УДК 629.7.035

В.Ю. Незым, А.А. Никишов, С.В. Коркишко

ОЦЕНКА КПД ОСЕВОГО ВЕНТИЛЯТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Осевые вентиляторы широко распространены в различных областях техники. В связи с многообразием требований, которые к ним предъявляются, возникает необходимость в разработке аэродинамической схемы, обеспечивающей выполнение вентилятора, с наибольшей полнотой удовлетворяющего условиям его компоновки и применения. Одним из наиболее важных параметров, характеризующих работу осевого вентилятора, является его КПД. Получение максимального КПД повышает эффективность, экономичность вентилятора, что особенно важно в условиях энергетического кризиса.

Помимо традиционных методов аэродинамического расчета вентиляторов, базирующихся на использовании имеющегося расчетно-теоретического и экспериментального опыта для выбора основных параметров вентилятора, возможны и другие подходы. В частности, построение и использование статистической модели дает возможность рассчитывать КПД вентилятора в зависимости от его основных геометрических и кинематических характеристик.

На получение максимально высокого КПД вентилятора в целом (или его рабочего колеса - РК) влияет ряд параметров, к основным из которых соавторами отобраны следующие:

$z_к$ - число лопаток РК, шт.;

ν_1 - относительный диаметр втулки на входе в РК;

$\theta_г$ - угол установки профиля лопатки в решетке на среднем радиусе, град;

$\tau_к$ - густота решетки РК на среднем радиусе;

$c_к$ - относительная толщина профиля лопатки РК на среднем радиусе (%).

Анализ характеристик и геометрических данных осевых вентиляторов, представленных в работе [1], позволил получить массив (11 точек) исходных данных (табл.1) для построения статистической модели. При этом экспериментальный КПД выступает как функция Y, а параметры $z_к, \nu_1, \theta_г, \tau_к, c_к$ рассматриваются как аргументы X1, X2, X3, X4, X5 соответственно.

Таблица 1

NN п/п	$\eta^*(Y)$	$z_к(X1)$	$\nu_1(X2)$	$\theta_г(X3)$	$\tau_к(X4)$	$c_к(X5)$
1	0.837	8	0.5	17	0.59	10
2	0.875	16	0.6	35	0.94	10
3	0.875	27	0.663	55.4	1.32	7.5
4	0.863	32	0.688	38	1.28	9
5	0.890	31	0.6	60.7	1.22	9
6	0.775	4	0.35	15	0.135	4
7	0.865	12	0.6	31	0.82	12
8	0.880	14	0.55	45.1	1.66	14
9	0.825	20	0.7	37	1.24	20
10	0.725	14	0.6	27	1.85	14
11	0.850	10	0.6	36.45	0.83	20

Результаты выполненного по-отдельности анализа влияния каждого из указанных аргументов X на функцию Y можно свести к следующему.

Взаимосвязи X1 = f(Y), ..., X5 = f(Y) обработаны с использованием метода наименьших квадратов при трех степенях полинома (1, 2, 3). При этом даже максимальный из полученных коэффициентов корреляции ($K \approx 0.65$) для функции Y = f (X3) указывает на значительное удаление возможной аппроксимирующей функции от линейной. Однако, если для ориентировочной приближенной оценки производить сравнение аргументов по дисперсии при первой степени полинома, то они располагаются следующим образом (в порядке возрастания дисперсии): X3, X1, X2, X5, X4. Исходя из этого, можно считать X3 (угол установки $\theta_г$) в некотором смысле определяющим (среди всех пяти аргументов).

Для построения статистической модели необходимо использовать метод, позволяющий совокупно учесть влияние всех пяти аргументов (X1, ..., X5) на функцию Y. В качестве такого метода был выбран и использован метод группового учета аргументов (МГУА) [2].

Метод (МГУА) предназначен для построения моделей технических и других сложных объектов и процессов по экспериментальным данным в условиях неопределенности, характеризующейся ограниченностью числа наблюдений, их зашумленностью и неполной информацией о составе значимых переменных и о структуре внутренних взаимосвязей объекта (процесса).

МГУА отличается от других методов активным применением принципов автоматической генерации вариантов, неокончательных решений и последующей селекции по внешним критериям (регулярности или стабильности) для построения моделей оптимальной сложности.

