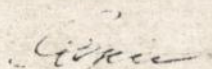


КИЕВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

На правах рукописи



РОЖНИКОВ АНДРЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Специальность: 05.22.14 - Эксплуатация воздушного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание научной степени
кандидата технических наук

Киев 1997



Диссертация

Работа выполнена в Киевском международном университете гражданской авиации на кафедре эксплуатации и ремонта бортового радиоэлектронного оборудования

Научный руководитель : заслуженный деятель науки и техники Украины, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, доктор технических наук, профессор Игнатюк Владимир Алексеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Кононов Стефан Петрович, кандидат технических наук Сарычев Александр Андреевич

Ведущая организация: научно-исследовательский институт «Буря», г.Киев

Защита состоится " ____ " _____ 1997 г. в _____ часов на заседании специализированного Ученого совета Д01.35.04 Киевского международного университета гражданской авиации по адресу: 252058, Киев-58, пр.Космонавта Комарова, 1, КМУГА.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского международного университета гражданской авиации.

Автореферат разослан " ____ " _____ 1997 г.

Ученый секретарь
специализированного Ученого совета,
доктор технических наук

Н.С.Кулик

AB 37.6.75

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последнее время заметно усилился интерес к прогнозированию состояния и надежности технических систем. Это вполне закономерно, так как неизмеримо возросли масштабы производства, сложность технических систем, ответственность выполняемых ими функций и, как следствие, требования к их надежности. Применение эффективных методик прогноза технического состояния (ТС) бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) воздушных судов (ВС) гражданской авиации позволит повысить уровень безопасности выполнения полетов, оптимизировать процессы технического обслуживания (ТО) авиационной техники, снизить затраты на текущий ремонт и восстановление исправности ВС.

Прогнозирование ТС изделия БРЭО выполняется на основе экстраполяции измеренных значений одного или нескольких прогнозирующих параметров (ПП) и последующем анализе аппроксимационных графиков ПП. Традиционными экстраполяционными методами (ЭМ) прогнозирования ТС БРЭО являются метод наименьших квадратов (МНК), метод экспоненциального сглаживания (МЭС). В последнее время большое распространение для целей идентификации процессов в радиоэлектронных системах получил метод сплайн-функций (МСФ). Существенным недостатком перечисленных методов является их низкая эффективность при воздействии интенсивных помех в тракте измерения ПП. Поэтому актуальной является задача создания помехоустойчивых ЭМ прогнозирования ТС БРЭО.

Целью диссертационной работы является разработка метода прогнозирования технического состояния бортового радиоэлектронного оборудования воздушных судов гражданской авиации на основе квантования и марковской аппроксимации, алгоритмов и программ с использованием предложенного метода.

Для достижения заданной цели были решены следующие задачи:

- выполнен аналитический обзор современных методов прогнозирования ТС БРЭО;

- разработан метод экстраполяции вероятностных характеристик ГПП на основе квантования и марковской аппроксимации для трех и четырех точек наблюдения (измерения) ГПП, сформированы алгоритмы расчета вероятностных характеристик ГПП с помощью МКМА для трех и четырех точек наблюдения ГПП;
- проведен экспериментальный сравнительный анализ эффективности традиционных методов прогнозирования ТС БРЭО и МКМА;
- разработан программный пакет имитационного моделирования с использованием алгоритмов МКМА;
- разработаны рекомендации по программно-аппаратной реализации алгоритмов МКМА

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовались методы теории вероятностей, теории случайных процессов, теории цепей Маркова, статистического и математического моделирования, экстраполяционные методы, метод экспертных оценок, а также дифференциальные уравнения Колмогорова-Чепмена.

Научная новизна работы состоит в том, что:

- 1) разработан новый метод расчета вероятностных характеристик ГПП устройств БРЭО на основе квантования и марковской аппроксимации;
- 2) предложены алгоритмы расчета экстраполяционных значений вероятностных характеристик ГПП на основе МКМА для трех и четырех точек наблюдения ГПП;
- 3) проведен экспериментальный сравнительный анализ эффективности экстраполяционных методов.

