

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ БСКД-90 АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПС-90А

*Ю.А. Трубников, канд. техн. наук, А.Л. Полянин, канд. техн. наук, В.Л. Ступников, канд. техн. наук,*

*А.С. Данилович, Т.И. Давыдова, ОАО "Авиадвигатель", г. Пермь,*

*Е.Ф. Фурмаков, д-р техн. наук, Н.В. Поливанов, ОАО "Техприбор", г. Санкт-Петербург, Россия*

### Общая постановка проблемы и её связь с научно-практическими задачами

Характерными особенностями современных авиационных газотурбинных двигателей, таких как ПС-90А, является сложность конструкции, широкое применение электронных систем регулирования и контроля для достижения требуемых характеристик. При этом к современным двигателям предъявляются высокие требования по их ресурсу, надежности, безопасности полетов и экономичности при минимальной трудоемкости обслуживания.

В этих условиях и при высокой стоимости авиационных двигателей эффективность их эксплуатации с одновременным выполнением требований безопасности полетов определяется не только их конструктивным совершенством, но и во многом может быть обеспечена за счет постоянного, надежного и эффективного контроля и диагностирования технического состояния. Создание и внедрение комплексных бортовых систем контроля вместе с другими средствами диагностики в условиях повышения интенсивности полетов обеспечивая получение обширных фактических данных о работе силовой установки:

а) повышает глубину контроля, надежность двигателя и безопасность полетов;

б) сокращает время подготовки к повторному вылету;

в) улучшает ремонтпригодность и уменьшает расходы на техническое обслуживание;

г) снижает число необоснованных съёмов двигателей и выключений двигателей в полете;

д) облегчает поиск и устранение неисправностей в транзитном и базовых аэропортах;

е) позволяет обеспечить максимально возможные ресурсы двигателей и в конечном итоге позволяет перейти к обслуживанию двигателей в эксплуатации по техническому состоянию.

### Анализ показателей ресурса и надежности

Бортовая система контроля БСКД-90 двигателя ПС-90А разработана ОАО "Техприбор" (г. Санкт-Петербург) в 80-х годах, сертифицирована и внедрена в типовой конструкции двигателя ПС-90А. За время эксплуатации двигателя ПС-90А в авиакомпаниях "Аэрофлот", "Домодедовские авиалинии" и других на самолетах Ил-96-300, Ту-204, Ту-214, Ил-76МФ достигнуты высокие ресурсные показатели двигателя, соответствующие мировому уровню. Годовой налет двигателей ПС-90А в эксплуатации в настоящее время составляет 120...130 тысяч часов, непрерывная наработка двигателей ПС-90А без съёма с крыла достигла 7800 часов, а суммарная наработка лидерных двигателей составляет более 15000 часов.

Однако опыт эксплуатации двигателя ПС-90А выявил ряд существенных недостатков бортовой системы контроля БСКД-90А, связанных в первую очередь с низкой надежностью основных блоков системы: БППД2-1 (на двигателе), ЦВМ80-401 (на борту самолета), блока следящего контроля вибрации БЭ-45.

На рис. 1. представлены показатели надежности основного блока преобразования системы БППД2-1, расположенного на двигателе, за последние годы эксплуатации. Данные показатели не могут удовлетворять эксплуатирующие организации, так как значительно увеличивают стоимость жизненного цикла блока за счет замен, ремонтов, поддержания ЗИП, обменного фонда.

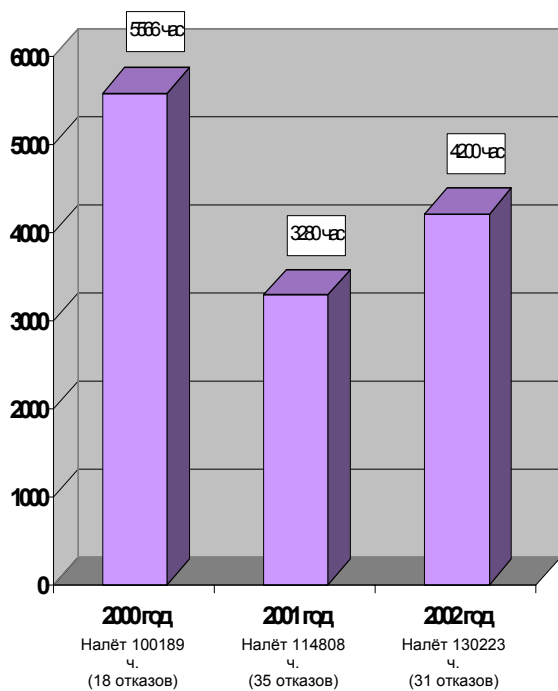


Рис. 1. Показатели надежности БППД2-1

Результаты исследования отказавших блоков БППД2-1 за последние годы эксплуатации, причины и структура отказов представлены на рис. 2



Рис. 2. Структура отказов БППД2-1

Из представленных диаграмм следует, что основной причиной дефектов блоков БППД2-1, а также других блоков системы БСКД-90 являются отказы комплектующей элементной базы (от 30 до 50%). Значительную часть (от 19 до 34%) составляют неподтвержденные дефекты блоков при их исследовании на предприятии-изготовителе ОАО "Техприбор".

Применение в блоках БППД2-1 устаревшей элементной базы 80-х годов, в частности, микропроцессорного комплекта 588-й серии, не позволяет в его существующей конструкции кардинально увеличить показатели надежности, кроме того невысокая степень интеграции элементной базы в блоке БППД2-1 относительно современного уровня приводит к боль-

шому числу элементов и электронных плат в блоке, коммутационных элементов, внутривыключенных связей и электрических соединителей, что при воздействии вибрации и температуры на блок снижает его надежность, а также увеличивает его потребляемую мощность и требует принудительного охлаждения блока.

