

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ САМОЛЕТОВ И ИХ АГРЕГАТОВ

Проблема повышения эффективности использования летательных аппаратов (ЛА) на современном этапе развития гражданской авиации (ГА) связывается с высокой себестоимостью воздушных перевозок, а также с дефицитом и высокой стоимостью авиационной техники (АТ). Ее решение идет по пути приобретения ЛА, обладающих высокими технико-экономическими характеристиками, а также совершенствования системы технической эксплуатации (ТЭ).

В общем случае уровень совершенства системы ТЭ определяется степенью взаимодействия между объективно существующим процессом изменения технического состояния (ТС) объектов и процессом их ТЭ.

Повышение эффективности процесса ТЭ при этом достигается путем реализации стратегий технического обслуживания (ТО) и ремонта (Р) по состоянию, которые позволяют осуществить перевод изделий на безресурсную эксплуатацию, т.е. на эксплуатацию по техническому состоянию (ЭТС).

В условиях ЭТС большая часть работ по ТО и Р гидравлической системы (ГС) (более 75%) выполняется по результатам диагностирования, т.е. по технической необходимости. В результате удается существенно сократить простои ЛА на ТО и Р, снизить трудоемкость и стоимость работ, а также повысить уровень надежности (безотказности) изделий.

Необходимость перевода АТ на ЭТС диктуется наличием объективно протекающего процесса накопления повреждений в элементах конструкции. Начальный запас работоспособности изделий постепенно исчерпывается, что ведет к повышению интенсивности возникновения отказов. В этих условиях для поддержания требуемых уровней надежности необходимо проводить корректировку режимов ТО и Р, т.е. периодичностей и объемов выполняемых работ.

Теория обслуживания гидравлических систем по состоянию

Усложнение конструкции гидравлических систем (ГС) ЛА привело к увеличению разнообразия входящих в них узлов (блоков) по характеру используемых физико-механических процессов, характеру и степени нагрузок и, как следствие, к различным уров-

ням надежности узлов. Поэтому оптимальных сроков выполнения ТО и Р для сложного объекта (гидравлической системы) в целом практически не существует. Выполнение заранее назначенного объема профилактических работ в установленные сроки не уменьшает вероятности возникновения отказов.

Фактические ресурсы однотипных элементов ТС характеризуются большим разбросом, вызванным неоднородностью материалов деталей, нестабильностью технологического процесса изготовления. Интенсивность расходования фактического ресурса (интенсивность старения, изнашивания) элементов ТС носит случайный характер и меняется в широких пределах в зависимости от разнообразия условий эксплуатации: климатических условий, режимов работы, продолжительности рейсов, организации и качества ТО и Р, условий хранения и транспортировки.

Современный уровень и перспективы развития средств технического диагностирования, дефектоскопии и автоматизированного контроля открывают реальные возможности применения методов ТО и Р гидравлических систем летательных аппаратов по состоянию с контролем параметров, которые являются планово-предупредительными. Планируемыми являются периодичность и объем работ по техническому диагностированию. Предупредительный характер методов обеспечивается путем постоянного наблюдения за техническим состоянием ТС с целью своевременного выявления предотказного состояния.

Для выявления предотказного состояния ТС может использоваться принцип назначения устрещающих допусков на диагностические параметры.

Устрещающий допуск — это совокупность значений параметров, заключенных между предельным и предотказным уровнями параметра. Выход параметра за предельный уровень означает отказ. Достижение предотказного уровня означает необходимость выполнения профилактических работ. Величина устрещающего допуска $\Delta\eta = \eta^{**} - \eta^*$ связана с величиной периодичности контроля $\Delta t = t_1 - t_2$ таким образом, чтобы реализация процесса изменения параметра, определяющего техническое состояние объекта, после пересечения предотказного уровня η^* при параболке $t_1 < t < t_2$ не пересекла до момента t_2 уровня η^{**} с вероятностью $P(t) \geq P_3$, где P_3 — заданный уровень вероятности безотказной работы за время Δt . Замена объекта производится в моменты контроля (t_1, t_2, \dots) при $\eta \geq \eta^*$.

Характерной особенностью методов технического обслуживания по состоянию с контролем параметров является отсутствие межремонтного ресурса у объектов, поскольку уступающими являются только гарантийный и назначенный ресурсы. Гарантийный ресурс назначается и обеспечивается предприятиями-изготовителями и призван стимулировать повышение

технического уровня и качества изготовления объектов. Определение назначенного ресурса должно основываться на фактическом ресурсе наиболее надежных узлов (блоков объекта). Практически он может быть ограничен по экономическим соображениям, например, если стоимость обслуживания и ремонта объекта превысит стоимость его замены на новый.

При разработке и внедрении методов ТО и Р по состоянию с контролем параметров ресурсы отдельных объектов могут временно ограничиваться из-за необходимости дополнительной проверки их надежности, разработки новых методов и средств технического диагностирования, уточнения допусков на контролируемые параметры и по другим причинам, обусловленным совершенствованием методов и этапами их эксплуатационной проверки и внедрения.

