РАЗДЕЛ XI. КОСМОС И АВИАЦИЯ

Силуянова М.В., Курицына В.В., Дзгоев Т.Р.

Исследование характерных повреждений авиационных газотурбинных двигателей типа SAM 146

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/sr-10-06-2020-24

idsp: sciencerussia-10-06-2020-24

Аннотация

В статье проводится анализ характерных повреждений авиационных газотурбинных двигателей типа SAM 146. Рассматриваются типичные повреждения элементов конструкции. Описан характер повреждений элементов конструкции ГТД по системам и узлам и их причины возникновения.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, повреждение авиационных двигателей, двигателей SAM 146.

В настоящее время авиационные газотурбинные двигатели типа SAM 146 входят в силовую установку более половины всех коммерческих самолётов. Более 520 авиационных организаций по всему миру отдали своё предпочтение двигателям SAM 146 из-за его традиционной надёжности и низкой стоимости использования. Более 10 000 самолётов, оснащённых этими двигателями, поднимаются в воздух через каждые 2,5 минуты.

Существуют более чем 150 представительств службы технической поддержки в авиакомпаниях более пятидесяти государств всего мира, из них 45 имеют возможности проведения технического обслуживания и ремонта. Кроме того, объединение PowerJet предоставляет круглосуточную поддержку телефонной связи по техническим и коммерческим вопросам. Центры обучения и подготовки специалистов, находящиеся в России и Франции, осуществляют всеобъемлющую практическую подготовку на все модификации типа SAM 146.

С точки зрения надёжности повреждение – это событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния [1]. Повреждение является результатом воздействия повреждающих факторов на элементы конструкции ГТД, проявляющееся в изменении внешнего вида, конфигурации, состояния поверхности, физико-механических свойств, целостности элемента конструкции и работоспособности ГТД [2].

Опыт эксплуатации зарубежных и отечественных ГТД показывает, что типичными повреждениями и неисправностями, способствующими авиационным происшествиям, являются [2]:

- механические повреждения (усталостные трещины, забоины, вмятины, эрозия) и разрушения деталей проточной части;
- эксплуатационные повреждения и разрушения элементов конструкции подшипников опор роторов и приводов агрегатов;
- термические повреждения элементов конструкции камер сгорания, сопловых аппаратов, дисков и рабочих лопаток первой ступени турбины;
- износ контактных поверхностей сопрягаемых частей деталей;
- закоксованность топливных форсунок;

- эрозионно-коррозионное повреждение поверхностей деталей;
- загрязнения поверхностей деталей газозвоздушного тракта отвердевшей смесью масел, топлива и пыли.

Анализ и обобщение основных эксплуатационных повреждений авиационных ГТД, установленных на неманевренных ЛА, показывает следующее распределение повреждений элементов конструкции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Характер распределения основных повреждений ГТД

Вид повреждения ГТД, установленных на неманевренных ЛА	% от поступивших в ремонт
Повреждения от посторонних предметов	15
Эрозионный износ лопаток компрессора	70
Забойны на лопатках	65
Коррозия силовых корпусов	75
Повреждение элементов конструкции 1-й ступени турбины	75...80
Повреждение элементов масляной системы	5
Повреждение элементов топливной системы	75...85
Коррозия входного устройства	55
Трещины жаровой трубы	80
Прочие	0...5

Характерными повреждениями компрессора ГТД являются механические, усталостные и эрозионные повреждения рабочих и статорных лопаток. Основными причинами являются [3]:

- высокий уровень динамических нагрузок;
- попадание посторонних предметов в воздушный тракт двигателя при его работе (воздействие воды, пыли, крупных частиц, птиц);
- коррозионное воздействие;
- некачественное изготовление лопаток, дисков (наличие кованых трещин, дефектов материала, отклонения размеров от чертёжных, высокие остаточные напряжения).

Типичными повреждениями камеры сгорания являются повреждения термического и усталостного происхождения. Основными причинами повреждений являются:

- высокий уровень температурных нагрузок;
- высокий уровень вибрационных нагрузок.

Усталостные трещины располагаются в районах сварных швов корпуса, фланцев для отбора воздуха на различные нужды систем ЛА, бобышек для крепления агрегатов [4]. Они возникают от действия вибрационных нагрузок при повышенных статических нагрузках. Повышенные статические нагрузки наводятся при монтаже и изменяют расчётный характер нагружения корпусов камеры сгорания при работе двигателя.

