

УДК 621.45

## УТОЧНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ МАССЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО АВИАЦИОННОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Авдеев С. В., Красильников С. А.

Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С. П. Королёва, г. Самара

Важным условием при проектировании газотурбинного двигателя является его оптимизация, например по массе и удельному расходу топлива. Однако на начальных этапах проектирования, когда известны только параметры рабочего процесса двигателя, невозможно получить точное значение его массы. Поэтому для оценки массы ГТД можно применять формулу Маслова В.Г., Кузьмичева В.С., Григорьева В.А., которая была получена в 1984-м году, и позволяет сократить время оптимизации двигателя по массе на ранних этапах проектирования. В основу данной формулы были положены значения статистических коэффициентов вычисленных для двигателей до 1980-го года, что приводит к появлению существенной погрешности при вычислении массы современных двигателей (средняя погрешность составила 12,5 %).

Формула вычисления массы состоит из трех основных частей, учитывающих массу камеры смешения, газогенератора и вентилятора с его турбиной и в общем виде выглядит следующим образом:  $M_{\text{дв}} = (M_1 + M_2 + M_{\text{ксм}}) \cdot k_c \cdot k_{\text{рес}}$ . Коэффициенты  $k_c$  и  $k_{\text{рес}}$  учитывают совершенствование массы по годам и ее значение в зависимости от назначенного ресурса соответственно. Формула предполагает вычисление массы ГТД через основные параметры двигателя (температуру газа перед турбиной, суммарную степень повышения давления, степень повышения давления в вентиляторе, расход воздуха и др.) путем введения статистических коэффициентов, корректировка которых и производилась.

Для того чтобы повысить точность формулы был произведен поиск двигателей (с 1990 года до 2017 год) и их параметров, на основе которых производилась корректировка статистических коэффициентов, входящих в формулу вычисления массы.

Найденные двигатели были отсортированы по значению расхода воздуха на несколько групп. Такое разбиение на группы позволяет снизить погрешность вычисленной массы, так как имеется различие статистических коэффициентов для двигателей большой и малой размерности.

Величина расхода воздуха найденных двигателей изменяется от 28,5кг/с до 1436 кг/с и тяги от 8,45 кН до 401,23 кН.

Неизвестные параметры рабочего процесса двигателей были рассчитаны в САЕ-системе «АСТРА», разработанной на кафедре теории двигателей Самарского университета.

По фактическому значению массы для каждого двигателя было найдено среднеквадратичное отклонение, характеризующее точность расчетного значения массы.

Для автоматизации процесса подсчёта был создан алгоритм, в логике которого заложен процесс подборки значений коэффициентов формулы методом последовательных приближений с целью максимально снизить среднеквадратичное отклонение. Благодаря чему было выполнено уточнение коэффициентов для каждой группы двигателей. И таким образом, была повышена точность всей модели. Среднее

отклонение расчетной массы от фактической для всех найденных двигателей составило 12,5 % до корректировки, после уточнения статистических коэффициентов это значение удалось снизить до 3%.

Более высокая точность модели была достигнута за счет: использования современных двигателей при корректировке коэффициентов и за счет увеличения количества групп, на которые производилась разбивка двигателей.

В дальнейшем планируется произвести уточнение статистических коэффициентов для малоразмерных двигателей, так как в данной области формула дает наименее точные результаты. А также планируется разработка наиболее простой поузловой формулы вычисления массы двигателя с минимальной погрешностью.

Библиографический список:

1 Маслов В. Г. Выбор параметров и проектный термогазодинамический расчет авиационных ГТД [Текст]/ В. Г. Маслов, В. С. Кузьмичев, В. А. Григорьев. - Куйбышев: КуАИ, 1984. - 176 с.