

РЕГРЕССИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАЗМЕРОВ ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Батурин О. В.¹, Гатауллина Е. Д.¹, Горячкин Е.С.¹

¹Самарский национальный исследовательский университет имени С. П. Королева, г. Самара, baturin.ov@ssau.ru

Ключевые слова: осевой компрессор, проточная часть, осевые размеры, регрессионные уравнения.

Анализируя существующие методики проектирования проточной части многоступенчатых осевых компрессоров, авторы пришли к выводу, что применяемые там зависимости для определения осевых размеров проточной части имеют ограниченное применение. Действительно, они обычно ссылаются на диапазон изменения параметра (обычно, относительной высоты лопатки). Использование данных из разных участков диапазона позволяет получить компрессоры, отличающиеся по длине в 1,5 раза. По этой причине, для повышения качества проектного расчета компрессоров, авторы поставили себе цель получить новые, более точные, статистические формулы для определения осевых размеров многоступенчатых осевых компрессоров.

Для достижения поставленной цели авторы собрали статистику по основным размерам осевых компрессоров высокого давления современных авиационных ГТД. Было измерено 27 российских и зарубежных двигателей (всего более 200 ступеней компрессора). Измеряемые параметры показаны на рис. 1. Полученные размеры были обезразмерены (отнесены к известным в проектном расчете диаметрам, высотам лопаток и т.п.). Для исключения грубых ошибок проточные части компрессора протраивались по измеренным размерам, и полученные данные сравнивались с чертежом. Таким образом была сформирована база данных для регрессионного анализа.

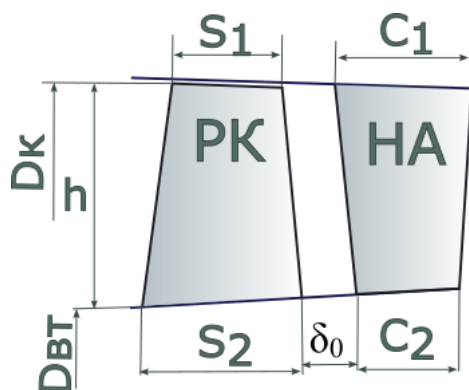


Рисунок 1 – Интересующие размеры ступеней компрессора

На первом этапе регрессионного анализа был проведен отсев выпадающих значений. Были найдены средние значения интересующих параметров в диапазонах и отбракованы все точки, которые отличаются от средних значений более чем на 2 величины среднеквадратичного отклонения σ .

После удаления выбросов произведен корреляционный анализ, в котором были найдены безразмерные величины, известные расчетчику, которые максимально влияют на искомый параметр (значение коэффициента корреляции более 0,7).

Для предварительно выбранных на предыдущем этапе переменных находилось уравнение линейной регрессии вида:

$$y = a_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n.$$

Для некоторых параметров также рассматривались нелинейные уравнения регрессии вида:

$$y = a_0 + b_1 \cdot x_1 + \dots + b_n \cdot x_n + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + \dots + b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j.$$

Величины коэффициентов находились с помощью пакета «анализ данных» Excel, там же рассчитывались параметры, характеризующие «качество» уравнения. Качество полученных уравнений оценивалось по следующим параметрам: R^2 – коэффициенту детерминации, P – значению – вероятности, позволяющей определить значимость найденного коэффициента регрессии.

Пример полученных регрессионных уравнений для оценки осевых размеров осевого компрессора приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Примеры полученных регрессионных уравнений для оценки осевых размеров осевого компрессора

Формула	P	R^2
$S_2/R_{вт} = 0,5102 - 0,4892 \cdot \bar{d}$	4,7E-56	0,8614
	2,7E-47	
$C_2/R_{вт} = 0,2678 - 0,0041 \cdot i + 0,1012 \cdot i/z - 0,3027 \cdot \bar{d} + 0,3286 \cdot S_2/R_{сп}$	1,5E-11	0,7711
	0,0033	
	2,9E-10	
	9,2E-13	
	0,0002	

Качество полученных формул было проверено путем расчета известных компрессоров существующих двигателей и сравнения полученных результатов с их чертежами. Пример сравнения показан на рис. 2.

