

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЬНЫХ СТУПЕНЕЙ КАФЕДРЫ КВХТ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОТЕРЬ

Центробежные компрессоры играют очень важную роль в современной газовой, нефтяной и химической промышленности, а так же в металлургии, транспорте, машиностроении, строительстве. Вопрос оптимального проектирования требует особенного внимания. Исследования в данном направлении проводятся на кафедре «Компрессорной, вакуумной и холодильной техники» (кафедре КВХТ), где под руководством Ю.Б.Галеркина совершенствуется разработанный им метод универсального моделирования [1]. Метод универсального моделирования успешно применяется в течение более 15 лет при проектировании новых и модернизации существующих центробежных компрессоров, по нему было спроектировано более 30 типов центробежных компрессоров для ОАО «Газпром». Этот метод реализован в программном комплексе, который, в сравнении с коммерческими пакетами расчёта вязкого течения, позволяет в кратчайшие сроки произвести расчёт основных характеристик центробежного компрессора. Основные преимущества этого программного комплекса: стоимость расчета ниже по сравнению с созданием полномасштабной модели; малые затраты времени на проектирование; полнота получаемой информации (все интересующие основные параметры); соответствие получаемой информации действительным экспериментам; актуальность экспериментальных данных (протоколы испытаний широко используемых ступеней).

Суть метода заключается в определении КПД исходя из потери напора h_w на отдельных участках проточной части, так как именно это слагаемое в уравнении Бернулли не может быть найдено алгебраически:

$$h_T = h_{\Pi} + h_d + h_w, \tag{1}$$

где h_T – теоретический напор, h_{Π} – политропный напор, h_d – динамический напор.

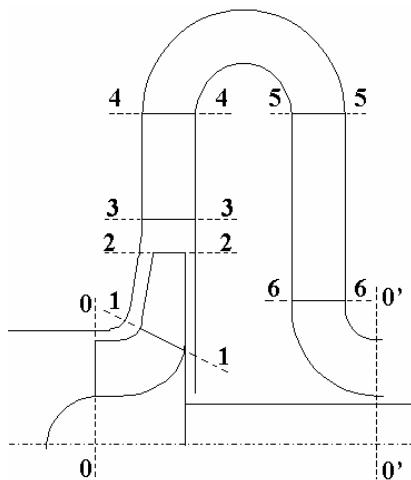


Рис. 1. Схема ступени компрессора

На рис.1 изображены характерные участки проточной части центробежной компрессорной ступени промежуточного типа: 0-1 – вход в рабочее колесо (РК), 1-2 – лопаточная решетка РК, 2-3 – выход из РК, 3-4 – диффузор, 4-5 – поворотное колено, 5-6 – обратно-направляющий аппарат (ОНА), 6-0' – криволинейный конфузор.

Согласно предложенному методу потери в ступени делятся на потери в РК $h_{w_{РК}}$, потери в диффузоре $h_{w_{диф}}$ и потери в ОНА $h_{w_{ОНА}}$:

$$h_w = h_{w_{РК}} + h_{w_{диф}} + h_{w_{ОНА}}. \tag{2}$$

В случае рабочего колеса потери суммируются на передней и задней поверхностях лопатки и на ограничивающих поверхностях:

$$h_{w_{РК}} = h_{w_{\Pi}} + h_{w_3} + h_{w_{огр}} \tag{3}$$

На передней и ограничивающих поверхностях имеют место только потери трения, а на задней поверхности, кроме того, могут возникнуть потери смещения (отрыв потока). Тогда соответствующие коэффициенты потерь будут иметь вид:

$$\zeta_{\infty} = X_1 \cdot Re_w^{X_2} \cdot \left(1 + X_3 \cdot (w_2/w_1)^{X_4}\right) \cdot \left(1 + X_5 \cdot Ro^{X_6}\right) \cdot L/a \cdot (w_2/w_1)^2, \tag{4}$$

$$\zeta_{\text{н}} = X_7 \cdot (\varphi_{2\text{н}} - \varphi_2)^2 / 2, \quad (5)$$

где $X_1 \div X_7$ – эмпирические коэффициенты, Re_w – число Рейнольдса, Ro – число Россби, w_1, w_2 – скорости на входе в лопаточный аппарат РК и на выходе из него на рассматриваемой поверхности, $\varphi_{2\text{н}}$ – коэффициент расхода за РК в активной части потока (струе), φ_2 – коэффициент расхода после выравнивания поля скоростей, L/a – отношение длины канала к среднему по длине расстоянию между лопатками.

Идентификация математической модели основана на использовании экспериментально определенных характеристиках модельных ступеней и их отдельных элементов. Специальные программы отыскивают такие значения коэффициентов X , при которых различие между экспериментальным и рассчитанным КПД минимально для возможно большего количества экспериментов. К их числу относится программа «IDENT» (разработчик К.А.Данилов), которая входит в комплекс программ Метода универсального моделирования. К началу данного этапа работы программа «IDENT» насчитывала 326 протоколов испытаний, начиная с 1978 г.

В рамках своей научной работы на данном этапе автор исследовал параметры модельных ступеней и расширил базу программы «IDENT» внесением порядка 40 экспериментальных протоколов кафедры КВХТ, начиная с 1997 г. Добавленные протоколы охватывают следующие типы модельных рабочих колес: 028, 038, 048, 050, 051, 055, 060, 064, К101-1, К101-4. Диапазоны параметров внесенных экспериментальных данных представлены в табл. 1.

Таблица 1. Диапазоны параметров внесенных экспериментальных данных.

Параметр	Число Рейнольдса	Число Маха	Наружн. диаметр	Втулочное отношение	Частота вращения	Условный коэф. расхода в расчетном режиме	Коэф. теоретического напора в расчетном режиме	КПД
Обозначение	Re	M_u	$D_2, м$	$\bar{D}_{вт}$	$n, \frac{об}{мин}$	Φ	Ψ	η
Диапазон	$5,2 \cdot 10^6 - 8,0 \cdot 10^6$	0,60 - 0,86	0,35 - 0,41	0,25 - 0,42	9060 - 15480	0,0316- 0,0678	0,494 -0,604	0,74 2- 0,87 9

Дальнейшее совершенствование математической модели Метода универсального моделирования и расширение экспериментальной базы является актуальной задачей, решение которой обеспечит оптимальное проектирование новых и совершенствование уже существующих центробежных компрессоров по заказу промышленности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Труды научной школы компрессоростроения СПбГПУ/Под ред. Ю.Б.Галеркина. С-Пб.: 2005. – 496 с.