

УДК 621.438-762

Ю.А. ЗЕЛЕНый, В.Н. ДЕНИСЮК*ГП “Ивченко - Прогресс”, Украина*

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОПАТОК СОПЛОВОГО АППАРАТА ПЕРВОЙ СТУПЕНИ ТУРБИНЫ ДВИГАТЕЛЯ АИ-25ТЛ

Рассмотрены вопросы возможности улучшения температурного состояния лопаток соплового аппарата первой ступени турбины двигателя АИ-25ТЛ и экспериментальная проверка мероприятий на основании результатов их термометрирования на полноразмерном двигателе.

лопатка соплового аппарата, температура, температурная неравномерность поля, термометрирование, датчики ИМТК, модернизация, система охлаждения, двигатель, турбина

Введение

Двухконтурный турбореактивный двигатель (ДТРД) АИ-25ТЛ, разработки 60-х годов и выпускаемый серийно с 1973 года, предназначен для учебно-тренировочного самолета (УТС) Л-39 и является модификацией двигателя АИ-25.

Самолет Л-39 предназначен для первоначального обучения летного состава, что формирует определенные особенности эксплуатации его силовой установки.

В процессе эксплуатации двигателя АИ-25ТЛ, при осмотрах, и при его ремонте, выявлены дефекты лопаток (СА) первой ступени турбины, заключающиеся в окислениях и подгарах элементов профиля. Особенно это проявляется при эксплуатации самолета в условиях тропического климата. Причиной таких дефектов может быть совокупность различных факторов, один из которых – недостаточная стабильность и эффективность работы системы охлаждения лопаток СА.

С целью устранения этого недостатка, а также для оценки возможностей дальнейшего форсирования двигателя, был рассмотрен ряд вариантов по изменению конструкции лопаток СА, направленных на улучшение его температурного состояния, и принято решение по модернизации его системы охлаждения, требующее минимума переделок узла.

1. Концепция исследований

На основе анализа существующей конструкции системы охлаждения, температурного состояния лопаток соплового аппарата, выявленных дефектов за время эксплуатации, а также анализа сложности внедрения различного рода мероприятий, с учетом количества уже изготовленной материальной части и стоимости ремонта, был выбран комплекс минимальных изменений в конструкции системы охлаждения лопаток соплового аппарата, состоящий в следующем:

- увеличение количества воздуха, отбираемого на охлаждение соплового аппарата, на 0,5% от расхода через внутренний контур;
- перераспределение потоков охлаждающего воздуха за счет геометрии дефлектора, оставляя неизменным его профиль;
- изменение конструкции дефлектора с целью повышения стабильности и эффективности охлаждения лопаток СА;
- увеличение диаметра и числа отверстий перфорации на корыте лопатки, в районе выходной кромки, оставляя неизменным профиль ее пера.

Конструкция и внешний вид лопатки исходного соплового аппарата представлены на рис.1.

Внешний вид модифицированной лопатки соплового аппарата представлен на рис. 2.



Рис. 1. Исходная конструкция (внешний вид) лопатки СА (внешний вид)



Рис. 2. Модернизированная конструкция лопатки СА

Результаты исследований

Для предварительной оценки эффективности принятых решений были выполнены гидравлические и тепловые (2D) расчеты системы охлаждения лопаток СА, которые позволили выбрать геометрию охлаждающих каналов и оценить эффект снижения температуры, который по расчету составлял величину порядка 20...47 °С.

Проверка модернизированной системы охлаждения проводилась на основании сравнительного термометрирования, выполненного по методике, отрабатанной на предприятии ГП «Ивченко-Прогресс».

Термометрирование проводилось датчиками ИМТК (измеритель максимальной температуры кристаллический) и многопереходными термоиндикаторами ТР-8, ТР-5 на полноразмерном двигателе в условиях стенда по специальной программе.

Места установки датчиков ИМТК показаны на рис. 3.

По анализу температурных полей камер сгорания двигателей АИ-25ТЛ, замеренных на установке, были определены вероятные места с наибольшей окружной температурной неравномерностью, куда и устанавливались препарированные датчиками ИМТК лопатки.

Кроме того, на весь комплект лопаток СА наносились многопереходные термоиндикаторы ТР-8, ТР-5, дающие наглядное представление по распределению температурных полей на профиле лопатки.

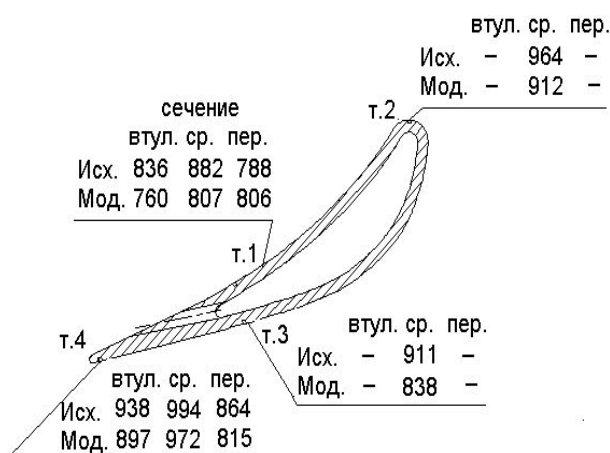


Рис. 3. Результаты сравнительного термометрирования лопаток СА исходной и модернизированной системами охлаждения

На первом этапе термометрированию подвергались лопатки СА исходной конструкции, после чего весь комплект дорабатывался в модернизированный профиль, выполнялась препарировка, аналогично препарировке первого этапа и работа повторялась (2-й этап).

Результаты двух термометрирований приводились к одному режиму работы двигателя с максимально-возможной в процессе эксплуатации температурой газа на входе в турбину, в соответствии с данными таблицы параметров двигателя АИ-25ТЛ.

Результаты сравнительного термометрирования датчиками ИМТК, осредненные по всем препарированным лопаткам в точках измерения, приведены на рис. 3.

Результаты анализа термометрирования приведены в табл. 1. Из таблицы видны снижения температуры металла лопаток, (в °С).

Таблица 1

Результаты анализа термометрирования

Сечение пера	Втул.	Ср.	Пер
Входная кромка (т. 2)	–	52	–
Корыто (т. 1)	35	80	32
Спинка (т. 3)	–	73	–
Вых. кромка (т. 4)	41	22	49

Анализ результатов, приведенных в таблице, показывает, что наибольший эффект по охлаждению модернизированных лопаток получен на корыте (32 ... 80 °С), спинке (43 ... 73 °С) и входной кромке (45 ... 52 °С), наименьший – на выходной кромке в среднем сечении (22 °С).

Сравнительно невысокое снижение температуры выходной кромки и ее нестабильность можно объяснить влиянием на нее окружной и радиальной температурной неравномерности поля камеры сгорания, а, также трудностью ее охлаждения в таком конструктивном исполнении.

Выводы

Анализ выполненных расчетно-экспериментальных работ показывает, что принятые решения по модернизации лопаток СА и ее системы охлаждения, несмотря на минимум изменений в ее конструкции, привели к положительному результату.

Последующий анализ работоспособности лопаток СА в процессе реальной эксплуатации, а также после проведения эквивалентно-циклических стендовых испытаний (ЭЦИ), дает возможность более обоснованно подходить к вопросам форсирования двигателя и дальнейшей его модернизации.

В результате исследований предлагается рекомендовать внедрение лопаток СА с модернизированной системой охлаждения в конструктивный профиль двигателя.

Поступила в редакцию 23.05.2005

Рецензент: канд. техн. наук, доцент А.В. Олейник, Национальный аэрокосмический университет «ХАИ», Харьков.