На защиту выносятся:

- метод экстраполяции вероятностных характеристик ГПП на основе квантования и марковской аппроксимации;
- алгоритмы расчета экстраполяционных значений ГПП для трех и четырех точек наблюдения;
- результаты сравнительного анализа методов экстраполяции;

- рекомендации по выбору программно-аппаратных средств реализации алгоритмов МКМА в целях прогнозирования ТС устройств БРЭО.

Практическая ценность.

1. Разработаны рекомендации по применению МКМА для целей прогнозирования ТС БРЭО.

2. Разработаны методические рекомендации по применению МКМА в курсовом и дипломном проектировании для студентов факультета авиационного радиоэлектронного оборудования Киевского международного университета гражданской авиации.

3. Разработаны рекомендации по выбору программно-аппаратного обеспечения алгоритмов МКМА.

Апробация работы. Результаты работы обсуждались на:

- II Международной конференции "Безопасность полетов в современных условиях" (г. Киев, КМУГА, 1997г.);

- III Международной конференции по электросвязи, телевизионному и звуковому вещанию (г. Одесса, 1997г.);

- расширенном семинаре кафедры эксплуатации и ремонта бортового радиоэлектронного оборудования (г. Киев, КМУГА, 1997г.);

Публикации. Основные материалы по теме диссертации опубликованы в 11 научных работах.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка сокращений, списка литературы, перечня обозначений и трех приложений. Общий объем диссертации составляет 133 страницы, в том числе 114 страниц текста, 41 рисунок, 2 таблицы, 65 названий использованных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, определены цель диссертационной работы и основные задачи исследования, перечислены элементы теоретического аппарата МКМА, показаны практическая ценность и

научная новизна метода, изложены основные моменты диссертационной работы, вынесенные на защиту, указаны место внедрения и апробации работы, приведена структура диссертации и ее объем.

В первом разделе рассмотрены предпосылки создания систем прогнозирующего контроля ТС БРЭО, определено понятие метода прогнозирования технического состояния (МПТС) БРЭО, проведен аналитический обзор существующих методов прогнозирования ТС БРЭО, сформирована математическая модель изменения ГПП изделий БРЭО.

Основными предпосылками создания систем прогнозирующего контроля являются следующие.

1) Стоимость устранения выявленного потенциального отказа, как правило, значительно ниже стоимости устранения последствий этого отказа.

2) Значительная часть отказов, - до 60-70%, - является предсказуемой.

3) Применение прогнозирования ТС позволяет повысить регулярность полетов.

4) Прогнозирование ТС БРЭО позволяет существенно повысить уровень безопасности полетов.

5) Развитие микропроцессорных вычислительных средств открыло новые возможности для накопления и обработки полетной информации.

6) В самолетах 3-го поколения бортовые радиоэлектронные средства объединены в комплексе, имеющий единую систему контроля ТС БРЭО с высокопроизводительными БЦВМ.

Исходя из понятия МПТС БРЭО кратко рассмотрены основные достоинства и недостатки традиционных методов экстраполяции точек наблюдения: метода наименьших квадратов и метода экспоненциального сглаживания.

Определены общие тенденции в построении математической модели прогнозирующего параметра изделия БРЭО.

1. Изменение ГПП является случайным процессом.

2. Случайный процесс $y^*(t)$ изменения ГПП описывается выражением:

$$y^*(t) = y(t) + \xi(t) + \chi(t), \quad (1)$$

где $y(t)$ - случайная функция необратимого изменения параметра во времени (нестационарный случайный процесс), $\xi(t)$ - случайная функция помехи (стационарный случайный процесс (ССП)), $\chi(t)$ - составляющая, вызванная наличием погрешностей измерительного средства (ССП).

3 Случайный процесс $y(t)$ необратимого изменения ПП описывается выражением:

$$y_i(t) = \sum_{j=0}^m a_{ij} g_j(t), \quad i=0, n, \quad \text{где} \quad (2)$$

a_{ij} - случайные величины;

$\{g_j(t)\}_{j=0}^m$ - непрерывные детерминированные функции времени.

4. Величины a_{ij} являются гауссовыми случайными величинами.

5 Оценки случайного процесса изменения ПП $y^*(t)$ являются несмещенными

6 Изменение ПП рассматривается как переход системы из состояние в состояние, то есть случайный процесс изменения ПП является марковским.

7. Наблюдение производится по одной реализации ПП.

