

УДК 629.7.036.34

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МАКСИМАЛЬНОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ГТД ТРАДИЦИОННЫХ СХЕМ
НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Филинов Е. П., Остапюк Я. А., Крупенич И. Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Исходя из анализа доступных в открытой печати источников, можно сделать вывод о том, что пути дальнейшего совершенствования ГТД традиционных схем можно условно разделить на три группы:

- снижение потерь в элементах двигателя и расхода охлаждающего воздуха;
- повышение эффективности термодинамического цикла;
- повышение эффективности силовой установки как движителя.

Рассмотрим, каковы предельные возможности повышения эффективности ГТД традиционных схем для каждого из этих направлений на основе численного моделирования двухконтурного турбореактивного двигателя с использованием автоматизированной системы термогазодинамического расчёта и анализа АСТРА.

Снижение потерь в элементах двигателя и расхода охлаждающего воздуха.

Моделирование будем производить для условий длительного крейсерского полета на высоте $H = 11$ км, при скорости полета $Mn = 0,8$ ($Vn \approx 850$ км/ч). В качестве базового варианта двигателя, характеризующего текущий уровень развития авиационной техники, будем рассматривать трёхвальный ТРДД с отдельным истечением потоков, значения основных параметров которого приближены к таковым у TRENT XWB.

Эффективность базового варианта ТРДД характеризуется величиной удельного расхода топлива, равной $48,47 \frac{кг}{кН \cdot час}$.

Произведём моделирование вариантов ТРДД, отличающихся от базового уровнем КПД элементов, а также имеющих пониженную величину расхода охлаждающего воздуха.

Отличие рассматриваемых вариантов от базового заключается в следующем:

- 1) расход охлаждающего воздуха снижен в два раза;
- 2) полностью исключено охлаждение элементов двигателя;
- 3) КПД элементов двигателя повышен на 1-2%;
- 4) КПД элементов двигателя повышен до 100%;
- 5) одновременно снижен расход охлаждающего воздуха и на 1-2% повышена эффективность элементов двигателя;
- 6) одновременно исключено охлаждение и до 100% повышена эффективность элементов двигателя.

Варианты 1, 3 и 5 отражают краткосрочную перспективу развития двигателестроения (5-10 лет), варианты 2, 4 и 6 - предельные возможности совершенствования эффективности элементов двигателя (и, таким образом, в определённой мере характеризуют долгосрочную перспективу развития).

Отличие эффективности этих вариантов от базового уровня приведено в таблице 1.

Секция 3. Двигателестроение

Таблица 1. Сравнение эффективности базового двигателя и двигателей, отличающихся пониженным уровнем потерь

Вариант	баз.	1		2		3		4		5		6	
$C_{уд}$, кг <hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> кН·час	48,47	47,35	-2,3%	46,75	-3,5%	45,97	-5,2%	39,27	-19%	45,26	-6,6%	39,81	-17,9%

Полученные результаты позволяют сделать следующие основные выводы.

1. Эффект от мероприятий по повышению КПД элементов двигателя (главным образом, повышение КПД лопаточных машин) выше, чем от снижения расхода охлаждающего воздуха в краткосрочной перспективе (5,2% против 2,3%), а также с точки зрения предельных возможностей повышения эффективности двигателя (19% против 3,5%). При этом необходимо отметить: кроме того, что достижение КПД лопаточных машин, сопоставимое с уровнем 100%, представляет существенные сложности, так и сама возможность достижения столь высокой эффективности элементов двигателя представляется маловероятной в ближайшей перспективе (10-15 лет).

2. Полный отказ от отбора воздуха для охлаждения турбин (вариант 2) представляется вполне вероятным уже в ближайшие годы (ВИАМ сообщает о разработке перспективных авиационных материалов, способных обеспечивать длительную работоспособность рабочих лопаток турбин при температурах около 2200 К), особенно для рассматриваемого двигателя, имеющего умеренную температуру газа перед турбиной (1500 К). Однако даже полный отказ от охлаждения приведёт к сокращению удельного расхода топлива в условиях крейсерского полёта лишь на 3,5%.

3. В целом, одновременное повышение эффективности узлов (в пределах двух процентов) и снижение расхода охлаждающего воздуха приведёт в ближайшей перспективе к снижению удельного расхода топлива примерно на 6,5 %, а предельное повышение эффективности двигателя в целом для данного направления совершенствования ГТД составляет около 18 %.