

*Анализ контролепригодности, выбор и обоснование диагностических параметров объектов эксплуатации*

**Процесс контроля и диагностирования** технического состояния АТ включает:

- разработку требований к технологическим процессам ТО и методам диагностирования;
- проверку соответствия параметров объекта контроля установленным требованиям и прогнозирования их изменений в процессе эксплуатации;
- выявления отклонений, которые возникли и осуществления поиска элементов, которые отказали;
- оперативное устранение отклонений путем реализации оптимальных мероприятий ТО.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

Функции контроля и диагностирования изделий АО не должны ограничиваться только контролем параметров и их анализом. Также включаются и элементы управления процессом эксплуатации АО. Методы контроля, целью которых есть только индикация состояния изделия (годный, не годный), не имеет достаточной чувствительности, удлиняют технологический процесс, требуют дополнительных затрат, а главное – не предупреждают следствий отказов.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

- Сегодня особое внимание надо уделять методам активного контроля, сущность которых - в анализе динамики смена технического состояния объектов и его прогнозирования.
- При этом методы контроля и диагностирования АО направленные на предупреждения всяких потерь в процессе эксплуатации, оказывают содействие повышению стабильности технологических процессов ТО и обеспечивают безопасность полетов.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

- Однако возможность внедрения и эффективность системы контроля и диагностирования определяются свойствами изделий АО как объекта контроля.
- Обеспечения контролепридатности предусматривает необходимость:
- аппаратурной пристасованості изделий АО к диагностированию в процессе эксплуатации;
- взаємопогодження характеристик изделий, методов диагностирования и характеристик средств диагностирования.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

- Контролепридатность изделий качественно характеризуется ее показателями, которые приведены в табл.6.3.
- Работы для обеспечения контролепридатности изделий АО включают:
  - 1. Определения задач и видов средств существующей системы контроля технического состояния.
  - 2. Оценку уровня контролепридатности изделий АО.
  - 3. Формирования требований к контролепридатности изделиям АО.
- Анализ физических процессов, которые протекают при функционировании объектов диагностирования с целью выявления механизмов возникновения и признаков проявления повреждений и дефектов.
- Выбор метода диагностирования, разработка модели объекта диагностирования.
- Разработка схемы размещения контрольных точек на изделии и их конструктивное оформление (роз'єми, лючки, штуцеры и т.ін.).
- Оценка достигнутого уровня контролепридатности.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

Показатель Формула для расчета Условные обозначения Коэффициент повности проверки (працездатності, правильності функціонування)  $\lambda_k$  – суммарная интенсивность отказов составных изделий, которые проверяются;  $\lambda_0$  – суммарная интенсивность отказов изделия Среднее время подготовки виробу к діагностуванню заданным количеством специалистов  $T_v = T_u + T_{мд}$   $T_u$  – среднее время встановлення и снятия вимірювальних приборов, необходимых для диагностирования;  $T_{мд}$  – среднее время монтаж-но-демонтажних работ

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

Средняя трудоемкость подготовки изделия к диагностированию  $S_{в} = S_{у} + S_{мд} S_{у}$  – средняя трудоемкость установления и снятия измерительных приборов;  $S_{мд}$  – средняя трудоемкость монтажно-демонтажных работ на изделии Коэффициент унификации пристроил сопряжения  $N_{у}$  – количество унифицированных устройств сопряжения;  $N_{0}$  – общее количество пристроило сопряжения Уровень контролепридатности при оценке: дифференциальной-комплексной  $K_{i}$  – значения показателя контролепридатности изделия, которые оцениваются;  $K_{iб}$  – значения базового показателя контролепридатности;  $n$  – количество показателей контролепридатности;  $\sigma_{i}$  – коэффициент весомости  $i$ -го показателя

- В состав задач контролю уровня АО входят:
- контроль трудоспособности;
- поиск мест отказов;
- контроль параметров изделия АО, которые отображают действия экипажа во время выполнения полетной задачи;
- контроль параметров изделия АО в полете и их наземная обработка для прогнозирования его технического состояния и т.н.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

На основе статистических данных результатов эксплуатации АО оценивают показатели контролепридатности и проявляют признака выявления повреждений и дефектов изделий АО.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

- Построение математической модели объекта диагностирования служит основой для избрания метода диагностирования и включает такие этапы:
- - параметризацию объекта диагностирования, то есть описания отделенных элементов объекта и возможных параметров для оценки их технического состояния;
- - определения зависимостей между геометрическими сменами элементов и контролируруемыми параметрами.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

После выбора метода диагностирования и конструктивной разработки, которая обеспечивает возможность его использования, оценивают достигнутый уровень контролепридатности.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

Выбор диагностических параметров делают на основе результатов структурного анализа систем, определения основных причин отказов и неисправностей заданной системы и вероятностей  $q_i$  их появления, совокупности возможных проверок технического состояния систем и оценки эффективности использования параметров контроля.

