

**САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА**

**ПОИСК И УСТРАНЕНИЕ
НЕИСПРАВНОСТЕЙ В СИСТЕМАХ ЛА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАБОЧИХ
АЛГОРИТМОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

**ПОИСК И УСТРАНЕНИЕ
НЕИСПРАВНОСТЕЙ В СИСТЕМАХ ЛА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАБОЧИХ
АЛГОРИТМОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

Методические указания к лабораторной работе

Составители: *И. М. Макаровский, Г. А. Новиков*

УДК 629.7.017 (07)

Поиск и устранение неисправностей в системах ЛА с использованием рабочих алгоритмов диагностирования: Метод. указания к лаб. работе / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Сост. *И.М. Макаровский, Г.А. Новиков*. Самара, 2003. 28 с.

Рассматриваются вопросы, связанные с изучением принципов построения алгоритмов технического диагностирования при поиске неисправностей (дефектов) в системах ЛА. На примере масляной системы силовой установки самолета Ан-2 рассматривается методика построения графа причинно-следственных связей и алгоритма поиска дефектов, способы их выявления и устранения.

Работа предназначена для студентов, обучающихся по специальности "Эксплуатации летательных аппаратов и двигателей". Подготовлена на кафедре ЭЛАИД.

Печатаются по решению редакционно - издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева

Рецензент А. Н. Тихонов

Цель и задачи работы

Основная цель работы - ознакомление с методикой построения алгоритмов технического диагностирования (ТД), используемых при поиске неисправностей (дефектов) в системах ЛА; приобретение практических навыков в проведении проверок и устранение выявленных неисправностей.

Работой предусматривается:

- изучение конструкции, принципа действия и характерных дефектов объекта ТД;
- изучение инструкции по эксплуатации (запуску и опробованию) объекта;
- проверка общей работоспособности объекта по штатным параметрам с постановкой технического диагноза (выявлением неисправной системы);
- построение графа причинно-следственных связей и алгоритма поиска дефектов для неисправной системы;
- поиск и устранение дефектов с последующим опробованием объекта;
- оформление отчета по проделанной работе.

При подготовке к проведению лабораторной работы дополнительно к настоящим указаниям изучаются: техническое описание объекта ТД; инструкции по эксплуатации объекта.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Назначение и принцип построения алгоритмов ТД

Назначение. Поиск дефектов в сложных технических устройствах, к которым относятся ЛА и их системы, является сложной инженерной задачей, решаемой в процессе технического обслуживания (ТО) и ремонта (Р) авиационной техники. При этом, как правило, производится большое число разнообразных проверок объекта, занимающих большую часть общего времени устранения неисправностей. В связи с этим существенно увеличиваются простои ЛА на ТО и Р, растет величина эксплуатационных расходов.

Сложность выявления дефектов систем ЛА объясняется в первую очередь тем, что в практической работе эксплуатационных и ремонтных предприятий ГА еще слабо используются научные

методы технической диагностики. Затраты времени и средств, идущих на поиск дефектов, могут быть значительно снижены при назначении оптимальных последовательностей проверок, применении безразборных методик ТД, выборе технически обоснованных методов и средств контроля.

Формальным описанием процесса поиска дефектов служит алгоритм диагностирования, который предопределяет оптимальную последовательность элементарных проверок и правила расшифровки полученных результатов. В силу этого важнейшим фактором, определяющим эффективность процесса поиска дефектов, является качество используемого алгоритма.

Число элементарных проверок, предусмотренных рабочим алгоритмом в силу различных обстоятельств (отсутствие достоверной информации о дефектах объекта, ограниченный резерв времени на проведение ТД, отсутствие средств контроля и т. д.), не может быть равно числу всех физически возможных неисправных состояний объекта.

Поэтому результат ТД всегда содержит элемент случайности. Кроме того, проверки различаются по объективности результатов, трудоемкости проведения, требованиям к квалификации оператора и т. д.

Таким образом, для решения одной и той же задачи ТД могут быть использованы различные алгоритмы, которые отличаются либо составом проверок, либо последовательностью их проведения, либо тем и другим вместе. Возникает задача построения оптимальных (рабочих) алгоритмов поиска для конкретных условий (ситуаций). Овладеть методикой построения таких алгоритмов должен каждый инженер-механик, связанный с эксплуатацией и ремонтом авиационной техники.

Принцип построения алгоритмов поиска дефектов. В зависимости от поставленной задачи, условий и средств ТД производится проверка объекта в целом, его отдельных частей (агрегатов) или элементов (деталей).

Результатом ТД при поиске дефектов является технический диагноз, содержащий заключение о виде, характере и причине появления неисправностей. Каждую элементарную проверку объекта при этом следует рассматривать как способ деления множества неисправных состояний объекта на ряд подмножеств, в состав которых входит выявляемая неисправность (дефект). Делением на подмножества удается существенно упростить процесс поиска,

сократить количество элементарных проверок. Так, например, для выявления неисправности в системе, состоящей из 32 однотипных элементов, соединенных последовательно, при выборочной проверке (метод последовательных исключений) необходимо произвести 16 проверок, а при использовании метода половинного разбиения - не более 5.

