

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРСАЖНО-ВЫХОДНЫХ УСТРОЙСТВ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.И. Рублёв
(Харьковский университет Воздушных Сил)

Оценка эффективности форсажно-выходных устройств турбореактивных двигателей в составе силовой установки и летательного аппарата с помощью показателя эффективности рабочего процесса и массовых характеристик.

форсажно-выходное устройство, показатель эффективности

Постановка проблемы и анализ литературных данных. Существуют подходы, которые использовались раньше известными предприятиями и основаны они на оценке автономных характеристик форсажных устройств, это коэффициент полноты сгорания и коэффициент восстановления давления. Однако известно, что показатели эффективности при проектировании любой подсистемы, в том числе и форсажно-выходного устройства (ФВУ), должны формироваться исходя из задач системы более высокого уровня, куда входит исследуемая подсистема [1 – 4].

Целью данной работы является разработка подходов к оценке эффективности ФВУ турбореактивных двигателей, а также повышение эффективности ФВУ турбореактивных двигателей путем усовершенствования методики анализа эффективности рабочего процесса и массовых характеристик.

В работах [3, 4] для оценки ФВУ предложены: относительный прирост тяги $\bar{\Pi}_{\text{эф}} = \Delta R_c / \Delta R_{\text{сид}}$, где ΔR_c – прирост тяги за счёт форсирования, $\Delta R_{\text{сид}}$ – идеальный прирост тяги за счёт форсирования при полном сгорании топлива и отсутствии потерь полного давления в ФВУ; массовый показатель эффективности ФВУ $m_{\text{ФВУ}} \sim L_{\text{ФВУ}} / D_m$, где $L_{\text{ФВУ}}$ – длина ФВУ, D_m – медианный диаметр.

В полной мере оценить ФВУ, используя только один из видов предложенных показателей, не представляется возможным. Так, например, можно улучшить эффективность рабочего процесса за счёт увеличения длины ФВУ, но это приведет к увеличению массы ФВУ и летательного аппарата (ЛА) в целом. Поэтому необходимо выбрать такой показатель, который сочетал в себе эффективность рабочего процесса и массовые характеристики. В качестве такого показателя предлагается использовать тяговооруженность $\mu = P / M_{\text{ла}}$, где P – тяга, зависящая от организа-

ции рабочего процесса, $M_{\text{ЛА}}$ – масса ЛА, зависящая от массы отдельных элементов конструкции, где не маловажную роль играет ФВУ. Используя уравнение существования ЛА, можно показать, что увеличение массы ФВУ на 1 кг, приведет к увеличению массы ЛА на 7 ... 10 кг [5].

В работе [4] произведен анализ ФВУ серийных двигателей, где показано, что ФВУ базового двигателя АИ-222Ф уступает двигателям 2 и 3 поколения по массовым характеристикам, а двигателям 4 поколения, по организации рабочего процесса.

С целью выбора направления улучшения эффективности, был произведен анализ влияния показателей эффективности на тяговооруженность. При проектировании можно выбрать три направления: $L/D = \text{const}$, $\Pi_{\text{эф}} = \text{const}$ и одно промежуточное направление. Анализ результатов расчета показал, что наибольшее значение тяговооруженности достигается при $L/D = \text{const}$ (рис. 1). Тем более, когда геометрические параметры двигателя уже спроектированы, остается только улучшать организацию рабочего процесса при постоянном массовом показателе эффективности.

