

-5 :

- ~

. 1.

неразрушающего контроля в связи с тем, что стадия накопления скрытых повреждений до появления видимых трещин составляет 90 % от времени до полного разрушения. Техническое состояние указанных деталей можно оценить численными методами контроля расходования ресурса, учитывающими основные факторы нагружения, характеристики прочности и использующими одну из теорий суммирования повреждений.

Наиболее целесообразной формой использования ресурсных возможностей авиационных двигателей является установление ресурса основным узлам и элементам по их фактическому состоянию. Ресурс по состоянию позволит наиболее полно использовать заложенные в его конструкцию запасы работоспособности элементов и будет обеспечивать благодаря этому наибольший экономический эффект при сохранении высокой безотказности двигателей в эксплуатации.

Контроль за выработкой ресурса, подкрепленный анализом технического состояния двигателя, позволяет устанавливать индивидуальные ресурсы и сроки службы двигателям. На рис. 2 показана схема процесса контроля и управления ресурсом авиационного двигателя в эксплуатации при участии разработчика.

Система управления технической эксплуатацией (СУТЭ) авиационных газотурбинных двигателей эксплуатационных предприятий является составной частью системы летной и технической эксплуатации авиационной техники (СУЛиТЭ АТ), поэтому большая часть модулей СУТЭ газотурбинных двигателей функционирует в рамках СУЛиТЭ АТ. К ним, в первую очередь, относятся модули учета наличия комплектующих изделий и контроля состояния авиационной техники, учета наработок и ресурсов, отказов и неисправностей,