Сложность построения алгоритмов поиска дефектов в многофункциональных объектах состоит в том, что их невозможно разделить на части, имеющие независимые параметры, да и аналитические зависимости между параметрами не всегда достаточно изучены. В силу этого при построении алгоритмов ТД приходится прибегать к глубокому инженерному анализу действующих в объекте причинно-следственных связей, т. е. к установлению взаимосвязей между различными неисправными состояниями и дефектами. Решение задачи существенно упрощается при построении графа причинно-следственных связей, являющегося графической моделью объекта ТД (рис. 1).

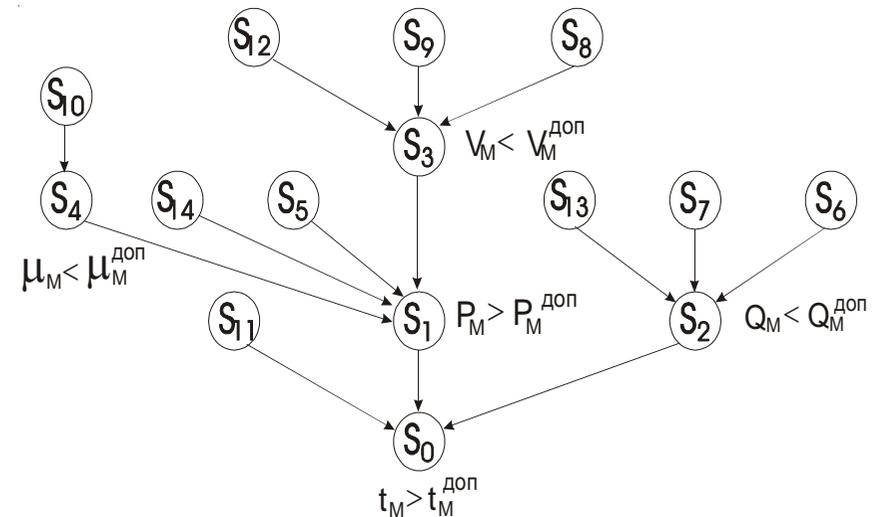


Рис. 1. - Граф причинно - следственных связей масляной системы силовой установки самолета Ан-2

При построении графа обычно учитываются только те неисправности (дефекты), которые доступны для проверки и имеют

реальную вероятность возникновения, т. е. представляют определенный практический интерес.

Так, например, в случае масляной системы двигателя не представляет практического интереса введение в граф неисправностей (дефектов), приводящих к появлению стальной стружки на фильтрах, магнитных пробках и сигнализаторах стружки, так как для их выявления необходима полная разборка двигателя в условиях эксплуатации ЛА.

На основе графа причинно-следственных связей и вероятностей появления неисправностей производится построение рабочего алгоритма ТД. Алгоритм поиска дефектов также удобно представлять в виде ориентированного графа (рис. 2). Вершина графа S_0 (см. рис. 1), в которую не входит ни одна дуга (ветвь), называется начальной (корнем дерева). Ей соответствует полное множество неисправных состояний объекта, которое различается элементарной проверкой Z_0 . Подмножества S_1 и S_3 называются внутренними вершинами и подлежат дальнейшему разбиению элементарными проверками Z_1 и Z_3 . Подмножество S_{11} , различаемое проверкой Z_{11} , дальнейшему разбиению не подлежит и называется висячей вершиной. Прекращение действия алгоритма обычно наступает при достижении какой-либо висячей вершины, т. е. при обнаружении конкретной неисправности (дефекта).

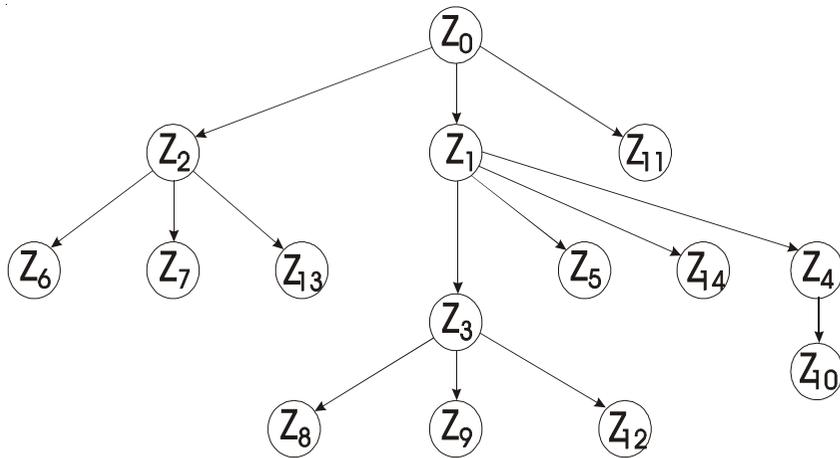


Рис. 2. Алгоритм ТД масляной системы силовой установки самолета Ан-2 при поиске дефектов

Так, например, если техническое состояние объекта принадлежит подмножеству S_{12} , оптимальной последовательностью проверок будет

$$Z_0 \rightarrow Z_1 \rightarrow Z_3 \rightarrow Z_{12} .$$

При реализации алгоритмов ТД используются штатные (встроенные) или универсальные (внешние) средства контроля. Внутренним вершинам графа обычно соответствуют проверки, выполняемые с использованием штатных приборов ЛА, а висячим - проверки внешними средствами контроля (мерительный инструмент, специализированные установки и стенды).