Во втором разделе изложен МКМА, - для трех и для четырех точек наблюдения. - для случая, когда отсутствуют помехоподобные сигналы и погрешности измерительных средств. Определены алгоритмы аппроксимационного расчета вероятностных характеристик ПП с помощью МКМА.

Пусть необратимые изменения $y(t)$ выражены посредством нормированной степенной функции

$$Z(\Theta) = a_0 + a_1 \Theta^\gamma, \quad \text{где} \quad (3)$$

a_0, a_1 - гауссовы случайные величины, $a_0 \in [0, 1]$, $a_1 \in [-1, 1]$.

Θ - нормированное время, $\Theta \in [0, 1]$.

γ - гауссова случайная величина, $\gamma \in [-\infty, +\infty]$

Введем нормированный квадрат наблюдения и экстраполяции (рис.1). Здесь z_1, z_2 - пороги квантования, при пересечении которых реализацией $y(t)$ фиксируются моменты времени Θ_{11}, Θ_{21} . В этом случае изменение ПП можно

представить марковский переход системы из состояния в состояние (рис.2).

Вероятности нахождения ПП в интервалах Δz_i для трех точек наблюдения можно определить путем нахождения общего решения дифференциальных уравнений Колмогорова-Чепмена, составляемых согласно графа состояний рис.2:

$$\frac{dP_1(\Theta)}{d\Theta} = -v_{11} P_1(\Theta) ; \quad (4)$$

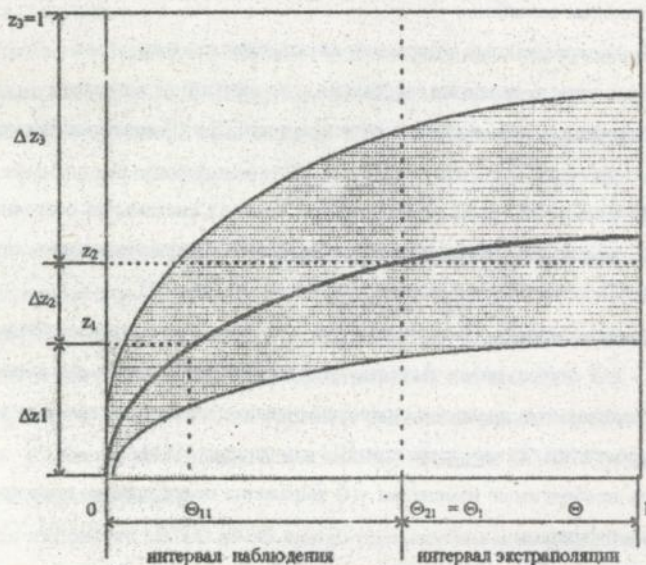


Рис. 1
Квадрат наблюдения и экстраполяции

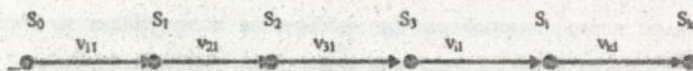


Рис. 2
Граф состояний прогнозируемого параметра

$$\frac{dP_2(\Theta)}{d\Theta} = -v_{21} P_2(\Theta) + v_{11} P_1(\Theta), \quad (5)$$

где v_{11}, v_{21} - интенсивности переходов ГПП из состояния в состояние.

Последовательно решая дифференциальные уравнения (2.14), (2.15), получим:

$$P_1(\Theta) = e^{-v_{11}\Theta} \quad (6)$$

$$P_2(\Theta) = \frac{v_{11}}{v_{11} - v_{21}} \left[(-v_{11}) e^{-v_{21}\Theta} + v_{21} e^{-v_{11}\Theta} \right]. \quad (7)$$

Вероятность $P_3(\Theta)$ равна: $P_3(\Theta) = 1 - P_1(\Theta) - P_2(\Theta)$.

Математическое ожидание ГПП (для трех точек наблюдения) представим следующим образом:

$$M[Z_p(\Theta)] = Z_1^* P_1(\Theta) + Z_2^* P_2(\Theta) + Z_3^* P_3(\Theta) = \sum_{i=1}^3 Z_i P_i(\Theta), \quad (8)$$

где Z_1^*, Z_2^*, Z_3^* - так называемые оптимальные квантованные значения (ОКЗ).