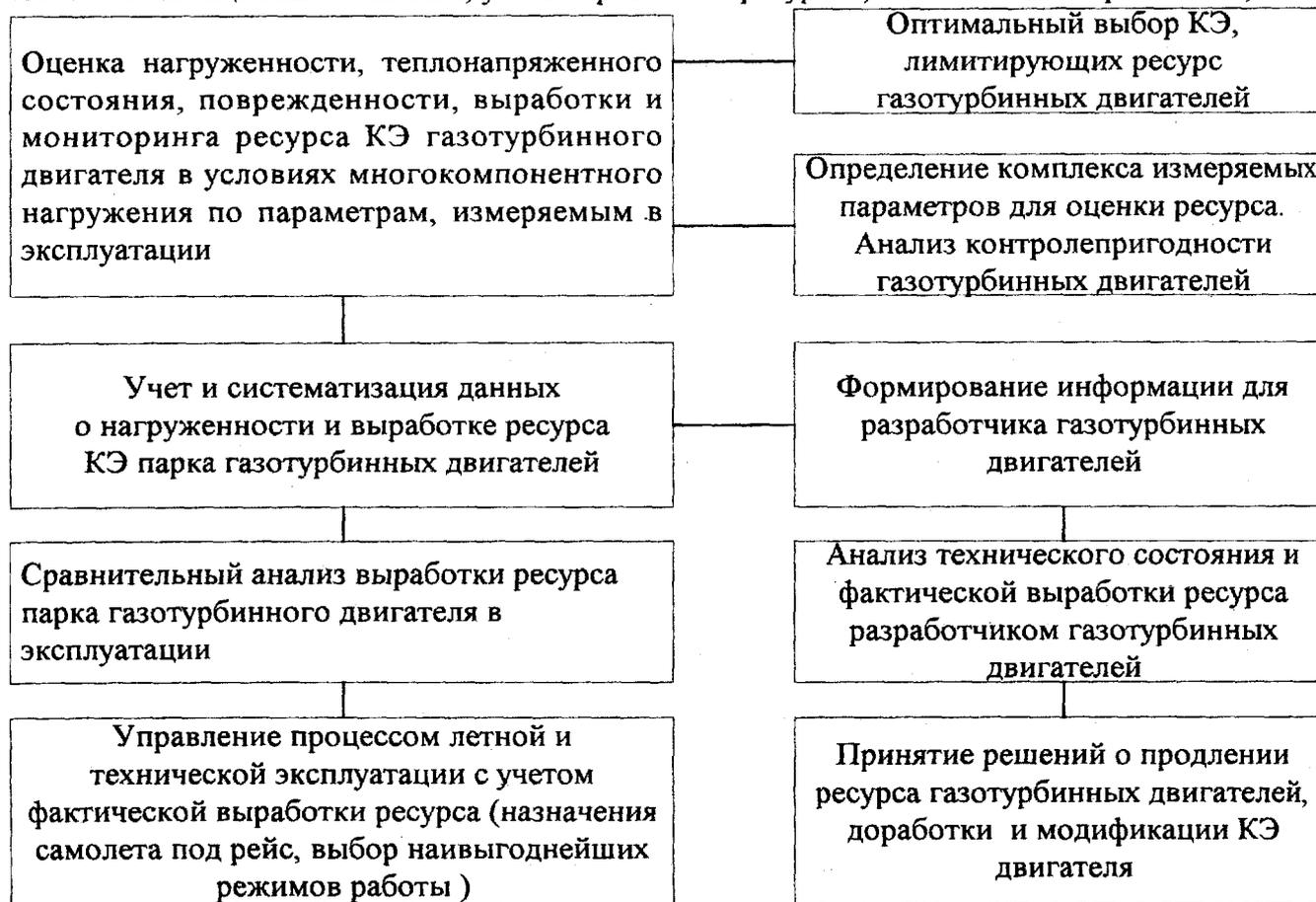


Рис.2. Контроль и управление ресурсом авиационных газотурбинных двигателей

контроля за движением оборотного фонда и запасных частей, контроля фактической выработки ресурса, учета и контроля выполнения бюллетеней, мероприятий и доработок двигателя, управления процессом технического обслуживания и ремонта и использованием парка газотурбинных двигателей (рис.3).

Базовыми модулями СУТЭ авиационных газотурбинных двигателей являются:

- система параметрического контроля и диагностирования (СПКД) двигателя;
- система сбора и обработки данных об отказах и неисправностях;
- система поиска и устранения неисправностей двигателя;
- система контроля выработки ресурса и характеристик прочностной надежности;
- система информационного обеспечения процесса технической эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей.

Система управления производством в авиационно-технической базе является сложной многоуровневой системой, представляющей собой системную совокупность замкнутых контуров управления, иерархия которых определяется производственной структурой авиационно-технической базы. Контур управления технической эксплуатацией авиационных двигателей достаточно широк и охватывает как структурные подразделения авиационно-технического комплекса (цеха оперативного и периодического обслуживания, лабораторию диагностики и планово-диспетчерский отдел), так и разработчиков авиационных двигателей, которые осуществляют контроль за техническим состоянием, надежностью и ресурсом парка двигателей и управляют ими путем разработки мероприятий и доработок, установления и продления ресурсов.

1	Управление использованием парка авиационной техники	2	Управление техническим состоянием авиационной техники	3	Управление запасами агрегатов и запчастей
1.1. Расписание. 1.2. Долгосрочный план. 1.3. Годовой план. 1.4. Месячный план. 1.5. Оперативное управление		2.1. <u>Основные изделия.</u> 2.2. <u>Агрегаты на воздушных судах и двигателях.</u> 2.3. <u>Отклонения от ТТ.</u> 2.4. <u>Регламент технического обслуживания и ремонта.</u> 2.5. <u>Бюллетени.</u> 2.6. <u>Доработки.</u> 2.7. <u>Лопатки газотурбинных двигателей.</u> 2.8. <u>Параметры газотурбинных двигателей.</u> 2.9. Анализ масла. 2.10. <u>Технологии.</u> 2.11. <u>Учет отказов и неисправностей.</u> 2.12. <u>Поиск и анализ отказов.</u> 2.13. <u>Периодическое техническое обслуживание.</u> 2.14. <u>Оперативное техническое обслуживание.</u> 2.15. <u>Расшифровка полетной информации.</u> 2.16. <u>Мониторинг выработки ресурса</u>		3.1. <u>Годовая заявка.</u> 3.2. <u>Месячная заявка.</u> 3.3. <u>Контроль запасов.</u> 3.4. <u>Учет агрегатов на земле.</u> 3.5. <u>Учет драгметаллов.</u> 3.6. <u>Учет движения агрегатов.</u> 3.7. <u>Комплектация.</u> 3.8. <u>Рекламации</u>	
4	Управление административно-хозяйственной деятельностью			6	Ведение нормативно-справочной документации
4.1. Кадры. 4.2. Экономика. 4.3. Табель. 4.4. Охрана труда. 4.5. Учеба. 4.6. Отдел технического контроля. 4.7. <u>Руководитель</u>				6.1. <u>Кодификаторы.</u> 6.2. <u>Эталоны.</u> 6.3. <u>Стандарты.</u> 6.4. <u>Указания, приказы</u>	
5	Управление средствами технического обслуживания и ремонта				
5.1. <u>Метрология.</u> 5.2. <u>Комплектация средств технического обслуживания</u>					