1.2. Методика построения рабочих алгоритмов ТД

В общем случае построение рабочих алгоритмов ведется в следующей последовательности:

- изучение объекта диагностирования;
- формирование матрицы неисправных состояний (дефектов) и признаков неисправных состояний (состава проверок);
- построение графа причинно-следственных связей;
- построение рабочего алгоритма ТД;
- постановка технического диагноза с разработкой мероприятий по устранению и предупреждению дефекта.

Изучение объекта ТД начинают с изучения конструкции, принципа действия, основных технических данных и условий его работоспособности. Затем изучается эксплуатационная технологичность конструкции, т. е. приспособленность к проведению работ по ТД и восстановлению поврежденных элементов. Особое внимание уделяется контролепригодности объекта, т. е. количеству и составу измеряемых параметров, их информативности, точности результатов измерений и т. д.

Формирование матрицы неисправных состояний (дефектов) и признаков этих состояний (состава проверок) производится на основе изучения статистических данных и результатов специальных исследований отказов и неисправностей объекта. При этом отбираются только наиболее существенные, часто повторяющиеся и влияющие на безотказность объекта дефекты, а также признаки (проверки), различающие конкретные неисправные состояния объекта.

При отборе данных необходимо учитывать условия проведения диагностических работ, а также технические возможности имеющихся в наличии средств контроля. Как уже указывалось ранее, не следует выделять неисправные состояния (дефекты), требующие для проверки значительных объемов демонтажных работ (разборки объекта).

Построение графа причинно-следственных связей производится с использованием аппарата функциональной логики. При этом учитывается характер взаимосвязей между структурными и функциональными параметрами объекта, выделяются неисправные состояния (дефекты), не требующие дальнейшего разбиения.

Построение рабочего алгоритма ТД производится на основе графа причинно - следственных связей и матрицы неисправных состояний (состава проверок). В начальную вершину графа, представляющего алгоритм поиска дефектов, вводится проверка, различающая общую работоспособность объекта по наиболее обобщенному параметру. Затем с учетом структуры графа причинно - следственных связей вводятся внутренние вершины, т. е. проверки, различающие неисправные состояния, а также висячие вершины, соответствующие проверкам, различающим конкретные неисправности (дефекты).

Время и трудоемкость поиска во многом зависят от правильности выбора состава и очередности проверок. Оптимальный (рабочий) алгоритм ТД должен обеспечивать наиболее вероятное выявление дефекта при минимальном числе проверок и времени поиска в условиях создавшейся ситуации. Так, например, выявление дефекта при неисправности S_5 (см. рис. 2) можно вести при очередности проверок $Z_0 \rightarrow Z_1 \rightarrow Z_4 \rightarrow Z_{10} \rightarrow Z_{14} \rightarrow Z_5$ или $Z_0 \rightarrow Z_1 \rightarrow Z_5$, что, очевидно, значительно эффективнее. Однако прийти к однозначному выбору данной очередности можно, лишь прибегнув к использованию специальных вероятностных методов.

На практике нашли применение следующие методы выбора очередности проверок:

По убывающей вероятности (частоте) появления дефектов (проверка слабых точек). При этом очередность проверок устанавливается с учетом вероятностей появления неисправных состояний P_i :

$$P_1 > P_2 > P_3 > \dots > P_i (Z_1 \rightarrow Z_2 \rightarrow Z_3 \dots \rightarrow Z_n).$$

По возрастающей трудоемкости (времени) проверок (от

простого к сложному). Очередность проверок в этом случае устанавливается с учетом трудоемкости (времени) выполнения проверок:

$$t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_n (Z_1 \rightarrow Z_2 \rightarrow Z_3 \dots \rightarrow Z_n).$$

По возрастающему значению показателя П (трудоемкость - вероятность), рассчитанному по формуле $P_i = t_i / P_i$.

Очередность проверок при этом устанавливается из условия

$$P_1 < P_2 < P_3 < \dots < P_n (Z_1 \rightarrow Z_2 \rightarrow Z_3 \dots \rightarrow Z_n).$$

При наличии практически неограниченного резерва времени на проведение работ по ТД (периодическое ТО) может быть реализован весь алгоритм поиска дефектов. Очередность проверок в этой ситуации устанавливается обычно по методу "трудоемкость - вероятность".

