7. Fox I. J., Claypole T. C. , Gethin D. T. An experimental investigation into ink transfer using a roller squeegee in high-speed screen printing. Proc Instn Mech. Engrs // J. Process Mechanical Engineering. Part E, April 2003. Vol. 217 P. 307–320.

8. Литунов С. Н. Методы расчета печатных аппаратов трафаретных машин: моногр. Омск: ОмГТУ, 2007. С. 132–137.

9. Пат. 70198 Российская Федерация, МПК B 41 F 15/42. Красочный аппарат для трафаретной печати / Литунов С. Н. № 2006107089/22; заявл. 06.03.06; опубл. 20.01.08, Бюл. № 2.

10. Литунов С. Н., Батищева М. В., Скитченко В. В., Сердюк О. Е. Особенности заполнения пастой отверстий в заготовках LTC-микросхем // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. 2015. № 2. С. 126–129.

УДК 534.647:621.432 (001.8)

ОЦЕНКА МОДУЛЯ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ВИБРОАКУСТИЧЕСГО СИГНАЛА ПРИ ЗАДАННОМ ПАРАМЕТРЕ ДЛЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ОБЪЕКТА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

В. Н. Костюков[1], А. П. Науменко[2], И. С. Кудрявцева[2]

[1]ООО «НПЦ «Динамика», г. Омск, Россия

[2] Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

DOI: 10.25206/2310-9793-2017-5-4-239-245

***Аннотация* – Совершенствование совокупностей и систем определяющих критериев неисправностей машин и механизмов по параметрам виброакустических сигналов является актуальной проблемой технической диагностики. Целью работы является оценка методами теории принятия статистических решений и рисков нормативных величин модуля характеристической функции мгновенных значений виброакустического сигнала при фиксированном параметре характеристической функции, соответствующих различным состояниям объекта диагностирования, которые используются в качестве диагностических признаков в системах вибродиагностического мониторинга. С использованием таких статистических методов принятия решений, как метод минимального риска, минимального числа ошибочных решений, наибольшего правдоподобия, минимакса, Неймана–Пирсона, проведены расчеты по определению предельных величин модуля характеристической функции при заданном параметре, разделяющих технические состояния объекта диагностирования.**

***Ключевые слова:* характеристическая функция, диагностика, техническое состояние, диагностический признак, виброакустический сигнал.**

I. Введение

Разработка системы определяющих критериев неисправностей на основе совокупностей параметров диагностических сигналов, позволяющей однозначно, надежно и достоверно определить техническое состояние объекта и причины его изменения [1, 2, 3], являлась и является актуальной задачей технической диагностики. Неотъемлемой частью диагностики является разделение возможных технических состояний (диагнозов). В частном случае необходимо провести выбор одного из двух диагнозов (дифференциальная диагностика или дихотомия), например, «исправное состояние» (состояние «Допустимо» (Д) или «Требует принятия мер» – ТПМ) и «неисправное состояние» (состояние «Недопустимо» – НДП) [4, 5, 6]. Решение данной задачи сегодня всё чаще основывается на использовании теории принятия статистических решений.

Целью работы является оценка методами теории принятия статистических решений и рисков нормативных величин параметров ХФ [7, 8, 9, 10, 11, 12], используемых в качестве диагностических признаков в системах вибродиагностического мониторинга [13, 14].

II. Постановка задачи

Один из подходов к диагностированию заключается в использовании так называемых статистических решений [4, 15, 16, 18]. При этом решающее правило выбирается исходя из некоторых условий оптимальности.

Задача состоит в выборе значения $\boldsymbol{x_0}$ параметра $\boldsymbol{x}$, который является диагностическим признаком неисправности и характеризует ХФ, в частности, является модулем ХФ при заданном параметре ХФ таким образом, что

при $x<x_0$ следует принимать решение о прекращении эксплуатации объекта диагностирования, а при $x>x_0$ допускать дальнейшую эксплуатацию. Разделение производится на два класса: D_1 – исправное состояние, D_2 – наличие дефекта. Тогда указанное решающее правило означает:

$$\begin{aligned} &x \in D_1 \text{ при } x > x_0, \\ &x \in D_2 \text{ при } x < x_0. \end{aligned} \tag{1}$$

Плотность распределения вероятностей параметра x для различных состояний объекта показана на рис. 1.

Области исправного (D_1) и дефектного (D_2) состояний пересекаются и поэтому принципиально невозможно выбрать значение x_0, при котором не было бы ошибочных решений. Задача состоит в том, чтобы выбор x_0 был в некотором смысле оптимальным, например, давал бы наименьшее число ошибочных решений.