- Основные причины отказов и значения вероятностей  $q_i$  определяют на основе результатов эксплуатации заданной системы
- ,
- где  $r_i$  – количество отказов и неисправностей системы за  $i$ -той причиной за данный период времени;
- $r$  – общее количество отказов и неисправностей заданной системы
- за данный период времени .

- При недостаточном объеме статистических данных условные вероятности  $q_i$  определяют экспертным методом. Следует помнить, что
- где  $m$  – количество причин отказов системы.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

Совокупность возможных проверок (методов контроля) технического состояния элементов заданной системы определяют на основе анализа возможного использования неразрушающих методов контроля, анализа существующей системы контроля и систем контроля новейших типов ЛА. При этом учитывают приспособление системы к измерению параметров контроля или возможности обеспечения контроля параметров за счет конструктивных изменений заданной системы ЛА.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

Особое внимание при выборе параметров контроля уделяют параметрам, которые количественно оцениваются при измерениях в процессе эксплуатации. Количественная оценка параметров разрешает прогнозировать трудоспособность индивидуальных объектов эксплуатации. Как диагностические параметры используют штатные параметры, которые измеряются бортовой аппаратурой, и параметры, которые измеряются специальными средствами контроля при ТО. Систематическая регистрация штатных функциональных параметров, таких как давление, температура, затраты рабочей жидкости или газа на заданных режимах и анализ динамики смена результатов контроля в процессе эксплуатации, разрешает существенно повысить эффективность методов диагностирования изделий.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

Для оценки состояний фильтров и изделий, техническое состояние которых влияет на местное сопротивление в системах, устанавливают датчики для измерения перепада давления на данных изделиях. Для диагностирования изделий при ТО используют такие структурные параметры, как величина зазора, длина и глубина трещины, степень эрозии, величина сноса элементов системы и т.п..

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

- Результаты спектрального анализа масла разрешают судить о состоянии элементов, которые омиваются маслом, за количеством продуктов сноса в масле; віброакустичний контроль за степенью сноса элементов подшипников, насосов; віброметрія за элементами, которые обрачиваются и т.ін.
- Эти методы контроля можно использовать при проведении периодических видов ТО. Они разрешают диагностировать и прогнозировать техническое состояние изделий. Для оперативной оценки состояния рационально использовать штатные средства контроля.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

Анализ эффективности применения методов контроля технического состояния систем и изделий ЛА может быть проведен на основе информационной оценки процесса диагностики, которые базируется на анализе таблицы состояний (табл.6.4), в которой строки отвечают всем возможным состояниям (возможные отказы и неисправности заданной системы), а столбцы – всем возможным проверкам (параметры контроля).

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

- Процесс контроля есть процессом снижения неопределенности относительно оценки объекта эксплуатации, которая изучается. Для оценки эффективности контроля определяют величину прироста информации об объекте. Если сложная система может находиться с вероятностью  $q$  в одном из возможных неисправных состояний, то мерой неопределенности состояния системы будет энтропия  $H_0$
- 
- где  $m$  – количество возможных неисправных состояний системы (количество возможных причин отказов и неисправностей системы);
- $q_i$  – вероятность появления отказов за  $i$ -ю причиной (при условиях наличия в системе отказа).

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

- Каждая проверка несет определенную информацию о состоянии объекта:
- ,
- где  $I_i$  – количество информации, полученной в результате осуществления проверки;
- $H_0$  – априорная неопределенность состояния системы (энтропия системы к проверке);
- $H_u$  – апостериорная неопределенность состояния системы (энтропия системы после проведения проверки):
- ,
- где  $I$  – количество причин отказов системы, не охваченных контролем данного параметра.

- Количество информации, которая полученное в результате осуществления одной проверки, определяется по формуле
- ,
- где  $k$  – количество причин отказов системы, которые выявленные данной проверкой:
- $k + l = m$ .

- Из всего множества возможных причин отказов каждый из контролируемых параметров, которые рассматриваются, определяет техническое состояние только некоторых элементов. В связи с этим эффективность метода контроля оценивают отношением

- .

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

- На основе результатов анализа отказов и неисправностей заданной системы и совокупности возможных проверок составляют таблицу состояний, в каждой графе которой ставят 0, если параметр контроля реагирует на появление данного отказа, или 1, если параметр контроля не реагирует на появление данного отказа (табл.6.4, графы 2-7) и оценивают эффективность каждого параметра контроля.
- В качестве примера в табл.6.4 приведенные результаты оценки эффективности параметров контроля топливной системы ГТД.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

Таким образом, с двух рассмотренных совокупностей диагностических параметров наиболее рациональным есть практическое осуществление контроля перепада давления топлива  $\Delta p$  и использования виброакустического метода.