В условиях ограниченного резерва времени (оперативное ТО) практически удается реализовать только часть общего алгоритма поиска, содержащую проверку по наиболее вероятным и доступным для ТД дефектам. В этой ситуации общее время поиска не должно превышать установленного резерва времени $t_{зад}$:

$$\left\{ \sum_{i=1}^n t_i \right\}_{\max} \leq t_{зад}.$$

Если причина неисправности (дефект) при этом обнаружена не будет, устанавливается новый (дополнительный) резерв времени (объявляется задержка рейса по техническим причинам). При этом устанавливается очередность дополнительных проверок с учетом имеющегося резерва времени.

Постановка технического диагноза (заключения) производится на основе изучения формулярных данных объекта, обстоятельств проявления дефекта, а также результатов ТД. В заключении о техническом состоянии приводятся сведения об объекте и условиях его эксплуатации, результаты ТД с указанием характера, места и предполагаемых причин возникновения дефекта, указываются мероприятия по устранению и предупреждению дефекта.

С методикой построения рабочего алгоритма поиска дефектов познакомимся на примере поиска неисправностей масляной системы силовой установки самолета Ан-2 (рис. 3).

Масло из маслобака 1 под действием гидростатического давления и разряжения на входе в главный масляный насос

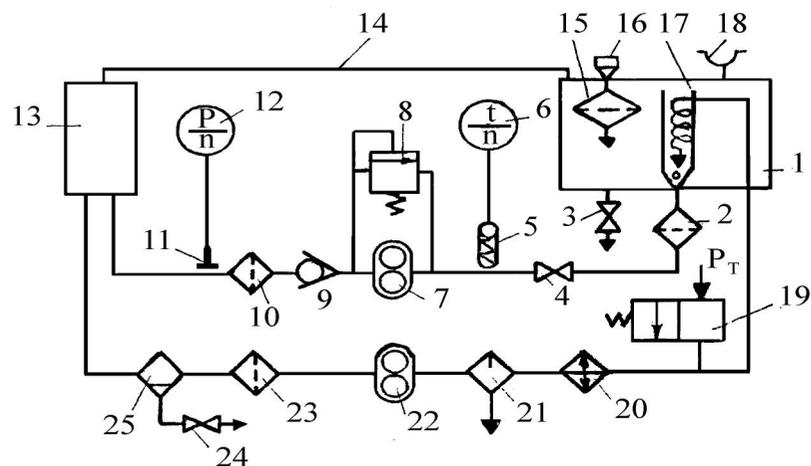


Рис. 3. Принципиальная схема масляной системы силовой установки самолета Ан-2 (упрощена): 1-маслобак; 2-фильтр; 3, 4, 24-краны; 5-датчик термометра; 6-указатель термометра ЭМИ-3К; 7-нагнетающая ступень насоса МШ-8Е; 8-редукционный клапан; 9-запорный клапан; 10-фильтр МФМ-25; 11-датчик манометра давления масла; 12-указатель манометра ЭМИ-3К; 13-двигатель АШ-62ИР; 14-трубопровод суфлирования двигателя; 15-фильтр; 16-заливная горловина; 17-циркуляционный колодец; 18-дренажный трубопровод; 19-кран разжижения масла ЭКР-3; 20-маслорадиатор; 21-центрифуга ТПМ-25; 22-откачивающая ступень насоса МШ-8Е; 23-фильтр-сигнализатор стружки; 24-сливной кран; 25-маслоотстойник

МШ-8Е, пройдя через сетчатый фильтр 2 и перекрывной кран 4, поступает на вход нагнетающей ступени 7.

В нагнетающей ступени давление масла повышается до $4-6 \cdot 10^5$ Па ($4-6$ кгс/см²), на рабочих режимах двигателя оно поддерживается постоянным редукционным клапаном 8. Затем масло, пройдя через запорный клапан 9 и фильтр тонкой очистки 10, поступает в двигатель 13 для охлаждения и смазки трущихся узлов и деталей. Давление масла измеряется дистанционным манометром, состоящим из датчика 11 и указателя 12, а температура на входе в двигатель - дистанционным термометром сопротивления, состоящим из датчика 5 и указателя 6.

Проходя через двигатель, масло нагревается на $30-40^\circ\text{C}$, а затем стекает в отстойник 25.

Из отстойника, пройдя через фильтр-сигнализатор стружки 23, масло откачивается откачивающей ступенью насоса 22 и

подается в центрифугу 21. В центрифуге масло отделяется от механических примесей (шлаков, частиц нагара и т. д.) и поступает в радиатор 20. В радиаторе масло охлаждается, проходя по каналам между сотами, обдуваемыми встречным потоком воздуха. На выходе из радиатора температура масла (на входе в двигатель) поддерживается на заданном уровне путем управления воздушными заслонками, регулирующими количество проходящего через радиатор охлаждающего воздуха.

Из радиатора масло поступает в циркуляционный колодец бака 17. Вход масла в колодец происходит по касательной к его внутренней поверхности, в результате чего струя масла закручивается. Под действием центробежных сил происходит отделение пузырьков газа, которые поднимаются в воздушную полость бака.

Из циркуляционного колодца масло самотеком поступает к выходному штуцеру, смешиваясь при этом со свежим маслом из бака.