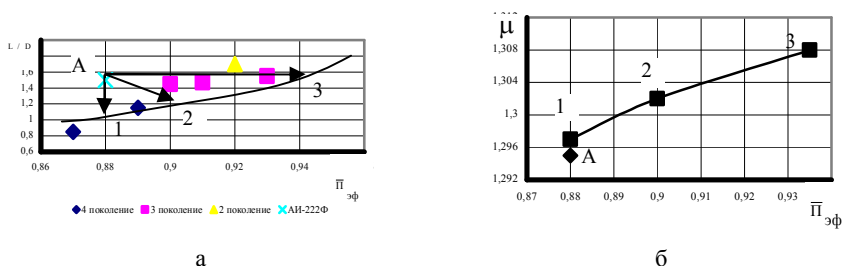


Рис. 1. Выбор направления повышения эффективности ФВУ

По методике, представленной в работе [3], было рассчитано ФВУ двигателя АИ-222Ф. Расчет производился с различным расположением стабилизаторов пламени: вертикально – перпендикулярно потоку газа; с отклонением по потоку и против потока газа. Результаты расчета показали, что отклонение стабилизаторов против потока приводит к повышению эффективности ФВУ на 1%. Это объясняется уменьшением длины зоны горения.

Дальнейшие расчеты проводились с целью изучить влияние на эффективность рабочего процесса при изменении параметров распыла топлива за счет: направления подачи топлива, перепада давления на форсуноках, диаметра отверстий форсунок. Наилучшие результаты были получены при тангенциальном впрыске топлива перпендикулярно потоку газа. Но при этом было выявлено неравномерное распределение коэффициента избытка кислорода по зонам. Путем изменения диаметра отверстий топливных форсунок удалось добиться равномерности распыла топлива и повысить эффективность рабочего процесса еще на 0,3% (табл. 1).

Изменение коэффициента избытка кислорода по зонам

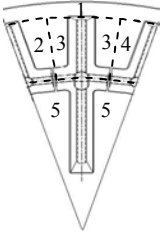


Рис. 2. Разбиение на зоны

$d_{\text{отв}} \text{ мм}$	χ_1	χ_2	χ_3	χ_4	χ_5	χ_{Σ}	$\bar{\Pi}_{\text{эф}}$
0,51(2,3,4,5)	9,54	1,57	1,39	1,61	1,44	2,22	0,89
0,41(3,5) 0,51(2,4)	11,13	1,54	1,45	1,77	1,48	2,59	0,887
0,51(3,5); 0,60(2,4)	8,18	1,30	1,33	1,32	1,39	2,02	0,894

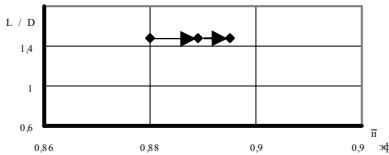


Рис. 3. Повышение эффективности ФВУ

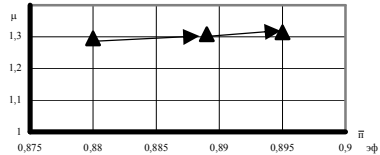


Рис. 4. Изменение тяговооруженности летательного аппарата

Выводы. Таким образом, за счет изменения расположения стабилизаторов пламени и параметров распыла топлива можно повысить $\bar{\Pi}_{\text{эф}}$ на 1,3% (рис. 3). При $L/D = \text{const}$ это также приведет к увеличению тяговооруженности (рис. 4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Терещенко Ю.М., Капітанчук К.І. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів. – К.: КІ ВПС, 1997. – 461 с.
2. Нечаев Ю.Н., Фёдоров Р.М. Теория авиационных газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение, 1978. – Ч. 2. – 336 с.
3. Кислов О.В., Рублёв В.И. Методика оценки эффективности форсажно-выходных устройств ТРДДФ // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сб. научных трудов НАУ “ХАИ”. – Х.: НАУ “ХАИ”. – 2004. – Вып. 36 (1). – С. 59 – 67.
4. Кислов О.В., Рублёв В.И. Сравнение форсажно-выходных устройств турбореактивных двигателей боевых летательных аппаратов // Системы обработки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вып. 12 (40). – С. 79 – 83.
5. Егер С.М. Проектирование самолетов. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.

Поступила 2.04.2005

Рецензент: доктор технических наук профессор О.Б. Анипко,
Харьковский университет Воздушных сил.