- *6.3.3. Оптимизация алгоритмов поиска неисправностей*
- *функциональных систем воздушных судов и АД*

Последовательность проведения проверок в процессе поиска неисправностей (ПН) функциональной системы (ФС) определяется алгоритмом ПН. Одним из главных направлений усовершенствования алгоритмов ПН есть его оптимизация с использованием критерия оптимизации "минимум среднего времени ПН".

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

- Оптимизация алгоритма по критерию "минимум среднего времени поиска неисправностей" осуществляется в случае, когда последовательность проведения проверок построена согласно с возрастанием абсолютной величины показателя:
- $C_j = t_j / \square q_j$ ,
- где  $t_j$  – продолжительность проверки  $j$ -го элемента;
- $\square q_j$  – относительная вероятность отказа  $j$ -го функционального элемента, которая исчисляется по формуле
- где  $\square$  - показатель безотказности  $j$ -го функционального элемента (как показатели безотказности функционального элемента могут быть использованы):
- $\lambda$  - интенсивность отказов;
- $\omega$  - параметр потока отказов;
- $m$  – количество функциональных элементов (ФС).

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

- Построение оптимизованого алгоритма ПН выполняется на основе общего анализа содержательного описания алгоритма и его логической схемы.
- Описание алгоритма ПН должен отвечать таким требованиям:
- каждая элементарная проверка должна иметь лишь два результата: отвечает изделие, которое проверяем, нормам ТУ или не отвечает ("в ТУ" – "не в ТУ");
- результатом каждой элементарной проверки, за исключением последней, должно быть или определения метода устранения неисправности, или указание к проведению следующей элементарной проверки;
- последняя проверка алгоритма ПН должна иметь свойство "конечного эффекта", то есть оба ее результата должны указывать на способ устранения неисправности;
- все проверки должны быть элементарными, то есть описание проверочной операции не должен объединять две ли больше элементарных проверки.

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

- После приведения описания алгоритма ПН строят логическую схему.
- Логическая схема алгоритма ПН строится в форме двійкового дерева, в котором каждом положительном результате элементарной проверки ("в ТУ") относится соответственно знак "1", а каждому отрицательному результату ("не в ТУ") – знак "0". Элементарным проверкам алгоритма отвечают условные обозначения в виде колец, а методам устранения неисправностей – в виде прямоугольников. В кольцах и прямоугольниках записанные порядковые номера элементарных проверок и методов устранения неисправности. Рядом с условными обозначениями проверок и методов устранения неисправностей записанные их весовые характеристики. Весовой характеристикой проверки есть ее продолжительность, а метода устранения неисправности – значения показателя надежности функционального элемента, который требует замены или восстановление технического состояния.

- Построение логической схемы оптимизованого алгоритма ПН заканчивается вычислением среднего времени ПН за данным алгоритмом:
- ,
- где:  $t_j$  – продолжительность проверки  $j$ -го элемента;
- $q_j$  – относительная вероятность отказа  $j$ -го элемента;
- $A_j$  – субмножина технических состояний функциональной системы.

- Рассмотрим построение логической схемы оптимизованного алгоритма и вычисления  $T_{ср}$  на примере отказа самолета Ил-86. "Самолет отводит в сторону на пробеге и рулінні (рукоятка управления в нейтральном положении)".
- Для построения оптимизованного алгоритма и логической схемы ПН создадим таблицу рангов (табл.6.5), а на основе этой таблицы – оптимизованный алгоритм (рис.6.1) и его логическую схему (рис.6.2).

- Таблица 6.5
- Таблица рангов

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

- Найменування функціональних елементів Пневматики колес Галь-
- мо
- Педаль Кинематика управління передньої ногою Блок БУ-2А Троси поворотного зв'язи  
Наименования проверок  
Обзор пневматики  
Обзор тормоза  
Проверка відповідності механічного "0" педаль  
Обзор кинематики управління передньої ногою  
Перевірка в лабораторії блоку БУ-2А  
Перевірки натягнення тросів зв'язи  
Условное позначення перевірки, № П1 П2 П3 П4 П5 П6  
 $t_j$ ,  
мин. 53642515 К100028,84,82414,49,614,4  
□  $q_j$  0,30,050,250,150,10,15 С $j$  16,7602426,7250100  
Ранг перевірки 142365

## Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

Самолет отводит в сторону на пробеге и рулінні (рукоятка управления в нейтральном положении).