Рис.3. Комплексы задач СУЛиТЭ АТ

Примечание. Подчеркнуты задачи, решаемые АСН и АСД.

В единой информационной базе предприятия источниками оперативной и достоверной информации о техническом состоянии двигателя являются цеха оперативного и периодического обслуживания, экипаж самолета, которые непосредственно получают информацию о его техническом состоянии в полете, на гонках и техническом обслуживании, лаборатория диагностики, которая получает и обрабатывает полетную и гоночную информацию с магнитных самописцев. От того, в какой степени автоматизированы сбор, обработка и передача информации в процессе эксплуатации, технического обслуживания газотурбинных двигателей, управления производством, зависит эффективность всего комплекса систем и средств автоматизации управления процессом технической эксплуатации в авиационно-техническом комплексе.

Базовым звеном системы управления техническим состоянием авиационных двигателей является лаборатория диагностики (центр по обработке и анализу информации), куда стекается вся информация о техническом состоянии двигателя из цехов, ЦДО, от экипажа и других служб авиационно-технического комплекса, от предприятия-разработчика двигателей, где производится первичный анализ этой информации.

Информационные массивы, накапливаемые в лаборатории диагностики, позволяют централизовать данные по всем видам ресурсов и функциям управления (надежностью, ресурсом и техническим состоянием), благодаря чему могут быть созданы условия для системной организации управления производством в отличие от позадачного подхода в АСУ.

Организация системы сбора и обмена первичной информацией, накапливаемой в центральной базе данных лаборатории диагностики, ее оперативный анализ и обобщение опыта эксплуатации по типу или любому единичному экземпляру газотурбинного двигателя, предоставляемые новой информационной технологией, создают необходимые условия для непосредственного участия разработчиков, изготовителей, поставщиков комплектующих изделий и органов государственного управления в инженерном, материально-техническом, нормативном обеспечении эксплуатации на протяжении всего срока службы газотурбинного двигателя.

Создание специализированного центра на базе лаборатории диагностики позволяет сосредоточить в одном месте обобщенную информацию по всему парку двигателей, необходимую для осуществления постоянного контроля за уровнем надежности эксплуатируемой авиационной техники, чтобы исключить возможность превышения интенсивности отказов над максимально допустимым уровнем, избежать массовых отказов и снижения налета парка.

Система параметрического контроля и диагностики газотурбинного двигателя предназначена для оценки его технического состояния в процессе эксплуатации, выявления и предупреждения отказов двигателя и основных функциональных систем в полете. СПКД включает в себя автоматическую регистрацию параметров и сигналов, записываемых на магнитные самописцы, их экспресс-обработку после каждого полета, контроль и анализ информации методами параметрической диагностики. Она позволяет производить оперативную оценку текущего состояния двигателя, его функциональных систем (запуска, топливной, масляной, механизации компрессора, реверсирования тяги и др.), вибросостояния двигателя на всех режимах его работ и осуществлять анализ временных трендов параметров. Для текущей оценки технического состояния применяют логический анализ параметров и сигналов, экспресс-анализ полетной и гоночной информации, визуальный контроль параметров и сигналов. Для среднесрочной оценки и прогнозирования работоспособности двигателя используют трендовый анализ, где строят зависимости изменения параметров от наработки и определяют тенденции их выхода за предельные уровни. Комплексный анализ полетной информации в лаборатории диагностики позволяет

уровни. Комплексный анализ полетной информации в лаборатории диагностики позволяет классифицировать двигатели на "исправные" и "подозрительные на неисправные", выявлять нарушения в работе функциональных систем двигателя и отказы системы контроля и регистрации параметров, обоснованно принимать решения о техническом состоянии двигателя, необходимых заменах, осмотрах и регулировках, проводить автоматизированный поиск неисправностей.