Заправка бака маслом производится через горловину 16 и фильтр 15. Количество масла в баке измеряется линейкой, установленной на пробке заливной горловины. Воздушная полость бака сообщена суфлирующим трубопроводом 14 с внутренней полостью двигателя 13, а дренажным трубопроводом 18 - с атмосферой.

Работоспособность масляной системы оценивается путем измерения давления и температуры масла на входе в двигатель, а также по положению створок маслорадиатора. Измеряемые в полете параметры обладают высокой диагностической ценностью, так как по их величине можно получить объективную информацию об общем техническом состоянии системы.

Однако многозначность факторов, влияющих на обобщенные параметры, не позволяет использовать последние для выявления конкретных неисправностей (поиска дефектов). Рост температуры масла свыше 80° при полностью открытых створках радиатора, а также падение давления масла ниже $3 \cdot 10^5$ Па свидетельствуют о наличии в системе серьезных неисправностей, которые подлежат обязательному выявлению, в противном случае может произойти внезапный отказ (разрушение) двигателя в полете.

Формирование матрицы неисправных состояний (дефектов) масляной системы и признаков этих состояний (состава проверок) производилось на основе данных технической эксплуатации

самолетов Ан-2 в АТБ а/п Смышляевка (ПуГА), а также результатов специальных исследований дефектов, выполненных ГосНИИ ГА в период с 1961 по 1984 годы. Матрица выделенных неисправных состояний системы и характерных признаков этих состояний приведена в прил. 1.

Там же представлены среднестатистические данные о вероятностях возникновения конкретных неисправностей и трудоемкостях (времени) выполнения проверок.

Построение графа причинно-следственных связей для масляной системы производится на основе изучения характера взаимосвязей между структурными и функциональными параметрами. Так, например, повышение температуры масла на входе в двигатель сверх допустимых значений при полностью открытых створках маслорадиатора может быть связано со снижением теплоотдачи радиатора (засорение сот, отложение кокса, смол, отказ механизма управления и сигнализации положения створок), а также с понижением давления масла и дефектами деталей двигателя (разрушение деталей цилиндрово - поршневой группы, механизма газораспределения, зажигания и т.д.). Понижение давления масла сверх допустимого уровня, в свою очередь, возникает при падении вязкости масла, нарушении работы редукционного клапана и т. д. По аналогичной методике анализируются и вводятся в граф другие ветви причинно - следственных связей.

Общий вид графа причинно - следственных связей для масло-системы представлен на рис. 1.

Построение рабочего алгоритма ТД маслосистемы при поиске дефектов производится на основе графа причинно-следственных связей и с учетом реальных условий выполнения проверок. В начальную вершину Z_0 графа, представляющего алгоритм поиска дефектов, вводится проверка температуры масла на входе в двигатель, различающая общую работоспособность системы. Затем с учетом структуры графа причинно-следственных связей вводятся вершины Z_1 (проверка давления масла), Z_3 (проверка теплоотдачи), а также висячие вершины, соответствующие элементарным проверкам. На рис. 2 представлен общий алгоритм поиска дефектов маслосистемы, на базе которого могут быть выбраны частные (рабочие) алгоритмы с учетом конкретных условий проведения проверок. Так, например, при наличии заданного резерва времени (оперативное ТО) в случае обнаружения падения давления масла

при сохранении заданной температуры масла на входе в двигатель очередность проверок целесообразно установить следующей:

$$Z_0 \rightarrow Z_1 \rightarrow Z_{14} (\sum t_i \approx 40 \text{ мин}).$$

Если причина падения давления масла (разрушение пружины редукционного клапана) при этом не будет обнаружена, объявляется задержка рейса и устанавливается очередность дополнительных проверок:

$$Z_4 \rightarrow Z_{10} \rightarrow Z_5 (\sum t_i \approx 3 \text{ часа}).$$

Заключение о техническом состоянии масляной системы может быть представлено в следующем виде. Силовая установка самолета Ан-2 (бортовой №, двигатель №) имеет общую наработку с начала эксплуатации 1936 ч, после последнего капитального ремонта двигателя - 436 ч. В полете при работе двигателя на номинальном режиме обнаружено падение давления масла до 3 кгс/см². Температура масла поддерживалась на номинальном уровне путем открытия створок маслорадиатора.

На основе ТД установлено, что причиной снижения давления масла являлось зависание редукционного клапана в открытом положении из-за разрушения пружины. Двигатель подлежит дальнейшей эксплуатации после устранения дефекта (замены насоса МШ-8Е).

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Последовательность выполнения работы

При выполнении лабораторной работы необходимо придерживаться следующей последовательности:

1. Изучить настоящие указания, объект ТД (силовую установку самолета Ан-2), инструкцию по запуску и опробованию двигателя.
2. Произвести запуск и опробование двигателя с записью параметров систем, входящих в состав силовой установки.
3. Провести анализ полученных данных с целью определения работоспособности силовой установки (соответствие параметров систем нормативным значениям).
4. Произвести построение графа причинно-следственных связей и рабочего алгоритма поиска дефектов для системы, находящейся в исправном состоянии, используя приложения 1-4.