Дисперсия ГПП (для 3 и 4 точек наблюдения) описывается соответственно выражением:

$$D[Z_p(\Theta)] = \left[\frac{dZ_p(\Theta)}{da_0} \right]^2 D(a_0) + \left[\frac{dZ_p(\Theta)}{da_1} \right]^2 D(a_1) + \left[\frac{dZ_p(\Theta)}{d\gamma} \right]^2 D(\gamma). \quad (9)$$

ОКЗ можно определить, по меньшей мере, двумя способами: методом моментов и методом наименьших квадратов.

Для четырех точек наблюдения определяется вероятность $P_3(\Theta)$ путем нахождения общего решения дифференциального уравнения

$$\frac{dP_3(\Theta)}{d\Theta} = -v_{31} P_3(\Theta) + v_{21} P_2(\Theta), \quad (10)$$

а вероятность нахождения в интервале экстраполирования равна:

$$P_4(\Theta) = 1 - P_1(\Theta) - P_2(\Theta) - P_3(\Theta) \quad (11)$$

Математическое ожидание ГП (для четырех точек наблюдения):

$$M[Z_p(\Theta)] = \sum_{i=1}^4 Z_i P_i(\Theta), \quad (12)$$

В третьем разделе проводится сравнительный экспериментальный анализ погрешностей экстраполяции вероятностных характеристик ГП с помощью МКМА, традиционных МНК, МЭС, а также МСФ, при отсутствии и наличии помех, погрешностей измерительных средств и для четырех точек измерения ГП.

Предложена методика проведения сравнительного анализа последовательно для случаев 1) помехи в канале измерения ГП отсутствуют, средство измерения не имеет инструментальных погрешностей; 2) помехи в канале измерения присутствуют, средство измерения не имеет инструментальных погрешностей; 3) помехи в канале измерения присутствуют, средство измерения имеет инструментальные погрешности.

Из принятой математической модели следует, что в первом случае измерительное устройство зафиксирует в момент Θ_{11} не значение z_1 , а величину $z_{01} = u_1$, которая при среднеквадратическом отклонении $\pm\sigma(\Theta)$ ГП равна z_{11} или z_{12} (Рис. 3). Аналогичная ситуация возникает и при последующих измерениях ГП. Таким образом, в идеальных условиях величина ГП не может быть измерена с абсолютной точностью. В связи с этим возникает необходимость решения поставленной задачи на основе экстраполяционных расчетов по девяти вариантам измерения ГП (Рис. 4).

В качестве предельного отклонения ГП от значений функции $Z(\Theta)$ принято среднеквадратическое отклонение $\sigma(\Theta) = \pm\sqrt{D[Z_p(\Theta)]}$. Таким образом, осуществляя имитационное моделирование изменения вероятностных характеристик ГП и перебирая варианты измерений действительных значений ГП, можно провести сравнительный анализ экстраполяционных методов для случая иде-

альных средств измерения и отсутствия помех в канале измерения ПП.

При рассмотрении второго варианта предлагаемой сравнительной методики вводятся понятия:

1) отношение "сигнал- шум" по математическому ожиданию:

$$H_1(\Theta) = \frac{Z(\Theta)}{\xi(\Theta)} ; \quad (13)$$

2) отношение "сигнал- шум" по дисперсии:

$$H_2(\Theta) = \frac{DZ(\Theta)}{D\xi(\Theta)} ; \quad (14)$$

Тогда математического ожидание смеси полезного сигнала и помехи целесообразно представить в виде двух различных функций, - поскольку влияние помехи может и занижать, и завышать результаты измерений ПП:

$$Z_1^*(\Theta) = Z(\Theta)[1 + 1/H_1(\Theta)] \quad (15)$$

$$Z_2^*(\Theta) = Z(\Theta)[1 - 1/H_1(\Theta)] \quad (16)$$

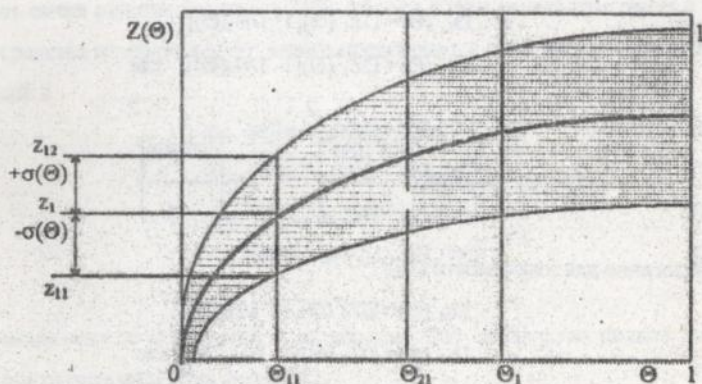


Рис. 3

Идеальные условия измерения значений прогнозируемого параметра

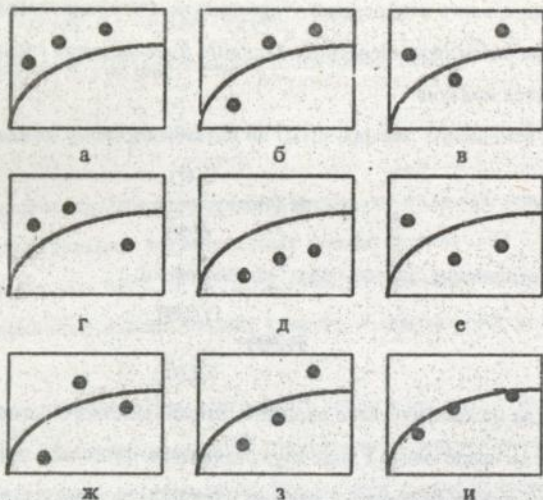


Рис. 4

Варианты измерения значений прогнозируемого параметра

Соответственно по отношению к выражению (15) дисперсию смеси выразим также в виде двух функций :

$$D_{11}^*(\Theta) = DZ_1^*(\Theta) [1 + 1/H_2(\Theta)] \quad (17)$$

$$D_{12}^*(\Theta) = DZ_1^*(\Theta) [1 - 1/H_2(\Theta)], \text{ где} \quad (18)$$

$$DZ_1^*(\Theta) = Da_0 + Da_1 \left[\frac{dZ_1^*(\Theta)}{da_1} \right]^2 + Dy \left[\frac{dZ_1^*(\Theta)}{dy} \right]^2$$

Аналогично для зависимости (16):

$$D_{21}^*(\Theta) = DZ_2^*(\Theta) [1 + 1/H_2(\Theta)] \quad (19)$$

$$D_{22}^*(\Theta) = DZ_2^*(\Theta) [1 - 1/H_2(\Theta)], \text{ где} \quad (20)$$

$$DZ_2^*(\Theta) = Da_0 + Da_1 \left[\frac{dZ_2^*(\Theta)}{da_1} \right]^2 + Dy \left[\frac{dZ_2^*(\Theta)}{dy} \right]^2$$

Измерительное средство можно рассматривать как дополнительный источник помехи в канале измерений ПП. Поэтому вводятся дополнительно следующие функции:

1) отношение "сигнал- шум" по математическому ожиданию:

$$H_3(\Theta) = \frac{Z^*_1(\Theta)}{\chi(\Theta)}; \quad (21)$$

$$H_4(\Theta) = \frac{Z^*_2(\Theta)}{\chi(\Theta)}; \quad (22)$$

2) отношение "сигнал- шум" по дисперсии:

$$H_5(\Theta) = \frac{DZ^*_1(\Theta)}{D\chi(\Theta)}; \quad (23)$$

$$H_6(\Theta) = \frac{DZ^*_2(\Theta)}{D\chi(\Theta)}; \quad (24)$$

Тогда математическое ожидание полной смеси полезного сигнала и помехи (то есть смеси полезного сигнала $Z(\Theta)$, помехи $\xi(\Theta)$ в канале измерения и помехи средства измерения $\chi(\Theta)$) можно представить в виде четырех различных функций:

$$Z_{11}^{**}(\Theta) = Z^*_1(\Theta)[1 + 1/H_3(\Theta)] \quad (25)$$

$$Z_{12}^{**}(\Theta) = Z^*_1(\Theta)[1 - 1/H_3(\Theta)] \quad (26)$$

$$Z_{21}^{**}(\Theta) = Z^*_2(\Theta)[1 + 1/H_4(\Theta)] \quad (27)$$

$$Z_{22}^{**}(\Theta) = Z^*_2(\Theta)[1 - 1/H_4(\Theta)] \quad (28)$$

Соответственно по отношению к выражению (25) дисперсию полной смеси выразим также в виде двух функций:

$$D_{11}^{**}(\Theta) = DZ_{11}^{**}(\Theta)[1 + 1/H_3(\Theta)] \quad (29)$$

$$D_{12}^{**}(\Theta) = DZ_{11}^{**}(\Theta)[1 - 1/H_3(\Theta)], \text{ где} \quad (30)$$

$$DZ_{11}^{**}(\Theta) = D_{a_0} + D_{a_1} \left[\frac{dZ_{11}^{**}(\Theta)}{da_1} \right]^2 + D_{\gamma} \left[\frac{dZ_{11}^{**}(\Theta)}{d\gamma} \right]^2$$

Аналогично определим дисперсию для зависимости (26):

$$D_{121}^{**}(\Theta) = DZ_{12}^{**}(\Theta)[1 + 1/H_5(\Theta)]; \quad (30)$$

$$D_{122}^{**}(\Theta) = DZ_{12}^{**}(\Theta)[1 - 1/H_5(\Theta)], \text{ где} \quad (31)$$

$$DZ_{12}^{**}(\Theta) = D_{a_0} + D_{a_1} \left[\frac{dZ_{12}^{**}(\Theta)}{da_1} \right]^2 + D_{\gamma} \left[\frac{dZ_{12}^{**}(\Theta)}{d\gamma} \right]^2$$

Дисперсия для выражения (27):

$$D_{211}^{**}(\Theta) = DZ_{21}^{**}(\Theta)[1 + 1/H_6(\Theta)]. \quad (32)$$

$$D_{212}^{**}(\Theta) = DZ_{21}^{**}(\Theta)[1 - 1/H_6(\Theta)], \text{ где} \quad (33)$$

$$DZ_{21}^{**}(\Theta) = D_{a_0} + D_{a_1} \left[\frac{dZ_{21}^{**}(\Theta)}{da_1} \right]^2 + D_{\gamma} \left[\frac{dZ_{21}^{**}(\Theta)}{d\gamma} \right]^2$$

Дисперсия для выражения (28):

$$D_{221}^{**}(\Theta) = DZ_{22}^{**}(\Theta)[1 + 1/H_6(\Theta)]; \quad (34)$$

$$D_{222}^{**}(\Theta) = DZ_{22}^{**}(\Theta)[1 - 1/H_6(\Theta)], \text{ где} \quad (35)$$

$$DZ_{22}^{**}(\Theta) = D_{a_0} + D_{a_1} \left[\frac{dZ_{22}^{**}(\Theta)}{da_1} \right]^2 + D_{\gamma} \left[\frac{dZ_{22}^{**}(\Theta)}{d\gamma} \right]^2$$

Таким образом, используя выражения (24)-(35) и осуществляя имитационное моделирование по многочисленным вариантам измерения ПП и воздействия на результаты измерений помех и инструментальных погрешностей, можно получить результаты, необходимые для выполнения сравнительного анализа эффективности экстраполяционных методов.

Точность экстраполяции определялась относительными погрешностями

идентификации вероятностных характеристик ГП в сравнении с эталонными значениями ГП.

Изложены результаты экспериментов по определению оптимальных условий использования МКМА.

К оптимальным условиям применения МКМА можно отнести следующие:

- величина первого измерения должна быть помещена в начало координат нормированного квадрата наблюдения и экстраполяции ($a_0=0$);
- оптимальное время наблюдения Θ_1 составляет величину 0.2 - 0.3;
- наименьшие погрешности экстраполяции наблюдаются, если $\gamma < 1$.

В четвертом разделе рассмотрены вопросы, связанные с программно-аппаратной реализацией алгоритмов МКМА. Разработаны рекомендации по программно-аппаратному обеспечению: 1) для наземных условий ТО БРЭО; 2) в составе бортовой автоматизированной системы технического диагностирования.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ

1. Проведен аналитический обзор современных методов прогнозирования ТС БРЭО.
2. Предложен метод прогнозирования вероятностных характеристик ГП на основе квантования и марковской аппроксимации.
3. Предложены алгоритмы расчета экстраполяционных значений вероятностных характеристик ГП для трех и четырех точек наблюдения за изменением ГП.
4. Произведен экспериментальный сравнительный анализ эффективности традиционных экстраполяционных методов и МКМА.
5. Разработан программный пакет имитационного моделирования.
6. Разработаны рекомендации по программно-аппаратной реализации алгоритмов МКМА в целях прогнозирования ТС БРЭО.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах.