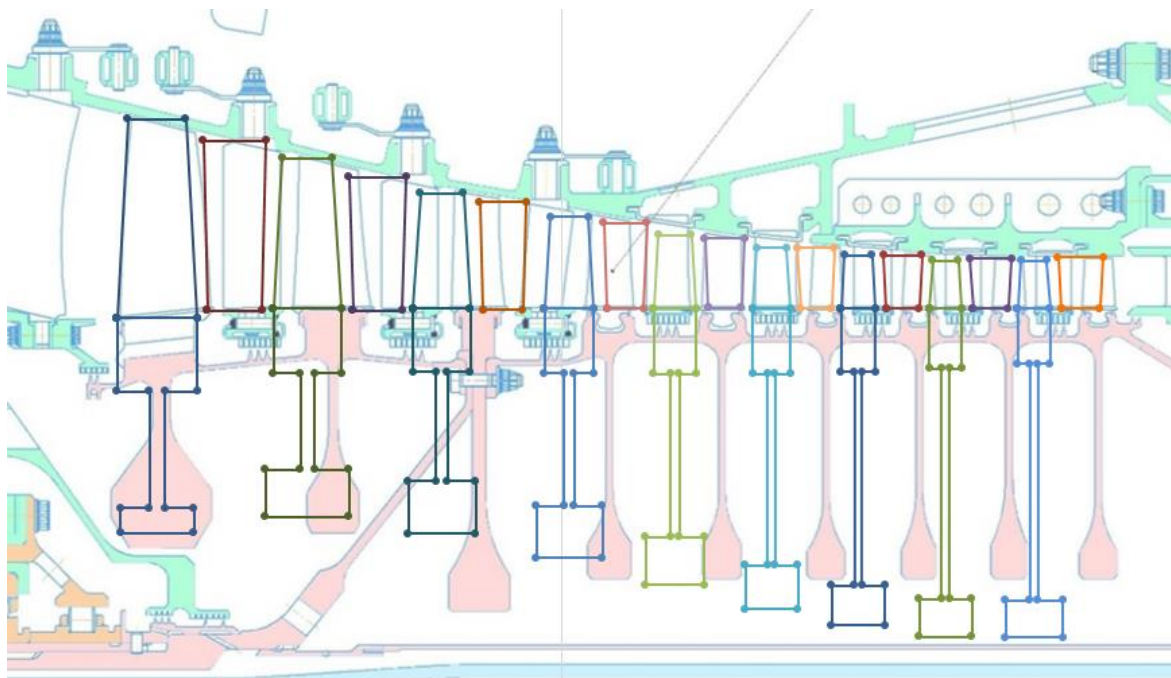


Рисунок 2 – Сравнение расчетной схемы с исходной схемой

Из приведенных данных видно, что регрессионные уравнения с высокой точностью описывают осевые размеры существующего компрессора. Таким образом они позволят при первоначальном проектировании вычислять осевые размеры компрессоров близкие к реальным, что в итоге повысит качество проектирования и сократит его время.

Список литературы

1. Булоусов А.Н., Мусаткин Н.Ф., Радько В.М. Теория и расчет авиационных лопаточных машин. Учебник для вузов. 2-е изд., испр., доп. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2003. 344 с.

Сведения об авторах

Батурин О.В., к.т.н., доцент кафедры теории двигателей летательных аппаратов имени В.П. Лукачёва. Область научных интересов: Рабочие процессы турбомашин, ГТД, вычислительная газовая динамика.

Гатауллина Е.Д., лаборант научно-образовательного центра газодинамических исследований.

Горячкин Е.С., к.т.н., доцент кафедры теории двигателей летательных аппаратов имени В.П. Лукачёва. Область научных интересов: Рабочие процессы турбомашин, ГТД, вычислительная газовая динамика.

REGRESSION EQUATIONS FOR SIZING OF AXIAL COMPRESSORS AT THE DESIGN STAGE

Baturin O. V.¹, Gataullina E. D.¹, Goryachkin E.S.¹

¹Samara National Research University named after S.P. Korolev, Samara, baturin.ov@ssau.ru

Keywords: axial compressor, flow part, axial dimensions, regression equations.