

# ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

**Аделия Юрьевна Бурова**, старший преподаватель, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования (ФГБОУ ВО) "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)" (МАИ)

*Рассмотрены вопросы, связанные с автоматизацией многоуровневой оценки качества работы турбореактивных двигателей авиалайнера. Описана последовательность формирования промежуточных оценок качества их работы в полёте. Проведена формализация таких оценок.*

*The issues related to the automation of multi-level evaluation of the work quality of the airliner turbojet engines are considered. The sequence of formation of intermediate evaluations of the quality of their work in flight is described. The formalization of such evaluations is carried out.*

**Ключевые слова:** контроль качества, многоуровневая оценка, промежуточные оценки, рабочие параметры, турбореактивный двигатель.

**Keywords:** quality control, multi-level evaluation, intermediate evaluations, operating parameters, turbojet engine.

Многомерность постановки задачи контроля качества работы турбореактивных двигателей (ТРД) авиалайнера по соотношениям заданных и измеряемых значений сразу нескольких его рабочих параметров актуализирует проблему многоуровневости оценки качества работы таких двигателей согласно техническим регламентам [1-5]. Целью исследования явились поиски решения такой проблемы. Одно из её решений - расчёт  $m_n$ -ых промежуточных оценок качества работы  $j$ -го ТРД в полёте  $Result_j(I_k, m_n)$   $n$ -ых уровней по результатам расчёта его промежуточных оценок предыдущих уровней по формуле (1), если  $m_n = 1, 2, \dots, M_N$  и  $n = 1, 2, \dots, N$  при  $j = 1, 2, \dots, J[2]$ :

$$Result_j(I_k, m_n) = f_R \{ Result_j(I_k, 1), Result_j(I_k, 2), \dots, Result_j(I_k, M_{n-1}) \}. \quad (1)$$

Эти оценки рассчитываются по результатам сравнения  $I_k$ -ых контролируемых  $Sequel_j(I_k)$  и  $I_k$ -ых контрольных  $Select_j(I_k)$  показателей качества работы  $j$ -го ТРД по их  $k$ -ым рабочим параметрам по формуле (2) при  $k = 1, 2, \dots, K$  и  $I_k = 1, 2, \dots, L_K[3]$ :

$$Result_j(I_k, m_1) = f_S \{ |Sequel_j(I_k) - Select_j(I_k)| \}. \quad (2)$$

Разработанные цифровые алгоритмы промежуточных оценок  $Result_j(I_k, m_N)$  имеют рекуррентную структуру пирамидального типа с  $N$  уровнями расчёта  $I_k$ -ых контролируемых показателей  $Sequel_j(I_k)$  на основе показаний датчиков  $k$ -ых рабочих параметров  $j$ -ых ТРД для выработки  $m_n$ -ых промежуточных оценок  $Result_j(I_k, m_n)$   $n$ -ых уровней и  $m_{n+1}$ -ых промежуточных оценок  $Result_j(I_k, m_{n+1})$   $(n+1)$ -ых уровней по всему набору  $K$  контролируемых рабочих параметров  $j$ -го ТРД. Такие оценки выполняются методом сравнительного анализа необходимого и достаточного набора  $I_k$ -ых показателей  $Sequel_j(I_k)$  и  $Select_j(I_k)$  методом направленного перебора промежуточных оценок результатов этого анализа  $Result_j(I_k, m_n)$  и методом направленного перебора промежуточных оценок  $Result_j(I_k, m_{n+1})$ . Промежуточные оценки  $Result_j(I_k, m_N)$  формируются по формуле (3) путём

направленного перебора всех  $m_{N-1}$ -ых промежуточных оценок  $Result_j(I_k, m_{N-1})$   $(N-1)$ -го уровня, которые, в свою очередь, формируются по формуле (1) путём направленного перебора соответствующих  $m_n$ -ых промежуточных оценок  $Result_j(I_k, m_n)$   $n$ -ых уровней при  $n = 1, 2, \dots, N-2$ :

$$Result_j(I_k, M_N) = \text{minimum} \{ Result_j(I_k, 1), Result_j(I_k, 2), \dots, Result_j(I_k, M_{N-1}) \}. \quad (3)$$

Предлагаемые промежуточные оценки можно использовать в цифровых алгоритмах автоматического контроля соотношений заданных и измеряемых значений рабочих параметров ТРД для повышения точности этого контроля. Использование таких оценок в алгоритмах управления ТРД авиалайнера позволит повысить безопасность его полёта за счёт повышения точности контроля качества работы двигателей. **□**

## Литература

1. Бурова А.Ю. Авиационные ТРДД - программа-прогноз на средне-срочную перспективу развития методов их модернизации и глубокого тестирования для минимизации "разнотяговости" и асимметрии тяги ТРДД и ТРДДФ самолётов ГА и ВВС // Фундаментальные исследования. - 2014. - № 12 (часть 9).
2. Бурова А.Ю. Автоматическая оценка качества работы турбореактивных двигателей // Двигатель. - 2019. - № 5 (125).
3. Бурова А.Ю. Сертификация авиационной техники: Учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: ЛЕНАНД, 2019.
4. Бурова А.Ю., Кочетков Ю.М. Контроль разнотяговости турбореактивных двухконтурных двигателей двухдвигательного самолёта при появлении разницы частот вращения их роторов // Двигатель. - 2018. - № 6 (120).
5. Бурова А.Ю., Кочетков Ю.М. Оценка разнотяговости турбореактивных двухконтурных двигателей двухдвигательного самолёта, обусловленной разницей частот вращения их роторов // Двигатель. - 2019. - № 1 (121).

Связь с автором: frambe@mail.ru