1. Игнатов В.А., Рожников А.В. Прогнозирование технического состояния бортового радиоэлектронного оборудования методом квантования и марковской аппроксимации // Проблемы авионики. Сборник научных трудов/ Под ред. А.Я.Белецкого. - К.: КМУГА, 1996. - с.25-35 .
2. Игнатов В.А., Рожников А.В., Тарасов О.А., Клоков С.Ю. Перспективы развития прогнозирующего контроля бортового радиоэлектронного оборудования воздушных судов гражданской авиации // Проблемы авионики. Сборник научных трудов/ Под ред. А.Я.Белецкого. - К.: КМУГА, 1996. - с.35-43.
3. Игнатов В.А., Клоков С.Ю., Рожников А.В., Тарасов О.А. Экспериментальная методика определения собственных согласованных сигналов для диагностируемых каналов сетей связи с подвижными объектами // Проблемы авионики. Сборник научных трудов/Под ред. А.Я.Белецкого. - К.: КМУГА, 1996. - с.13-25.
4. Рожников А.В., Новицкий М.В. Программно-аппаратная реализация алгоритмов метода квантования и марковской аппроксимации в целях прогнозирования технического состояния бортового радиоэлектронного оборудования / / Прикладные системы искусственного интеллекта в задачах автоматизации и тестирования программ управления в технических системах. Сборник научных трудов/ Под ред. Ю.М.Минаева.-К: КМУГА, 1997. - с.72-74.
5. Рожников А.В. Методика сравнительного анализа эффективности экстраполяционных методов // Безопасность полетов в современных условиях. Тез. докл. на научн.-техн. конф. Киев: КМУГА, 1997г. - с.25.
6. Рожников А.В. Сравнительный анализ эффективности экстраполяционных методов // Международная конференция по электросвязи, телевизионному и звуковому вещанию. Тез. докл. на научн.-техн. конф. Одесса, 1997г. -с.37.

Анотація

Рожніков А.В. Прогнозування технічного стану радіоелектронного обладнання повітряних суден цивільної авіації. Дисертація на здобуття наукового

ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.14 - Експлуатація повітряного транспорту. Київський міжнародний університет цивільної авіації. м.Київ, 1997.

Метою дисертаційної роботи являється розробка методу прогнозування технічного стану радіоелектронного обладнання повітряних суден цивільної авіації на основі квантування та марковської апроксимації, алгоритмів та програм на основі запропонованого методу. Робота включає результати теоретичних та експериментальних досліджень по визначенню властивостей та особливостей методу, його ефективності в порівнянні з традиційними методами прогнозування. Представлені: алгоритми методу, програмно-апаратна реалізація запропонованих алгоритмів апроксимації.

Annotation

Rozhnikov A.V. The technical state forecasting of civil aircraft radioequipment. The dissertation to submit ont's thesis for candidate's scientific degree in technical sciences on speciality 05.22.14 - Operation of a air transport. Kiev international university of a civil aircraft, Kiev, 1997.

The purpose of this work is development of a method of the technical state forecasting of civil aircraft radioequipment on the basis of quantization and Markov approximation, algorithms and programs on the basis of a offered metod. The work contains results of theoretical and experimental researches on definition of properties and features of a method, its efficiency in comparison with conventional methods of forecasting.

There is submitted in work: algorithms of a method, hardware end software realization of offered algorithms approximation.

Ключевые слова: прогнозирующий параметр, экстраполяционный метод, метод квантования и марковской аппроксимации.

Підписано до друку 24.04.97. Формат 60x84/16. Папір друкарський.
Офсетний друк. Ум. фарбовідб. 5. Ум. друк. арк. 0,89. Обл.-вид. арк.
3,0. Тираж 100 прим. Замовлення №105-1.Ціна . Вид. № 50/IV.

V95451

AB 37.615