Одной из причин большого количества не подтвердившихся в лабораторных условиях дефектов блоков БППД2-1 является ненадежное контактирование в слаботочных байонетных электрических соединителях типа СНЦ в условиях работы на двигателе при воздействии вибраций и температур. Статистика дефектов всех датчиков и агрегатов двигателя ПС-90А показывает, что около 30% всех дефектов связано с ненадежным контактированием в электрических соединителях типа СНЦ.

Следует отметить также недостаточный ресурс существующих блоков БСКД-90, который для двигательных блоков составляет 10 000 часов, для самолетных блоков – 15 000 часов

#### Цель внедряемых мероприятий

Повышение надежности и ресурса блоков системы БСКД-90.

#### Результаты внедрения мероприятий

Проведена модернизация и разработаны следующие блоки БСКД-90:

- а) БППД2-1М версии V8.1 (вместо БППД2-1 версии V4.1);
- б) ЦВМ80-401М версии V8.1 (вместо ЦВМ80-401 версий V4.1, V4.3, V7.2);
- в) датчик массового расхода топлива ДРТ5-3М вместо ДРТ5-3Б.

Данные агрегаты в 2001...2003 годы прошли полный объем лабораторных (в том числе межведомственных), стендовых и летных испытаний, в 2003 году сертифицированы в АР МАК с получением Свидетельства годности на комплектующие изделия категории "А" и введены в типовую конструкцию системы БСКД-90 и двигателя ПС-90А. С мая 2003 года модернизированными блоками БППД2-1М и датчиками ДРТ5-3М комплектуются двигатели при изготовлении и ремонте на серийном предприятии ОАО "Пермский

моторный завод". В ближайшее время начнется внедрение ЦВМ80-401М на самолетах ИЛ-96-300, ТУ-204, ТУ-214.

В модернизированных блоках внедрены следующие мероприятия:

1. В блоках БППД2-1М и ЦВМ80-401М реализованы новые конструктивно-технологические и схемотехнические решения:

а) применение современной элементной базы высокой степени интеграции, в том числе зарубежной (микропроцессор и микроконтроллер фирмы INTEL, сигнальный процессор фирмы Analog Devices), что существенно снизило общее число элементов в блоке;

б) значительное сокращение аналоговых элементов и преобразователей, аналоговых внутриблочных связей, подверженных помехам, межмодульный обмен при этом осуществляется помехозащищенным кодом;

в) значительное сокращение количества электронных плат, внутриблочных соединений, исключены ненадежные коммутационные кросс-платы;

г) применение резьбовых герметичных электрических соединителей типа "DEUTSCH" 983 серии (Франция) с золочеными контактами, что повысит надежность контактирования электрических цепей.

2. В датчике массового расхода топлива ДРТ5-3М также применен электрический соединитель типа "DEUTSCH" 983 серии и расширен диапазон измерения расхода топлива – 180...7900 кг/ч (вместо 550...7200 кг/ч), что позволит:

а) обеспечить контроль и прямое регулирование расхода топлива на запуске двигателя;

б) обеспечить контроль расхода топлива на чрезвычайном режиме.

3. Внедрен контроль наличия стружки от магнитного сигнализатора новой конструкции в магистрали откачки от роликоподшипника ТВД, который имеет повышенную чувствительность, улавливаемость стружки возросла с 20...30 до 70...80%;

4. Уточнены функциональные алгоритмы контроля состояния двигателя:

а) контроля часового расхода масла в полете, контроля элементов реверсивного устройства, учета на-

работки двигателя;

б) контроля механизации двигателя для стыковки с алгоритмами управления РЭД 8-й серии;

в) обеспечен достоверный контроль двигателя на чрезвычайном режиме (исключены ложные сообщения и расширены диапазоны измерения параметров).

#### Эффективность внедренных мероприятий

Внедрение блока БППД2-1М на двигателе ПС-90А обеспечивает:

1) повышение показателей надежности блока (наработка на отказ увеличивается приблизительно в 3.5...5 раз – 15 000 часов вместо 3000...4000 часов);

2) повышение назначенного ресурса блока с 10 000 часов до 25 000 часов;

3) снижение потребляемой мощности в 3 раза (15 Вт вместо 45 Вт);

4) уменьшение массы в 1.3 раза (12 вместо 16 кг);

5) исключение принудительного охлаждения, что исключает дополнительный отбор воздуха от 13 – й ступени КВД и снижает вес двигателя.

Внедрение ЦВМ80-401М обеспечивает:

1) повышение наработки ЦВМ на отказ в 10 раз (250 000 часов вместо 25 000 часов);

2) повышение назначенного ресурса ЦВМ с 15 000 часов до 25 000 часов;

3) снижение потребляемой мощности в 2.5 раза (40 ВА вместо 100ВА);

4) снижение массы в 2.6 раза (3 вместо 8 кг);

5) исключение принудительного обдува воздухом.

Выводы. Мероприятия, реализованные при модернизации системы, повышают эффективность контроля технического состояния двигателя ПС-90А, эксплуатационную технологичность и надежность двигателя и БСКД, обеспечивают упрощение конструкции и снижение веса, снижают стоимость жизненного цикла двигателя ПС-90А и системы БСКД-90.

*Поступила в редакцию 06.05.03*

**Рецензент:** д-р техн. наук, профессор С.В. Епифанов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.