В результате применения одной из программ МГУА получена зависимость (формула модели), связывающая X1, ..., X5 с Y с использованием внешнего критерия регулярности:

$$Y = C_0 + C_1 \cdot X3 - C_2 \cdot X1 \cdot X4 + C_3 \cdot (X1)^2 - C_4 \cdot (X2)^2 \cdot X3 + C_5 \cdot X2 + C_6 \cdot (X1)^3 - C_7 \cdot (X1)^3 \cdot X3 \cdot X5 + C_8 \cdot (X1)^4 - C_9 \cdot (X1)^4 \cdot X3$$

Коэффициент корреляции для результирующей зависимости составил К=0.9994 (практически линейная зависимость), т.к. большинство алгоритмов МГУА основано на таком ограничении: полное описание является полиномом, причем таким, что после преобразования его слагаемых получается линейный полином [2]. В соответствии с этим интересно произвести сравнение модели с составляющими ее влияющими параметрами с точки зрения СКО (среднеквадратического отклонения). Подсчитано, что СКО даже определяющего параметра $\theta_г$ (аргумент X3 с минимальным среди всех аргументов СКО=0.03834) в 1.3 раза больше СКО формулы модели (равного 0.03050). Это позволяет сделать вывод, что модель не только объединяет одной формулой все пять влияющих на функцию аргументов, но и с меньшим разбросом "собирает" опытные точки относительно аппроксимирующей линии, чем это имеет место по каждому отдельному параметру (аргументу).

Полученная формула модели позволила оценить удельный вес влияния каждого отдельного аргумента на выходную функцию. Отклонение величин каждого из аргументов на 1% практически одинаково (в пределах 1%) изменило функцию. Это позволяет сделать вывод о практически равновесном влиянии каждого из выбранных параметров ($z_к, \nu_1, \theta_г, \tau_к, c_к$) на КПД.

Построенная с использованием формулы модели зависимость $Y_{расч}$ от $Y_{эксп}$ представлена на рис.1.

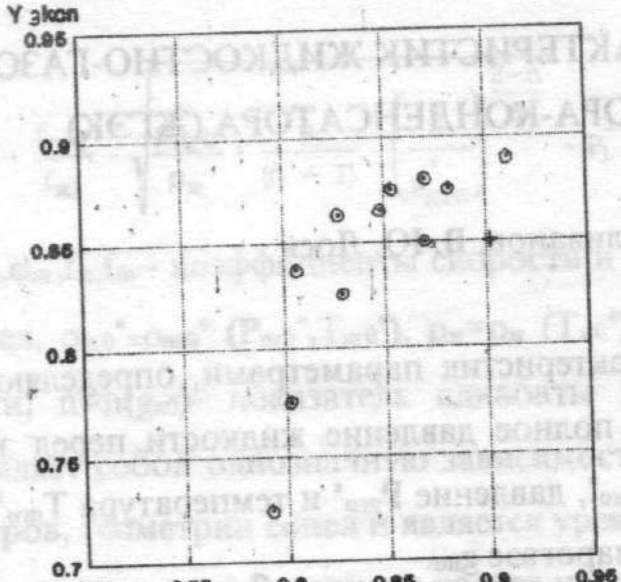

Рис. 1.

Из анализа работы [3] получена контрольная точка, которая не входила в массив исходных данных для построения модели. Эта точка (на рис.1 обозначена крестиком) соответствует параметрам: $z_к$=12, v_1=0.6, $\theta_г$=45°, $\tau_к$=0.697, $c_к$=10%. Использование построенной статистической модели для данной контрольной точки дало расчетное значение $Y_{расч}$=0.899 при экспериментальном значении $Y_{эксп}$=0.85, что подтвердило эффективность полученной модели.

Построенная статистическая модель для оценки КПД рабочего колеса осевого вентилятора может быть эффективно использована как для расчета КПД по имеющимся исходным параметрам, так и для оптимизации такого подхода.

Список литературы

1. Брусиловский И.В. Аэродинамический расчет осевых вентиляторов. -М.: Машиностроение, 1986.-288с.
2. Ивахненко А.Г., Юрачковский Ю.П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным.-М.:. Радио и связь, 1987.-120с-(Кибернетика).
3. Промышлнная аэродинамика (Сб. ст. ЦАГИ, вып.29). Аэродинамика лопаточных машин.-М.: Машиностроение, 1973.-232с.