

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ПЫЛЕЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Гишваров А.С., Рахимов А.Х.

Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, mr.abdusattor@list.ru

Ключевые слова: пылезащитное устройство, авиационный двигатель, методика, оптимальное значение параметра.

В авиационные двигатели, в результате естественной запыленности воздуха вблизи земли, а также вследствие наличия потоков от несущего винта вертолета, попадают твердые частицы. Поэтому на практике используются пылезащитные устройства (ПЗУ) [1].

В данной статье рассматривается методика выбора оптимальных значений геометрических параметров ПЗУ.

Методика включает следующие основные этапы.

Этап 1. Формирование исходных данных. На данном этапе проводятся:

- обоснование программного обеспечения, используемого для моделирования двухфазного потока типа «воздух-частицы песка». При этом рассматриваются, как правило, Лагранжевый и Эйлераевый методы, а также комбинированный метод;

- выбор режима работы двигателя;
- задание характеристик песка, определение границ области определения геометрических параметров ПЗУ и др.

Этап 2. Выбор частных параметров и критериев эффективности ПЗУ.

На практике в качестве частных параметров эффективности рассматриваются:

- степень очистки воздуха – η , %;
- потеря давления в ПЗУ – ΔP , Па.

В данной работе авторами рассматривается еще параметр, масса ПЗУ – M , кг. Таким образом, выбор геометрических параметров ПЗУ $X = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ проводится с учетом трех критериев эффективности:

$\Phi_1(X) = \eta_{opt}(X) = \max \eta_i(X)$; $\Phi_2(X) = \Delta P_{opt}(X) = \min \Delta P_i(X)$; $\Phi_3(X) = M_{opt}(X) = \min M_i(X)$;
где $X = (x_1, \dots, x_k)$ – вектор геометрических параметров ПЗУ.

Значения параметров η , ΔP и M определяются моделированием двухфазного потока типа «воздух-частицы песка» с применением программного комплекса (ПК) *Ansys Fluent* для различных по геометрии ПЗУ из области значений G_x :

$$(x_1, x_2, \dots, x_k) \in G_x; \text{ или } x_{\min i} \leq x_i \leq x_{\max i}.$$

Этап 3. Нормирование частных параметров и критериев эффективности. При нормировании вместо «натурального» параметра вводится его отношение к некоторой нормирующей величине, измеряемой в тех же единицах, что и сам параметр. В результате операции нормирования и приведения к единой шкале все частные критерии эффективности приобретают безразмерный вид с диапазоном измерения от 0 до 1:

$$\Phi_1^H(X) = \eta_{opt}^H(X) = \max \eta_i(X); \in 0 \dots 1; \Phi_2^H(X) = \Delta P_{opt}^H(X) = \max \Delta P_i(X); \in 0 \dots 1;$$

$$\Phi_3^H(X) = M_{opt}^H(X) = \max M_i(X) \in 0 \dots 1.$$

Кроме того, для каждого из критериев вычисляется наилучшее значение при предположении, что он является единственным. Вектор таких значений помогает разработчику ПЗУ оценить пределы возможного.

Этап 4. Построение уравнений связи параметров эффективности ПЗУ с геометрическими параметрами. На данном этапе проводится:

- обоснование области определения геометрических размеров ПЗУ;

- формирование вариантов различных по геометрии ПЗУ, с целью определения значений параметров ПЗУ (η , ΔP М), по которым строятся многофакторные регрессионные модели вида «параметры эффективности ПЗУ – геометрические размеры ПЗУ».

Этап 5. Строится множество Эджворта-Парето (множество парето-оптимальных значений) с применением обобщенной целевой функции аддитивного вида:

$$\Phi_{\Sigma}(X) = \sum_{i=1}^3 a_i \Phi_i^H(X) = a_1 \eta^H(X) + a_2 \Delta P^H(X) + a_3 M^H(X) \rightarrow \max;$$

где a_i – веса (коэффициенты важности) критериев:

$$0 \leq a_i \leq 1; \sum_{i=1}^3 a_i = 1.$$

Многokrратно варьируя значениями a_i внутри области $\Sigma a_i = 1$ решается задача оптимизации функционала $\Phi_x(X)$, тем самым формируется множество парето-оптимальных (компромиссных) решений.

Этап 6. Экспертно, или используя дополнительный количественный критерий, назначаемый исследователем (разработчиком ПЗУ), из множества парето-оптимальных решений выбирается окончательный вариант геометрии ПЗУ.

Рассматривается пример выбора оптимальных значений параметров циклонного ПЗУ (рис. 1) вертолетного двигателя: угла закрутки лопаточного аппарата α , диаметра корпуса циклона D , внутреннего диаметра центральной трубки d и внешнего диаметра центрального обтекателя D_A .

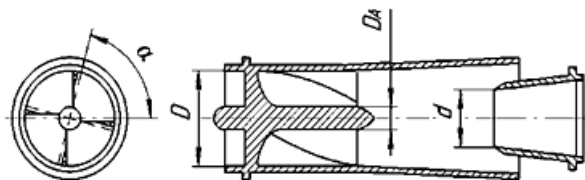


Рис. 1 – Принципиальная схема циклонного ПЗУ с кольцевым лопаточным направляющим аппаратом

Список литературы

1. Степанов Г.Ю., Зинцер И.М. Инерционные воздухоочистители. М.: Машиностроение, 1986. 184 с.
2. Гишваров А.С., Аитов Р.Р., Айтумбетов А.М. Исследование эффективности пылезащитных устройств вертолетных газотурбинных двигателей // Вестник УГАТУ, 2015. Т. 19. № 2 (68). С. 100–110.

Сведения об авторах

Гишваров Анас Саидович, проф., зав. каф. авиац. двиг., д-р техн. наук. Область научных интересов: надежность, ресурс, испытания и прогнозирование состояния технических систем.

Рахимов Абдусатор Хасанович, аспирант каф. авиац. двиг. Область научных интересов: надежность и ресурс авиационных двигателей.

SELECTION METHOD OF THE OPTIMAL PARAMETERS OF THE AIRCRAFT ENGINE PARTICLE SEPARATOR

Gishvarov A.S., Rahimov A.H.

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia, mr.abdusattor@list.ru

Keywords: particle separator, aircraft engine, method, optimal parameters.

Solid particles get into aircraft engines as a result of the natural dustiness of the air near the ground, as well as due to the flows from the main rotor of the helicopter. Therefore, in practice, particle separators (PS) are used [1].

This article discusses the method of selecting the optimal values of the main geometric parameters of the PS design.