

УДК 629.7.036.34

**АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ
ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ГТД
НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЁТНОГО ЦИКЛА ЛА**

Филинов Е. П., Остапюк Я. А., Ткаченко А. Ю.

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

Одной из важнейших и актуальных задач отечественного двигателестроения является разработка перспективных авиационных двигателей 5+ и 6 поколений. Улучшение основных технических данных газотурбинных двигателей (ГТД) требует новых технических решений по главным направлениям их развития. Принятие таких решений на различных этапах проектирования в значительной степени основывается на результатах компьютерного моделирования и создания виртуальных моделей двигателей.

Проблема выбора оптимальных значений параметров рабочего процесса авиационных ГТД – одна из наиболее сложных на этапе проектирования. В настоящее время роль оптимизации параметров ГТД на основе критериев эффективности ЛА возрастает, так как, с одной стороны, устанавливаются более глубокие количественные зависимости и связи между различными характеристиками и параметрами силовой установки и планера, а с другой стороны, появляется возможность формулировать более обоснованные требования к системе «летательный аппарат – силовая установка» и находить оптимальные решения, используя возможности современных ЭВМ. Таким образом, возможно получение оптимальных параметров рабочего процесса ГТД для конкретной модели самолёта с учётом скорости и дальности его полёта.

При оптимизации и обосновании выбора параметров авиационных ГТД обычно используют экономические и лётно-технические критерии оценки ЛА, такие как коммерческая нагрузка, взлётная масса, суммарная масса СУ и топлива, удельные затраты топлива и др.

Вследствие этого возникает необходимость в проведении оптимизации на основе моделирования основных этапов полёта, позволяющая более точно оценить значения критериев эффективности ЛА. Однако модель данной оптимизации значительно сложнее, что также сказывается на времени формирования модели и на времени расчёта. Следовательно, учитывать основные этапы полётно цикла (ПЦ) не всегда целесообразно.

Для определения целесообразности учёта ПЦ было проведено две серии расчётов параметров рабочего процесса ТРДД с тягой 350 кН для двухдвигательного самолёта при различных дальностях полёта. В качестве самолёта-прототипа был выбран широкофюзеляжный дальнемагистральный самолёт Ил-96. В качестве критерия эффективности ЛА в обеих сериях расчётов выбраны удельные затраты топлива $C_{т.км}$.

Первая серия расчётов параметров рабочего процесса ТРДД проводилась в САЕ-системе «АСТРА» без учёта ПЦ для дальностей 3000, 5000, 7000 и 9000 км. Выбор именно таких значений дальности полёта обусловлен типом самолёта, параметры которого использовались в расчётной модели. Используемая для расчёта модель состояла из двух блоков: завязка, включающая блок проектируемого двигателя и блок выполненного двигателя, и блок расчёта показателей эффективности.

Для проведения второй серии расчётов с учётом полётно цикла в САЕ-системе «АСТРА» была доработана предыдущая модель путём детализации блока расчёта

показателей эффективности, состоящая из четырёх основных блоков: завязка двигателя, моделирование полётного цикла, расчёт массовых характеристик ЛА и расчёт показателей его эффективности. В блоке завязки двигателя рассчитываются взлётный, крейсерский и номинальный режимы работы двигателя. В блоке моделирования полётного цикла с помощью методов численного интегрирования рассчитываются участки набора высоты и крейсерского полёта, а также учитываются затраты топлива и времени на этапах взлёта, снижения и посадки. В данной серии расчётов использовались те же параметры рабочего процесса ТРДД и дальности полёта, что и в первой серии.

После проведения двух серий расчётов были выбраны оптимальные сочетания параметров для каждой дальности полёта (4 сочетания для первой серии и 4 – для второй).

Анализ результатов показал, что расхождение показателей критерия эффективности $C_{т.км}$ увеличивается при увеличении дальности полёта, что наглядно показано в таблице 1. Однако расчёт параметров рабочего процесса ТРДД без моделирования ПЦ проходит в среднем в 200 раз быстрее.

Таблица 1. Сравнение значений $C_{т.км}$ с ПЦ и без него для различной дальности полёта

$L_{п}$, км	С ПЦ	Без ПЦ	Отклонение, %
3000	0,0728	0,0746	2,5
5000	0,0765	0,0848	9,8
7000	0,0836	0,0974	14,2
9000	0,0934	0,1147	18,5

Расхождение результатов для двух серий расчётов тем больше, чем выше исследуемая дальность полёта летательного аппарата. Если разница в 2,5% для 3000 км не является критичной величиной, то 18,5 % для 9000 км однозначно свидетельствует о необходимости моделирования полётного цикла. Можно сделать вывод, что моделирования основных этапов ПЦ целесообразно проводить при расчёте ГТД для средне- и дальнемагистральных самолётов. При расчёте ближнемагистральных ЛА отказ от моделирования ПЦ не окажет значительного влияния на результаты исследования.