В состав СПКД входят следующие основные комплексы задач и программы обработки информации:

- комплекс задач экспресс-анализа технического состояния газотурбинного двигателя повышенной контролепригодности по полетной информации;
- комплекс задач обработки и анализа гонок двигателя;
- система комплексной диагностики двигателя по измеряемым параметрам (трендовый анализ комплексных, модельных и специальных параметров и невязок);
- экспертная система принятия решений о техническом состоянии двигателя, поиска отказов и технологий по их устранению;
- комплекс задач учета и контроля текущих и эквивалентных наработок двигателя и фактической выработки ресурса;
- комплекс задач контроля сообщений бортовой системы контроля двигателя (БСКД);
- комплекс задач просмотра и визуализации полетной информации;
- комплекс задач учета и ведения данных об отказах и мероприятиях по их устранению;
- термогазодинамическая модель двигателя для задач диагностирования газотурбинного двигателя;
- комплекс задач контроля расходования топлива;
- комплекс задач оценки технического состояния масляной системы двигателя;
- программа расчета тяги и удельного расхода топлива двигателя;
- комплекс задач контроля вибросостояния силовой установки самолета;
- комплекс задач формирования и ведения паспортных данных и движения двигателей в процессе эксплуатации;
- комплекс задач формирования и ведения формулярных данных двигателя;
- комплекс задач учета и ведения замечаний экипажа и лаборатории диагностики;
- комплекс задач формирования и ведения электронного каталога-кодификатора воздушных судов авиационных газотурбинных двигателей, классификаторов, используемых в комплексной системе информационного обеспечения технической эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей и нормативно-справочной и руководящей документации.

С точки зрения алгоритмизации все задачи комплексной автоматизированной системы параметрического контроля и диагностики технического состояния авиационных газотурбинных двигателей делят на группы, которые включают в себя задачи оперативной оценки технического состояния, диагностики и прогнозирования, поиска отказов и информационной поддержки.

К группе основных задач оперативной оценки технического состояния авиационного двигателя относятся задачи контроля сообщений БСКД, экспресс-анализа полетной информации, обработки и анализа гонок, просмотра и визуализации полетной информации. Решаемые в группе задачи контролируют работу двигателя и его систем на протяжении

всего полета, на всех режимах его работы по полетной информации, записанной МСРП-А-02.

Комплекс задач контроля сообщений БСКД обеспечивает допусковый контроль параметров и сигналов, регистрируемых в полете. Для контроля параметров используют специальные алгоритмы с фиксированными и плавающими пределами, основанные на сравнении текущих значений параметров с их предельными значениями, которые рассчитывают исходя из физических (газодинамических) и логических зависимостей между параметрами и их предельными значениями, определяемых состояниями двигателя и его функциональных систем. При контроле сигналов реализованы логико-временные алгоритмы анализа событий, с помощью которых регистрируются значимые события о неисправных состояниях двигателя и его систем и отказы отдельных элементов (датчиков, блоков) на основе состояния комплекса сигналов заданной продолжительности.

При этом комплекс задач контроля сообщений БСКД обеспечивает обнаружение отказов и неисправностей, зарегистрированных БСКД-90, проверку правильности формирования сообщения о событии, сохранение перечня подтвержденных событий в постоянной памяти ПЭВМ для последующего детального анализа.

При первичной обработке отслеживаются:

- сигналы об отказе датчиков и блоков БСКД-90;
- сигналы об неисправности двигателя;
- превышения параметрами "плавающих" предельных значений;
- превышения параметрами "фиксированных" предельных значений;
- предельные положения лопаток входного направляющего аппарата;
- положения клапанов перепуска воздуха из-за промежуточных ступеней компрессора высокого давления;
- положения заслонок перепуска воздуха из-за подпорных ступеней;
- положения элементов реверсивного устройства;
- переключение отбора воздуха на ПОС и сдув вихря с 13-й на 6-ю ступень компрессора высокого давления;
- время запуска и время выбега;
- состояние системы охлаждения турбины;
- сигналы о неисправностях других элементов двигателя ПС-90А;
- этапы полета с целью сохранения информации с характерных участков для последующего анализа и сравнения.

