

СРАВНЕНИЕ ФОРСАЖНО-ВЫХОДНЫХ УСТРОЙСТВ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ БОЕВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

к.т.н. О.В. Кислов, В.И. Рублев
(представил д.т.н., проф. О.Б. Анипко)

Сравнительный анализ форсажно-выходных устройств серийных турбореактивных двигателей боевых летательных аппаратов с помощью предложенного показателя эффективности рабочего процесса.

Постановка проблемы. Для оценки форсажно-выходных устройств используется ряд частных показателей эффективности, что затрудняет сравнение форсажно-выходных устройств, необходимое при проектировании.

Анализ литературных данных показывает [1, 2], что эффективность рабочего процесса форсажно-выходных устройств оценивается коэффициентом полноты сгорания топлива $\eta_{ГФ}$ и коэффициентом восстановления полного давления $\sigma_{фк}$, которые характеризуют отдельные стороны рабочего процесса форсажно-выходного устройства. В работе [3] предложен показатель эффективности рабочего процесса форсажно-выходного устройства в виде относительного прироста тяг

$$\bar{П}_{эф} = \frac{\Delta R_c}{\Delta R_{сид}},$$

где ΔR_c – прирост тяги за счёт форсирования, $\Delta R_{сид}$ – идеальный прирост тяги за счёт форсирования при полном сгорании топлива и отсутствии потерь полного давления форсажно-выходного устройства. Он позволяет обобщить два частных показателя эффективности рабочего процесса в форсажно-выходном устройстве.

Целью данной статьи является сравнительный анализ форсажно-выходных устройств серийных турбореактивных двигателей боевых летательных аппаратов с помощью предложенного [3] показателя эффективности.

В табл. 1 представлены рассчитанные относительные приросты тяг двигателей различных поколений [5, 6].

Относительные приросты тяг двигателей различных поколений

Поколение авиационных ГТД	Название двигателя	Схема ГТД	$\bar{P}_{эф}$	$\frac{L_{ФВУ}}{D_M}$
2	P15Б-300	ТРДФ	0,92	1,7
3	P29-300	ТРДФ	0,91	1,48
3	P25-300	ТРДФ	0,93	1,5
3	АЛ-21Ф-3	ТРДФ	0,90	1,47
4	РД-33-2С	ТРДДФ	0,89	1,14
4	АЛ-31Ф	ТРДДФ	0,87	0,97
Проектируемый	АИ-222Ф	ТРДДФ	0,88	1,49

Анализ данных, представленных в табл. 1 показывает, что:

- эффективность рабочего процесса в форсажно-выходных устройствах двигателей одного поколения приблизительно одинакова;
- эффективность рабочего процесса форсажно-выходных устройств двигателей 4 поколения ниже, чем у двигателей 2 и 3 поколений.

Для объяснения этого факта необходимо дополнительно рассмотреть массовый показатель эффективности форсажно-выходных устройств. В качестве такого показателя эффективности удобно использовать массу форсажно-выходного устройства, приходящуюся на единицу расхода воздуха:

$$m_{ФВУ} = \frac{M_{ФВУ}}{G_B}$$

Если форсажно-выходное устройство представить в виде цилиндра

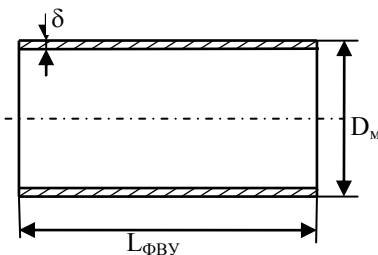


Рис. 1. Схема ФВУ

с одинаковой толщиной стенок δ (рис. 1), то легко показать, что

$$m_{ФВУ} \sim \frac{L_{ФВУ}}{D_M}$$

где $L_{ФВУ}$ — длина форсажно-выходного устройства, D_M — его диаметр.

Действительно, поскольку

$$M_{ФВУ} = \rho \pi D_M L_{ФВУ} \delta, \text{ а } G_B \sim D_M^2, \text{ то с}$$

учетом одинаковости толщины стенки форсажно-выходных устройств и плотности их материалов ρ :

$$m_{\text{ФВУ}} = \text{const} \frac{L_{\text{ФВУ}}}{D_{\text{М}}} \sim \frac{L_{\text{ФВУ}}}{D_{\text{М}}}$$

Отношения $\frac{L_{\text{ФВУ}}}{D_{\text{М}}}$ приведены в табл. 1.