Нарушение характеристик распыла форсунок вследствие закопчённости и закоксовывания вызывает местный перегрев стенок камеры сгорания и жаровой трубы. Это приводит к выпучиванию, короблению, растрескиванию, повышенному окислению материала стенки КС и ЖТ. Ухудшение распыла топлива форсунками из-за отложения нагара или засорения является причиной значительной неравномерности температурного поля перед турбиной. В силу своих конструктивных особенностей ЖТ двигателей типа SAM146 в процессе эксплуатации подвергаются таким характерным повреждениям, как прогар и частичная потеря материала дефлектора фронтального устройства КС.

Рабочие лопатки турбины современных ГТД, работая в условиях сложного совместного действия статических, термоциклических и динамических нагрузок, подвергаются неизотермическому нагружению при достижении экстремальных температур в цикле нагружения. Это способствует появлению в материале обширных

областей, охваченных циклическими пластическими деформациями, в которых исходные деформационные и прочностные свойства материала претерпевают значимые изменения. Этим во многом объясняются повреждения, переходящие в трещины и разрушения колёс и лопаток турбины. Основными причинами повреждений являются: высокий уровень температурных нагрузок, высокий уровень вибрационных нагрузок, высокий уровень изотермических и неизотермических нагрузок, высокий уровень динамических нагрузок, а так же длительные статические нагрузки.

Все повреждения и разрушения подшипников, происходящие в условиях эксплуатации, могут быть условно разделены на следующие группы: разрушения от усталости материала, повреждения от повышенного износа, разрушения, вызываемые изменением зазоров и посадок между деталями подшипников и опорами ротора, повреждения с последующим разрушением из-за недостаточной смазки при запуске, из-за кратковременного или полного прекращения подачи масла при работе двигателя.

Основными повреждениями деталей приводов являются неравномерный или повышенный износ, выкрашивание или отслаивание материала поверхности контакта, локальный перегрев, попадание стружки или других твёрдых частиц в каналы или на трущиеся поверхности [5, 6]. Выкрашивание материала поверхностей контакта происходит в результате действия высоких контактных напряжений в тонком поверхностном слое зубьев, приводящих к подслоинным разрушениям. Как выкрашивание, так и отслаивание имеют усталостный характер.

Трубопроводы топливной, масляной и дренажной систем подвержены повреждениям типа надразов, вмятин, местного износа. Вследствие установки с нарушением ТУ возможно скручивание, местный износ, трещины от вибраций. Трещины вблизи наконечников трубопроводов чаще всего распространяются по сварному шву или в зоне теплового влияния. Причиной появления трещин может быть коррозия под напряжением или усталость при высокочастотной нагрузке.

Повреждения элементов конструкции ГТД, возникающие в процессе длительной эксплуатации, способствуют: снижению тяги в среднем на 4%, увеличению удельного расхода топлива в среднем на 3%, уменьшению частоты вращения ротора низкого давления в среднем на 1%, увеличению температуры газа за турбиной в среднем на 4%, уменьшению суммарной степени повышения давления в среднем на 5%.

1. Новиков А.С., Пайкин А.Г., Сиротин Н.Н. Контроль и диагностика технического состояния газотурбинных двигателей – М.: Наука, 2007. – 469 с.
2. Сиротин Н.Н. Конструкция и эксплуатация, повреждаемость и работоспособность газотурбинных двигателей (Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок). – М.: РИА “ИМ-Информ”, 2002. – 442 с.
3. Иноземцев А.А. Нахимкин М.А. Сандрацкий В.Л. и др. Серия учебников “Газотурбинные двигатели” в пяти томах. – М.: Машиностроение, 2007/2008.
4. Kuritsyna V.V., Siluyanova M.V. Automated Management in Aerospace Production // Russian Engineering Research. – 2018. – Vol. 38 (3). – P. 201-207.
5. Kraev V.V., Tikhonov A.I., Novikov S.V. Economic Conversion in the Aviation Industry // Russian Engineering Research. – 2018. – Vol. 38 (4). – P. 330 – 333.
6. Kraev V.V., Siluyanova M.V., Tikhonov A.I. Assessment and improvement of rationality methods of modern aircraft engines design and technological solution// Journal of Physics Conference Series. – 2019. – Vol. 1353 (1). – P. 1–6.