Информационной основой методов являются текущие и накопленные данные о техническом состоянии, надежности объектов, продолжительности, трудоемкости и стоимости ТО и Р.

Целью метода технического обслуживания гидравлической системы по состоянию с контролем параметров является повышение эффективности использования авиатехники и снижение эксплуатационных расходов путем назначения необходимых профилактических работ по ТО в зависимости от фактического состояния ГС. Применение методов диагностирования и прогнозирования ГС ГС способствует повышению безопасности и регулярности полетов.

Метод предусматривает проведение после отработки гарантийного ресурса непрерывного или периодического контроля и измерения параметров, определяющих техническое состояние ГС, с целью поддержания заданного уровня надежности при эксплуатации и более полного использования индивидуальных ресурсов. Решение о продолжении эксплуатации до момента следующей проверки или замене (регулировке) объекта принимается по результатам контроля.

Метод технического обслуживания по состоянию с контролем параметров представляет собой совокупность правил по определению режимов и регламента диагностирования объектов эксплуатации и принятию решений о необходимости их замены или необходимого объема ТО на основе информации о фактическом ТС ГС.

Режим диагностирования является совокупностью, определяющей состав диагностических параметров, периодичности проверок и упреждающие допуски на параметры. Методом диагностирования предусматривается установление количественных связей между зна-

чениями урезающих допусков на диагностические параметры ТС и периодичности контроля ее технического состояния.

Регламент диагностирования – единый документ, директивно утверждающий режим технического диагностирования. Получение исходной информации о техническом состоянии ТС производится путем измерения ее функциональных и диагностических параметров. Измерения проводятся с определенной периодичностью в полете и при выполнении различных форм технического обслуживания; на борту самолета и со снятием оборудования с ЛА; по приборам самолета, средствами автоматизированного контроля, средствами технического диагностирования и неразрушающего контроля и с помощью контрольно-проверочной аппаратуры; с регистрацией в бортовых журналах или карточках и на ленты бортовых и наземных регистраторов.

Основой данного метода является техническое диагностирование как средство получения необходимой достоверной информации о техническом состоянии ТС. Система применения технического диагностирования определяет глубину и качество оценки ТС объектов, а значит правильность и эффективность принимаемых решений и эффективность самого метода.

Прогнозирование ТС или надежности проводится на период до следующей проверки значений параметров. При этом используется информация о надежности и ТС совокупности эксплуатируемых однотипных ТС и об изменении ее параметров. Результаты прогноза являются основой для принятия решения. Принятие решения при данном методе ТО основывается на прогнозировании надежности или ТС объекта; типовых программах принятия решения, составленных на основе технико-экономической информации об эксплуатации совокупности объектов, данных о затратах на ТО данного объекта, включая потери от простоев самолета и задержек отправок ЛА из-за отказов и неисправностей ТС.

Оценка функционирования гидравлических систем самолетов и их агрегатов

С самого начала проектирования современных самолетов (Ан-124, Ту-204, Ту-334, Ил-96М, Ан-140) особое внимание отводится вопросам эксплуатационной технологичности и оптимизации всей системы ТО, в частности, освоения обслуживания по состоянию, которое существенно связано с высокой степенью надежности как отдельных агрегатов, так и систем самолета в целом, и ряду мероприятий, связанных с непрерывным анализом их состояния за счет введения средств диагностики в встроенные системы контроля. основополагающим критерием стал принцип стратегии ТО по состоянию, что позволило сократить простои на ТО и тем самым поднять ожидаемую рентабельность самолета.

В качестве примера рассмотрим процесс эксплуатации ГС на самолете Ан - 124.

В соответствии с регламентом РО-99 по обслуживанию самолета Ан-140, при условии выполнения всех его приложений и указаний, эксплуатация ГС осуществляется по ГС без выполнения капитального ремонта в пределах назначенного ресурса.

Регламент РО - 99 самолета Ан-124-100 включает следующие виды ТО:

- оперативное;
- периодическое;
- специальное;
- при хранении.

Оперативное и периодическое ТО составляют плановое ТО самолета при регулярной эксплуатации.

Оперативное ТО включает в себя вспомогательные работы и формы А₁, А₂ и Б.

Вспомогательные работы состоят из:

- работ по встрече - ВС;
- работ по обеспечению стоянки -- ОС;
- работ по обеспечению вылета - ОВ.