Сравнение $\frac{L_{\text{ФВУ}}}{D_{\text{М}}}$ двигателей разных поколений показывает, что

форсажно-выходные устройства двигателей 4 поколения имеют существенно меньшую массу, приходящуюся на единицу расхода воздуха, т.е. форсажно-выходные устройства двигателей 4 поколения, проигрывая форсажно-выходным устройствам двигателей 2 и 3 поколений по эффективности рабочего процесса, выигрывают у них по массовым характеристикам. Снижение эффективности рабочего процесса форсажно-выходных устройств ухудшает высотно-скоростные характеристики двигателя, а уменьшение массы форсажно-выходных устройств приводит к уменьшению массы двигателя и летательного аппарата.

Выбор разного сочетания показателя эффективности рабочего процесса и массового показателя эффективности форсажно-выходных устройств для двигателей разных поколений (рис. 2) является иллюстрацией факта, что проектирование является задачей оптимизации с несколькими частными критериями оптимизации.

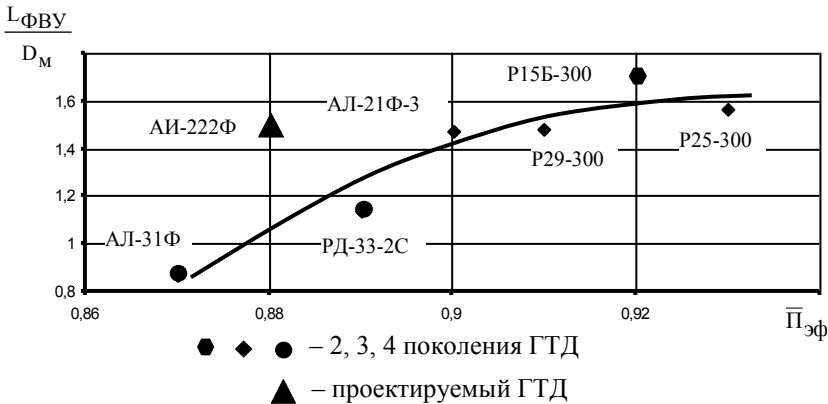


Рис. 2. Сочетание показателей эффективности

При этом выбор параметров возможен на основе выбора конструктором одного решающего показателя эффективности или на основе оп-

тимизации параметров более сложной системы по более общим показателям эффективности [7, 8]. Например, оптимизация параметров боевого летательного аппарата из условия получения заданных тактико-технических характеристик. Очевидно, что для форсажно-выходных устройств двигателей 4 поколения выбор параметров форсажно-выходных устройств обусловлен тем, что положительное влияние уменьшения массы превалирует над отрицательным влиянием ухудшения высотно-скоростных характеристик двигателя. Это и обеспечивает улучшение тактико-технических характеристик истребителя.

Из рис. 2 следует, что по своим предполагаемым параметрам форсажно-выходное устройство проектируемого ТРДДФ АИ-222Ф уступает форсажно-выходным устройствам двигателей боевых летательных аппаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Терещенко Ю.М., Капитанчук К.И. *Теорія авіаційних газотурбінних двигунів*. – К.: КІ ВПС, 1997. – 461 с.
2. Нечаев Ю.Н., Фёдоров Р.М. *Теория авиационных газотурбинных двигателей*. – М.: Машиностроение. – Ч. 2, 1978. – 336 с.
3. Кислов О.В., Рублев В.И. *Методика оценки эффективности форсажно-выходных устройств ТРДДФ // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сб. научных трудов НАУ “ХАИ”. – Х.: “ХАИ”, 2004. – Вып. 36 (1). – С. 59 – 67.*
4. Прудников А.Г., Вольнский М.С., Сагалович В.Н. *Процессы смесеобразования и горения в воздушно-реактивных двигателях*. – М.: Машиностроение, 1971. – 356 с.
5. *Турбореактивный двухконтурный двигатель с форсажной камерой сгорания РД33-2с / ред. Кулешова В.В.* – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1986. – 328 с.
6. *Летно-технические характеристики самолета Су-27*. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1988. – 139 с.
7. Фролов И.Ф. *Методы оценки эффективности применения двигателей в авиации // Труды ЦИАМ, 1985. – №1099. – С. 10 – 87.*
8. Соболев И.М., Статников Р.Б. *Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями*. – М.: Наука, 1981. – 110 с.

Поступила 9.11.2004

КИСЛОВ Олег Владимирович, кандидат технических наук, доцент. Закончил ХВВАИУ в 1981 году. Область научных интересов – тепловые двигатели летательных аппаратов.

РУБЛЕВ Владимир Иванович, адъюнкт. Закончил ХИ ВПС в 2002 году. Область научных интересов – тепловые двигатели летательных аппаратов.