5. Произвести поиск дефекта в соответствии с рабочим алгоритмом и инструкциями по проведению элементарных проверок.

6. Дать заключение о техническом состоянии объекта.

7. Устранить выявленную неисправность с последующей проверкой работоспособности объекта.

8. Оформить отчет о проделанной работе.

Содержание отчета

В отчет необходимо включить:

1. Описание принципа построения алгоритмов ТД при поиске дефектов.

2. Результаты запуска и опробования двигателя.

3. Краткие технические сведения о неисправной системе.

4. Граф причинно - следственных связей и алгоритм поиска дефектов для неисправной системы.

5. Описание методик выполнения элементарных проверок.

6. Заключение о техническом состоянии объекта.

7. Результат устранения дефекта.

Контрольные вопросы

1. Какие задачи решаются при построении алгоритмов ТД?

2. В чем состоят особенности построения алгоритмов поиска дефектов для multifunctional объектов?

3. Чем отличается рабочий алгоритм поиска дефектов от общего?

4. Какие методы выбора очередности проверок используются при построении рабочих алгоритмов?

Матрица неисправных состояний масляной системы

Номер состояния	Наименование состояния	Вероятность возникновения	Номер проверки	Наименование проверок	Трудоемкость (время) проверки, ч
0	Повышение температуры масла	1,00*	0	Проверка температуры масла	0,2
1	Падение давления масла	0,49	1	Проверка давления масла	0,2
2	Снижение теплоотдачи радиатора	0,36	2	Проверка теплоотдачи радиатора	0,8
3	Снижение уровня масла в баке	0,24	3	Проверка уровня масла в баке	0,1
4	Снижение вязкости масла	0,06	4	Измерение вязкости масла	0,3
5	Повреждение редукц. клапана маслонасоса	0,1	5	Проверка редукционного клапана	2,0
6	Засорение сот масло-радиатора (внешнее)	0,04	6	Осмотр радиатора	0,1
7	Повреждение механизма управления створками радиатора	0,25	7	Проверка механизма управления	0,12
8	Нарушение герметичности трубопроводов и агрегатов	0,11	8	Осмотр масляной системы	0,3
9	Нарушение внутренней герметичности системы двигателя	0,12	9	Проверка расхода масла	1,0
10	Нарушение герметичности клапана разжижения	0,06	10	Проверка клапана под давлением	0,5

Но- мер состо- яния	Наименование состояния	Вероят- ность возник- новения	Но- мер про- верки	Наименование проверок	Трудо- емкость (время) провер- ки, час
11	Повреждение систе- мы измерения темпе- ратуры масла	0,15	11	Проверка изме- рителя темпе- ратуры	1,5
12	Недозаправка бака маслом при ТО	0,01	12	Проверка карты наряда на ТО	0,2
13	Засорение сот масло- радиатора (внутрен- нее)	0,07	13	Проверка засо- ренности радиа- тора	2,0
14	Повреждение систе- мы измерения давле- ния масла	0,09	14	Проверка рабо- ты системы из- мерения давле- ния	0,5

* Здесь и далее приведены условные данные.

Матрица неисправных состояний системы зажигания

Но- мер состо- яния	Наименование состояния	Вероят- ность возник- новения	Но- мер про- верки	Наименование проверок	Трудо- емкость (время) провер- ки, ч
0	Нарушение работы системы зажигания	1	0	Проверка рабо- ты системы за- жигания	0,2
1	«Тряска» двигателя и падение частоты вращения более 75 об/мин при отклю- чении одного магне- то	0,65	1	Проверка рабо- ты системы за- жигания на од- ном магнето	0,2
2	Неисправность од- ной или нескольких свечей	0,5	2	Проверка ис- правности све- чей	0,5
3	Разрушение изоля- тора свечи	0,2	3	Осмотр изоля- тора	0,25
4	Разрушение электро- дов свечи	0,2	4	Осмотр элек- тродов	0,25
5	Зазор между элек- тродами не соответ- ствует техническим условиям	0,1	5	Измерение за- зора	0,3
6	Неисправность вы- соковольтных про- водников	0,1	6	Проверка ис- правности про- водников	0,2
7	Неисправность вы- соковольтных кон- тактных устройств	0,05	7	Проверка ис- правности кон- тактных уст- ройств	0,25
8	Неустойчивая работа двигателя при вклю- ченных двух магнето	0,11	8	Проверка рабо- ты двух магнето	0,2