Форма А₁ выполняется:

- после каждой посадки самолета, если не требуется выполнения формы А₂ и Б;
- при задержке подготовленного к вылету самолета свыше 12 часов,
- перед полетом после периодического ТО;
- при очередных заправках топливом в процессе учебно-тренировочных полетов

Форма А₂ выполняется в базовом или конечном аэропорту:

- после каждой посадки самолета, если планируемая стоянка составит более 12 часов;
- после выполнения двух-трех посадок (форм А₁) при полете после предыдущей фор-

мы А₂ (или другой более сложной формы ТО) до 12 часов, если не требуется выполнение более сложной формы ТО:

- при подготовке самолета к полетам после стоянки от 1 до 30 суток, если самолет не ставился на хранение;
- перед полетом после специального ТО;
- после контрольного облета самолета

Форма Б выполняется в базовом или конечном аэропорту:

- один раз в 15 суток регулярной эксплуатации (при выполнении хотя бы одного полета в сутки), если не требуется выполнять очередное периодическое ТО. Указанный срок мо-

жет быть увеличен на количество нелетных суток, но не должен превышать 20 суток или 50+5 часов полета;

- перед полетом после хранения;
- перед началом эксплуатации после поступления самолета с доработок, если на самолете не выполнялась форма периодического ТО.

Периодическое ТО состоит из:

- подготовительных работ;
- основных и дополнительных работ;
- заключительных работ.

Подготовительные и заключительные работы являются общими для всех форм ТО

Периодическое ТО в пределах назначенного ресурса назначается по полету самолета в часах и по календарному сроку эксплуатации в месяцах

В процессе ТО самолета осуществляется диагностирование и постоянное наблюдение за техническим состоянием ТС с целью своевременного выявления предотказного состояния.

Необходимым условием эксплуатации по состоянию является предоставление эксплуатантом данных о состоянии авиационной техники, ее отказах и неисправностях для периодического контроля разработчиком уровня надежности, т. е. для оценки состояния систем самолета.

В процессе эксплуатации самолета эксплуатант ВС производит сбор, обработку и передачу в конструкторское бюро информации:

- о параметрах полетов, распечатки БГУ БАСК, а также записи бортового самописца КЗ-63 - в месячный срок по истечении каждого очередного квартала;
- о состоянии парка самолетов Ан-124-100, находящихся у эксплуатанта, их отказах и неисправностях в виде карточек учета неисправностей - в месячный срок по истечении каждого очередного полугодия.

Получение диагностической информации в процессе эксплуатации АТ осуществляется путем комплексного использования бортовых (взлетных) систем контроля ЛА и наземных средств контроля, которые образуют единую систему технического диагностирования авиационной техники (рисунок 1).

Бортовая часть системы включает:

- контрольно-измерительные приборы, указатели, сигнализаторы;
- бортовые регистраторы (МСР11),
- ручную регистрацию в бортовом журнале (записи борт инженера).

Наземная часть включает:

- группу расшифровки полетной информации;



Рисунок 1 - Блок-схема диагностирования систем АТ

- группу неразрушающего контроля и диагностирования систем самолета;

- группу анализа состояния рабочей жидкости и т.д.

Собранная диагностическая информация обрабатывается и анализируется.

На основе результатов анализа формируется управляющее воздействие на процесс

технической эксплуатации ГС ЛА, т.е. решается вопрос: продолжить эксплуатацию гидросистемы или заменить ее комплектующие изделия.

Вывод

Необходимость применения методов ТО по состоянию с контролем параметров вытекает из основополагающих для ЛА требований обеспечения безопасности и регулярности полетов, экономичности эксплуатации.

Безопасность полетов достигается путем обеспечения заданного уровня безотказности за счет создания конструкций повышенной живучести, а также возможности оценки и прогнозирования уровня работоспособности при эксплуатации; возможности обнаружения отказов и неисправностей на ранних стадиях их развития за счет обеспечения необходимого уровня контролепригодности, наличия индикации отказов и предотказных состояний, методов и средств технического диагностирования.

Регулярность полетов достигается путем обеспечения возможности быстрого обнаружения отказов и неисправностей; потребных уровней эксплуатационной технологичности (контролепригодности, доступности, легкосъемности, взаимозаменяемости), позволяющих оперативно восстановить работоспособность системы или агрегата.

Экономическая эффективность эксплуатации достигается выбором оптимальных методов ТО, обеспечивающих экстремальные значения целевой функции (минимум удельной стоимости ТО и максимум коэффициента использования самолета) при обеспечении заданного уровня надежности систем и изделий.

Основными тенденциями развития методов технического обслуживания ГС летательных аппаратов по состоянию являются:

повышение надежности и живучести, как отдельных агрегатов, так и гидросистемы в целом;

обеспечение возможности обнаружения отказов и неисправностей на ранних стадиях их развития за счет повышения уровня контролепригодности;

обеспечение возможности непрерывного анализа состояния гидросистемы за счет введения средств диагностики в встроенные системы контроля;

обеспечение возможности оценки и прогнозирования уровня работоспособности при эксплуатации;

повышение качества диагностирования системы за счет применения более совершенных методов диагностирования с использованием оборудования и приборов высокой точности, обеспечивающих возможность точно оценивать параметры ГС за минимальное время.