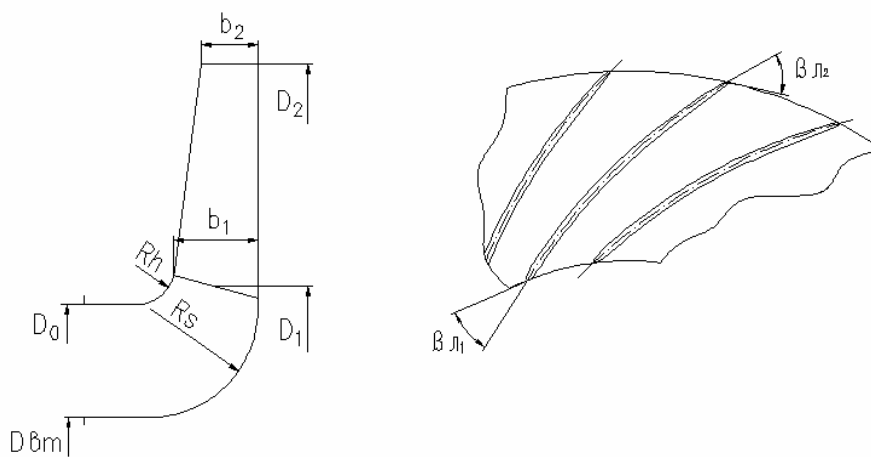


Рис. 1. Схема и основные размеры рабочего колеса традиционного типа

При систематическом исследовании обтекания РК традиционного типа необходимо изучить влияние следующих параметров и соотношений, определяющих форму РК и условия обтекания:

k , M , Re – критерии сжимаемости.

Меридиональная плоскость: D_1/D_2 , D_0/D_2 , b_2/D_2 , b_1/D_2 , R_h/D_2 , R_s/D_2 , - или связанный с ними $D_{вг}/D_2$.

Радиальная плоскость: $\beta_{л1}$, $\beta_{л2}$, δ/D_2 , Z .

Исследуемые газодинамические и геометрические параметры охватывают следующий диапазон:

$\Phi_p = 0.026 \dots 0.0775$; $\Psi_T = 0.370 \dots 0.800$; $M_u = 0.3 \dots 1.0$; $b_2/D_2 = 0.025 \dots 0.075$; $b_1/D_2 = 0.045 \dots 0.135$; $b_1/b_2 = 1.0 \dots 2.25$; $D_1/D_2 = 0.500 \dots 0.625$; $\beta_{n2} = 22 \dots 90$ град.; $\beta_{n1} = 25 \dots 40$ град.; $Z = 9 \dots 28$; $\tau_1 = 0.93 \dots 0.70$; $\delta_n/D_2 = 0.005 \dots 0.020$; $l/t = 1.79 \dots 3.50$.

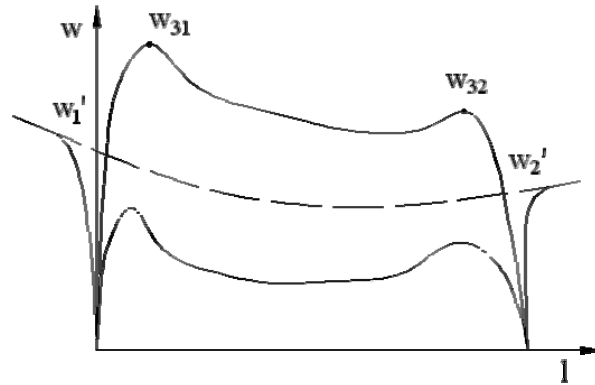


Рис. 2. Пример диаграммы поверхностных скоростей и характерные точки

По окончании расчета параметров квазитрехмерного потока производится определение поверхностных скоростей в характерных точках эпюры. На рис. 2 представлено распределение поверхностных скоростей РК. Ранее наиболее важными параметрами считались максимальная скорость на задней поверхности лопаток, и скорость в конце основного участка, перед началом разгрузки, т.е. для обобщения результатов использовались отношения $W_{31} = w_{31}/w_1$ и $W_{32} = w_{32}/w_2$. Вместо этих двух точек возможного отрыва переходим на общее замедление потока, w_2'/w_{31} - фактор диффузорности.

Полученные аппроксимирующие формулы:

Формула для расчета максимальной скорости на входе:

$$w_{31} / w_1 = 1,0 + 0,3\Delta W + 0,11(\beta_{n2} - 40,0)(\pi/180) + 0,09(40,0 / \beta_{n1} - 1)(\pi/180) + 0,06(0,8 - \tau_1) + 0,8(0,01 - \delta_n / D_2) + 0,08(2,2 - l/t) - 0,02(b_1 / b_2 - 1).$$

Формула для расчета скорости перед участком разгрузки (в конце задней поверхности лопатки):

$$w_{32} / w_2 = 1,0 + 0,26\Delta W / \tau + 0,3(D_1 / D_2 - 0,575) + 0,275(\beta_{n2} - 22,0)(\pi/180) + 0,08(40,0 - \beta_{n1})(\pi/180) + 0,2(0,8 - \tau_1) - 0,08(b_1 / b_2 - 1).$$

Упомянутые выше уравнения могут быть включены в программы первого уровня метода универсального моделирования для точной оценки профильных потерь в РК традиционного типа. Необходимые для расчета профильных потерь параметры эпюры скоростей будут представлены как аналитические функции алгебраических уравнений, аппроксимирующих результаты численного эксперимента.