Продолжение прил. 2

Но- мер состо- яния	Наименование состояния	Вероят- ность возникн ования	Но- мер провер ки	Наименование проверок	Трудоем- кость (время) проверки, час
9	Замасливание передних и задних свечей в нескольких цилиндрах	0,07	9	Проверка исправности цилиндра	0,5
10	Неисправность переключателя магнето ПМ-1	0,03	10	Проверка исправности переключателя магнето ПМ-1	0,4
11	Неисправность одновременно двух свечей в одном или нескольких цилиндрах	0,01	11	Проверка исправности свечей	0,5
12	Неустойчивая работа (тряска) и выключение двигателя при отключении одного магнето	0,24	12	Проверка работы системы зажигания на одном магнето	0,12
13	Неисправность магнето	0,20	13	Проверка исправности магнето	3,0
14	Неисправность прерывателя магнето	0,06	14	Проверка исправности прерывателя	1,0 (0,2)
15	Неисправность конденсатора	0,01	15	Проверка исправности конденсатора	1,0 (0,25)
16	Неисправность распределителя	0,03	16	Проверка исправности распределителя	1,0 (0,3)

Окончание прил. 2

Но- мер состо- яния	Наименование состояния	Вероят- ность возник- новения	Но- мер про- верки	Наименование проверок	Трудо- емкость (время) провер- ки, ч
17	Неисправность высоковольтного вывода	0,05	17	Проверка исправности высоковольтного вывода	1,0 (0,1)
18	Неисправность высоковольтного трансформатора	0,01	18	Проверка исправности трансформатора	1,0 (0,25)
19	Неисправность бегунка	0,04	19	Проверка исправности бегунка	1,0 (0,1)
20	Неисправность нескольких свечей	0,04	20	Проверка исправности свечей	0,8

Матрица неисправных состояний топливной системы

Но- мер состо- яния	Наименование состояния	Вероят- ность возник- новения	Но- мер про- верки	Наименование проверок	Трудо- емкость (время) провер- ки, ч
0	Нарушение работы двигателя из-за неисправностей топливной системы	1	0	Проверка работы двигателя	0,2
1	Тряска и обратные вспышки в карбюраторе на средних и больших частотах вращения	0,45	1	Проверка работы топливной системы	0,2
2	Нарушение работы карбюратора	0,25	2	Проверка работы карбюратора	0,25
3	Засорение фильтра карбюратора	0,04	3	Осмотр фильтра	0,6
4	Нарушение работы высотного корректора	0,11	4	Проверка работы высотного корректора	3,0
5	Неправильная регулировка корректора	0,05	5	Проверка регулировки	3,0 (0,2)
6	Разрушение сильфона	0,01	6	Проверка исправности сильфона	3,0 (0,5)
7	Засорение воздушного фильтра	0,03	7	Осмотр фильтра	1,0
8	Нарушение работы управления корректором	0,02	8	Проверка исправности механизма управления корректором	0,3

Но- мер состо- яния	Наименование состояния	Вероят- ность возник- новения	Но- мер про- верки	Наименование проверок	Трудо- емкость (время) провер- ки, ч
9	Неисправности стоп-крана	0,1	9	Проверка исправности стоп-крана	0,2
10	Нарушение регулировки стоп-крана	0,05	10	Проверка правильности регулировки стоп-крана	0,3
11	Нарушение герметичности стоп-крана	0,05	11	Проверка герметичности стоп-крана	3,0
12	Износ резиновых клапанов	0,03	12	Осмотр клапанов	3,0 (0,1)
13	Износ седел	0,02	13	Осмотр седел	3,0 (0,1)
14	Пониженное давление топлива	0,21	14	Проверка величины давления	0,2
15	Засорение фильтров грубой очистки	0,01	15	Осмотр фильтра	0,25
16	Засорение фильтров тонкой очистки	0,07	16	Осмотр фильтра	0,25
17	Повреждение 3-ходового крана	0,02	17	Проверка исправности крана	0,2
18	Снижение производительности насоса БНК-12	0,1	18	Проверка работы насоса	2,0
19	Разрушение привода насоса	0,05	19	Проверка исправности привода	0,8
20	Износ качающего узла насоса	0,02	20	Проверка исправности узла	2,5 (0,5)

Но- мер состо- яния	Наименование состояния	Вероят- ность возник- новения	Но- мер про- верки	Наименование проверок	Трудо- емкость (время) провер- ки, ч
21	Повреждение редукционного клапана	0,03	21	Проверка исправности клапана	2,5 (0,5)
22	Неустойчивая работа, хлопки, черный дым на выхлопе при работе двигателя на малом газе	0,25	22	Проверка работы двигателя на малом газе	0,2
23	Нарушение регулировки качества смеси на малом газе	0,05	23	Проверка правильности регулировки	0,2
24	Переполнение поплавковой камеры	0,08	24	Проверка уровня наполнения камеры	0,1
25	Внутренняя негерметичность карбюратора	0,07	25	Проверка герметичности	3,5
26	Повреждение заливочного шприца	0,05	26	Проверка исправности шприца	0,2
27	Нарушение герметичности шприца	0,03	27	Проверка герметичности	1,5
28	Ручка шприца не установлена в нейтральное положение	0,02	28	Проверка правильности установки ручки	0,05
29	Остановка двигателя при работе на малом газе (МГ)	0,15	29	Проверка работы двигателя на МГ	0,2
30	Нарушение регулировки винта упора заслонок	0,05	30	Проверка правильности регулировки упора	0,25

