XXXI Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч. II: С. 85-87, 2003.
© Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2003.

УДК 621.515.001

С.А.Вазенмиллер (аспирант, кафедра КВХТ), Р.В.Шинтяпин, К.В.Солдатова (5 курс, кафедра КВХТ), Ю.Б.Галёркин, д. т. н., проф., А.Ю.Прокофьев, асс.

ПОДГОТОВКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТУПЕНИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

Центробежные компрессоры относятся к машинам, получившим очень широкое применение в современной технике. Они используются в химической, газовой и нефтяной промышленности, на магистральных газопроводах, в энергетике, машиностроении, металлургической и горнорудной промышленности, на строительстве, на железных дорогах и судах, в автомобильном и воздушном транспорте, для трубопроводного транспорта, в пищевой промышленности, холодильниках, установках глубокого холода и т. д. Таким образом, проблема оптимального проектирования центробежного компрессора имеет очень большое значение.

При создании инженерного метода расчёта газодинамических характеристик на кафедре компрессоростроения была поставлена цель: сделать его гибким, нетрудоемким и точным. При любом способе проектирования неизбежно определение формы проточной части на основании общих рекомендаций (первичное проектирование). Принципиальная новизна разработанного Метода оптимального проектирования заключается в том, что затем происходит корректировка всех размеров для получения наивысшего КПД.

Основная проблема расчёта характеристик заключается в определении потерь напора. Математическая модель рассчитывает потери как сумму потерь на отдельных участках проточной части: потери на передней и задней поверхностях лопаток, на поверхностях дисков рабочего колеса, на стенках безлопаточного диффузора, на лопатках и ограничивающих поверхностях лопаточного диффузора и т.д.

Безразмерные коэффициенты потерь на каждом участке учитывают потери трения и вихревые потери. Коэффициенты потерь рассчитываются с помощью алгебраических уравнений, включающих ряд эмпирических коэффициентов. В этих уравнениях аргументами выступают:

– отношение скоростей в конце и начале участков (местные диффузорности),
– относительный шаг и относительная высота лопаток,
– местные максимальные числа Маха,
– местные числа Рейнольдса,
– безразмерный критерий сил инерции перпендикулярных направлению движения газа (‘‘условное число Россби’’).

Для использования уравнений математической модели нужно знать численные значения эмпирических коэффициентов. Специально разработанная программа определяет такие значения эмпирических коэффициентов, при которых различие между рассчитанными и экспериментальными значениями КПД получается минимальным. В идентификации участвуют экспериментальные данные по многим десяткам центробежных ступеней, испытанных в СПбГТУ за многие годы проведения экспериментов. В настоящее время для практических расчётов используется выборка из характеристик полусотни разнообразных ступеней. Рассчитанные и экспериментальные КПД сопоставляются в нескольких точках по расходу. Средняя невязка для расчётных режимов имеет порядок одного процента, что практически равно погрешности эксперимента. Идентификация выполняется с помощью специально разработанного программного комплекса, включающего базу данных испытанных ступеней.

Для работы этого комплекса программ математической модели необходимо внести в электронную базу данных всю необходимую информацию по геометрии и характеристикам испытанных ступеней. База данных хранит информацию по:

– составу ступени (рабочее колесо с цилиндрическими лопатками или трёхмерное рабочее колесо, лопаточный или безлопаточный диффузор, обратно – направляющий аппарат или выходная сборная камера);

– геометрическим параметрам элементов ступени (диаметр и ширина канала в характерных сечениях рабочего колеса, диффузора и обратно – направляющего аппарата, информация по форме лопаточных аппаратов рабочего колеса и неподвижных элементов: входной и выходной углы, форма средней линии и т.д.);

– безразмерным критериям подобия при которых испытывалась данная ступень (число Маха по окружной скорости на периферии рабочего колеса, число Рейнольдса, показатель изоэнтропы газа);

– характеристики ступени (значение коэффициента расхода, коэффициента напора и КПД на всех режимах испытания).

Одна из проблем, связанная с идентификацией эмпирических коэффициентов заключается в том, что иногда из всего многообразия ступеней необходимо выбрать серию однотипных ступеней наиболее подходящую для идентификации. Разработанная программа позволяет выбрать серию ступеней по следующим критериям:

– тип рабочего колеса (с цилиндрической лопаткой или пространственные);

– тип диффузора (лопаточный или безлопаточный);

– выходной элемент ступени (обратно-направляющий аппарат или сборная камера);

– по безразмерным критериям подобия (число Маха, показатель изоэнтропы);

– по значениям коэффициента расхода;

– по значениям коэффициента напора.

Таким образом, разработанная база данных делает работу с комплексом программ математического моделирования максимально простой и удобной.

При внесении информации в базу данных возникли трудности, вызванные некоторой хаотичностью и недостоверностью исходной информации по испытаниям ступеней. Данные по испытанным ступеням находились в нескольких различных источниках, причем некоторые из них содержали только часть необходимой информации. Также были замечены случаи противоречивых данных по одному и тому же испытанию. Некоторые геометрические параметры ступени, содержащиеся в различных источниках, отличались друг от друга более чем на 5%, что никак не может быть связано с погрешностью округления размеров. Поэтому при заполнении базы была проведена работа по уточнению информации. Все данные были сверены с первоисточниками (чертежи проточных частей, протоколы испытаний ступеней), в результате все противоречия были устранены и в программу вносилась только достоверная информация.

Таким образом, созданная база данных без всяких опасений может использоваться для идентификации коэффициентов математической модели, после чего появится возможность выполнять расчет и оптимизацию проточных частей центробежных компрессоров.