# Ефективність процесу ТЭ ВС и АД

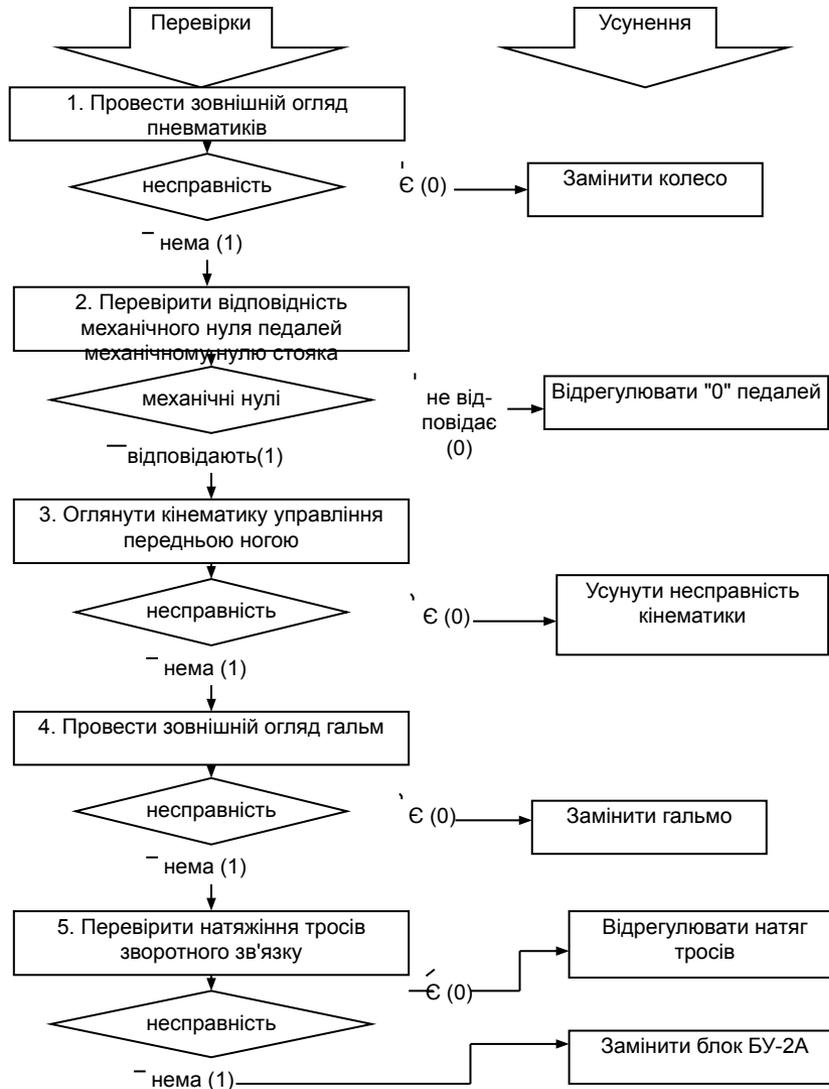
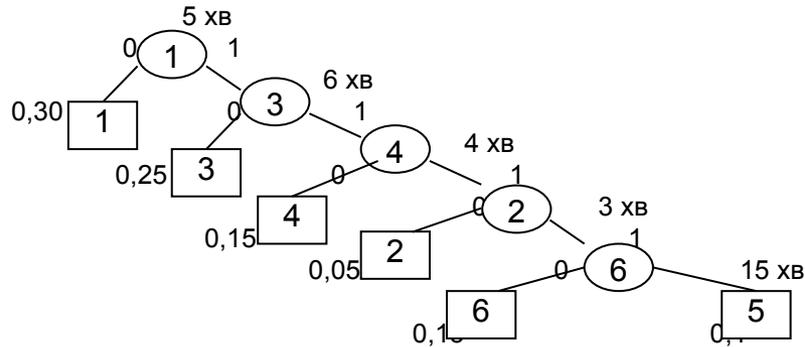


Рис.6.1. Змістовний опис оптимізованого алгоритму

# Эффективность процесса ТЭ ВС и АД



$$T_{cp} = t_6 (q_5 + q_6) + t_2 (q_6 + q_5 + q_2) + t_4 (q_6 + q_5 + q_2 + q_4) +$$

$$+ t_3 (q_6 + q_5 + q_2 + q_4 + q_3) + t_1 = 15 (0,15 + 0,1) + 3 (0,15 + 0,1 + 0,05) +$$

$$+ 4 (0,15 + 0,1 + 0,05 + 0,15) + 6 (0,15 + 0,1 + 0,05 + 0,15 + 0,25) + 5 = 15,6$$

(хв.)

Рис.6.2. Логична схема оптимізованого алгоритму

# Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

# Эффективность процесса ТЭ ВС и АД

# Эффективность процесса ТЭ ВС и АД