Но- мер состо- яния	Наименование сос- тояния	Вероят- ность возник- новения	Но- мер про- верки	Наименование проверок	Трудо- емкость (время) провер- ки, ч
31	Нарушение регулировки частоты вращения малого газа	0,07	31	Проверка правильности регулировки	0,3
32	Нарушение регулировки качества смеси (бедная смесь)	0,03	32	Проверка правильности регулировки	0,2
33	Повышенная частота вращения при работе двигателя на малом газе	0,15	33	Проверка работы двигателя на малом газе	0,2
34	Нарушение регулировки частоты вращения на малом газе	0,07	34	Проверка правильности регулировки	0,3
35	Скручивание осей и коробление дроссельных заслонок из-за обратных вспышек	0,03	35	Осмотр осей и заслонок	1,0
36	Появление люфтов в системе управления	0,05	36	Проверка наличия люфтов	0,25

Матрица неисправных состояний системы управления винтом АВ-2

Но- мер состо- яния	Наименование состояния	Вероят- ность возник- новения	Но- мер про- верки	Наименование проверок	Трудо- емкость (время) провер- ки, ч
0	Нарушение работы системы управления воздушным винтом АВ-2	1	0	Проверка работы системы	0,2
1	Отсутствие реакции винта на перемещение рычага изменения шага	0,6	1	Проверка работы винта	0,2
2	Нарушение работы регулятора частоты вращения Р-9 СМ2	0,4	2	Проверка работы регулятора	0,2
3	Разрушение валика ручного управления	0,12	3	Осмотр валика	1,0 (0,15)
4	Срез зубьев шестерни валика ручного управления	0,06		Осмотр валика	1,0 (0,15)
5	Прекращение подачи масла в регулятор	0,07	5	Проверка работы маслосистемы	0,2
6	Падение давления в маслосистеме	0,05	6	Проверка величины давления	0,2
7	Засорение фильтра регулятора	0,1	7	Осмотр фильтра	0,3
8	Заклинивание механизма ручного управления	0,12	8	Проверка работы механизма управления	0,25
9	Заклинивание валика	0,06	9	Проверка перемещения валика	0,25

Но- мер состо- яния	Наименование состояния	Вероят- ность возник- новения	Но- мер про- верки	Наименование проверок	Трудо- емкость (время) провер- ки, ч
10	Заклинивание рейки	0,06	10	Проверка перемещения рейки	1,5
11	Нарушение работы системы управления регулятора	0,2	11	Проверка работы системы управления	0,15
12	Обрыв тяги	0,04	12	Осмотр тяги	0,15
13	Отсоединение тяги управления	0,04	13	Осмотр тяги	0,15
14	Заклинивание промежуточного ролика	0,08	14	Проверка вращения ролика	0,3
15	Заклинивание сектора управления шагом винта	0,02	15	Проверка перемещения сектора	0,3
16	Двигатель не развивает взлетную частоту вращения	0,25	16	Проверка работы двигателя на взлетном режиме	0,2
17	Нарушение регулировки упора максимальной частоты вращения	0,1	17	Проверка правильности регулировки	0,3
18	Разрушение конической пружины	0,07	18	Осмотр пружины	1,5
19	Негерметичность цилиндрово – поршневой группы АВ-2	0,02	19	Проверка герметичности	2,0
20	Заедание золотника в нижнем положении	0,06	20	Проверка легкости перемещения золотника	4,0

Окончание прил. 4

Но- мер состо- яния	Наименование состояния	Вероят- ность возник- новения	Но- мер про- верки	Наименование проверок	Трудо- емкость (время) провер- ки, час
21	Частота вращения двигателя при большом шаге винта не соответствует ТУ	0,15	21	Проверка работы двигателя при большом шаге винта	0,2
22	Нарушение регулировки упора минимальной частоты вращения	0,1	22	Проверка правильности регулировки	0,3
23	Заедание золотника регулятора в 1 верхнем положении	0,05	23	Проверка легкости перемещения золотника	2,0

СОДЕРЖАНИЕ:

Цель задачи работы	3
1. Теоретическая часть	3
1.1. Назначение и принцип построения алгоритмов ТД	3
1.2. Методика построения рабочих алгоритмов ТД	7
2. Практическая часть	13
2.1. Последовательность выполнения работы	13
Содержание отчета	14
Контрольные вопросы	14
Приложения	15

Учебное издание

**ПОИСК И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ
В СИСТЕМАХ ЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАБОЧИХ
АЛГОРИТМОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

Составители: ***Игорь Мстиславович Макаровский***
Герман Арсеньевич Новиков

Редактор Л. Я. Чегодаева
Корректор Н. С. Купрянова
Компьютерная верстка О. А. Ананьев

Подписано в печать 28.02.2003 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 1,62. Усл.кр.- отт. 1,74. Уч. – изд.л. 1,75.
Тираж 100 экз. Заказ Арт.С-31/2003.

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королева.
443086 г.Самара, Московское шоссе, 34.

РИО Самарского государственного аэрокосмического
университета. 443001 г.Самара, ул.Молодогвардейская, 151.