Комплекс задач экспресс-анализа полетной информации предназначен для оперативного контроля работы двигателя и его функциональных систем на всех рабочих режимах в течение полета. Параметры снимаются на основных стационарных и переходных режимах работы двигателя. В течение полета контролируют работу двигателя на запуске, режиме малого газа, режиме малого газа перед взлетом, взлетном режиме, при наборе высоты, в крейсерском полете, при снижении, торможении и выключении двигателей, параметры приемистости, сброса газа, времени запуска, розжига, обороты срабатывания механизации компрессора, клапанов перепуска воздуха, время выбега роторов, забросы температуры при запуске и реверсе тяги, параметры в системе смазки, вибросостояние опор роторов. В процессе контроля проверяют правильность работы основных функциональных систем двигателя: запуска, механизации компрессора, реверса тяги, охлаждения лопаток, топливной и масляной систем двигателя. В комплекс задач входит определение наработки

двигателя за полет на различных режимах и в целом за полет, прямых и удельных расходов топлива.

Контроль параметров и сигналов двигателя сопровождается обработкой и анализом полетной информации, по результатам которой формируется протокол-отчет о работе двигателя за полет. Одновременно информация о параметрах за полет записывается в специальные файлы для последующего анализа межполетных трендов и технического состояния двигателя в контрольных (реперных) точках полета.

В группу задач, связанных с контролем и диагностикой двигателя по измеряемым в полете параметрам, входят задачи трендового анализа параметров (и невязок) проточной части, контроля масляной системы, расхода топлива, тяги и вибродиагностики двигателя. К ним также относится программа расчета модельных параметров на базе термогазодинамической модели двигателя, используемая в процессе параметрической диагностики. Отмеченные задачи предназначены для среднесрочной оценки и прогнозирования технического состояния двигателя.

К группе информационных задач относятся задачи учета и ведения паспортных и формулярных данных двигателя и их движения в эксплуатации, данных об отказах, текущих и эквивалентных наработках, замечаниях экипажа и лаборатории. Данные об отказах и способах их устранения, замечания экипажа и лаборатории используются в задачах поиска неисправностей совместно с экспертной системой принятия решений о техническом состоянии газотурбинных двигателей.

Система параметрического контроля и диагностики реализуется в виде распределенного вычислительного комплекса, охватывающего различные службы эксплуатационных предприятий, на основе их локальной вычислительной сети позволяющих организовать распределенную обработку данных.

Центральная информационная база эксплуатационного предприятия должна располагаться на мощном компьютере (файл-сервере). Доступ к центральной информационной базе организовывается из других компьютеров, подключенных к сети через сетевые адаптеры. Выборка и предварительная обработка данных выполняется файл-сервером. Окончательная обработка и представление данных осуществляется на рабочих станциях на базе IBM совместимых ПЭВМ, оснащенных, как минимум, процессором 80486DX, 16 MB RAM, 540 MB HDD и SVGA монитором.

Централизованное хранение баз данных имеет преимущество: облегчается процесс сопровождения, обеспечения целостности баз данных и организация архивирования и резервного копирования информации.

Совмещение централизованного хранения и распределенной обработки информации значительно повышает эффективность системы в целом и уменьшает ее стоимость.

В связи с появлением двигателей повышенной контролепригодности, развитием наземно-бортовых автоматизированных систем контроля и сбора полетной информации появились новые возможности оперативной комплексной оценки технического состояния авиационных двигателей, обеспечивающих их эксплуатацию по техническому состоянию. Для их реализации в 1994-1997 годах разработаны комплексные системы диагностирования двигателя ПС-90А - АСД-90 и СИНТЕЗ-90, внедренные в авиационно-техническом комплексе аэропорта «Шереметьево-2» и АО «Авиадвигатель» (г. Пермь), в рамках которых решаются задачи контроля и диагностики технического состояния, автоматизированного поиска неисправностей и принятия решений о выпуске самолета в рейс, формирования регламента технического обслуживания, регулировок двигателя, замен агрегатов и др.