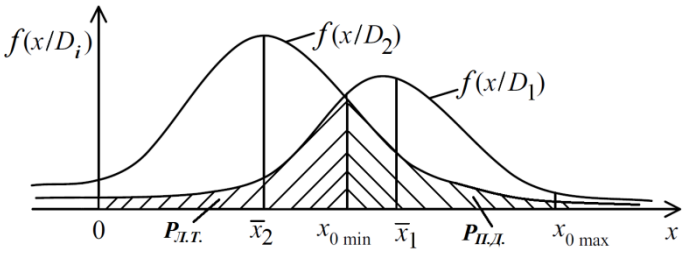

Рис. 1. Распределение плотности вероятностей диагностического признака x для исправного D_1 и неисправного D_2 состояний; $x_{0\,\min}$, $x_{0\,\max}$ – точки экстремумов среднего риска ошибочных решений; $P_{П.Д.}$ и $P_{Л.Т.}$ – соответственно вероятности пропуска дефекта и ложной тревоги

III. Теория

Возможными ошибками при принятии решений являются: ложная тревога (ошибка первого рода): исправный объект признается неисправным (вместо D_1 считают, что имеет место D_2), и пропуска неисправности или отказа (ошибка второго рода): объект, имеющий неисправность, признается исправным (вместо D_2 признается D_1).

Обозначим через H_{ij} (ij = 1, 2) возможные решения по правилу (гипотезы), где индекс i соответствует принятому диагнозу, j – действительному диагнозу. Тогда:

H_{21} – ложная тревога (ошибка первого рода);

H_{12} – пропуск неисправности (ошибка второго рода);

H_{11} – правильный диагноз (исправное состояние);

H_{22} – правильный диагноз (неисправное состояние).

Вероятность ложной тревоги равна вероятности произведения двух событий: наличия исправного состояния и значения $x<x_0$ для исправного состояния определяется как

$$P(H_{21}) = P(D_1)\cdot P(x < x_0 / D_1) = P_1 \cdot \int_{-\infty}^{x_0} f\left(x / D_1\right) dx = P_1 \cdot \left[1 - F\left(x_0 / D_1\right)\right], \tag{1}$$

а вероятность пропуска дефекта:

$$P(H_{12}) = P(D_2)\cdot P(x > x_0 / D_2) = P_2 \cdot \int_{x_0}^{\infty} f\left(x / D_2\right) dx = P_2 \cdot F\left(x_0 / D_2\right), \tag{2}$$

где $f(x/D_1)$ – плотность вероятности признака для исправного состояния; $f(x/D_2)$ – плотность вероятности признака для неисправного состояния; $P_1 = P(D_1)$ и $P_2 = P(D_2)$ – априорные вероятности соответственно диагнозов D_1 (исправное состояние) и D_2 (неисправное состояние), которые считаются известными на основании предварительных статистических данных: в данном случае это вероятности состояний при наличии признака x заданной величины x_0 [1]; $F\left(x_0 / D_1\right) = \int_{-\infty}^{x_0} f\left(x / D_1\right) dx$ и $F\left(x_0 / D_2\right) = \int_{x_0}^{\infty} f\left(x / D_2\right) dx$ – вероятности соответственно исправного и неисправного состояний объекта диагностирования на соответствующих интервалах от $-\infty$ до x_0 и от x_0 до ∞ [4, 15, 16, 18].

Вероятность принятия ошибочного решения обусловлена вероятностями ложной тревоги и пропуска неисправности. Если приписать «цены» этим ошибкам и принять, что цены правильных решений есть C_{11} и C_{22}, то получим выражение для среднего риска (ожидаемая величина потери) [4, 15, 16, 18]:

$$R = C_{11}P_1\int_{x_0}^{\infty} f(x/D_1)dx + C_{21}P_1\int_{-\infty}^{x_0} f(x/D_1)dx + C_{12}P_2\int_{x_0}^{\infty} f(x/D_2)dx + C_{22}P_2\int_{-\infty}^{x_0} f(x/D_2)dx\,, \tag{3}$$

где $\boldsymbol{C_{21}}$ – цена ложной тревоги; $\boldsymbol{C_{12}}$ – цена пропуска дефекта (первый индекс – принятое состояние, второе – действительное), обычно $\boldsymbol{C_{12} >> C_{21}}$.

С учетом «цен» правильных решений $\boldsymbol{C_{11}}$=$\boldsymbol{C_{22}}$=0 получается выражение для среднего риска:

$$R = C_{12}P(H_{12}) + C_{21}P(H_{21}) = C_{12}P_2\left[F\left(x_0/D_2\right)\right] + C_{21}P_1\left[1 - F\left(x_0/D_1\right)\right]. \tag{4}$$

Величина $\boldsymbol{x}$ – текущее (измеренное) значение диагностического признака, – является случайной и потому приведенное равенства представляют собой среднее значение (математическое ожидание) риска.

IV. Результаты экспериментов

Для описания статистических свойств диагностических признаков следует получить эмпирические и теоретические функции распределения их вероятностей для различных состояний объекта диагностирования [1, 11, 17]. Эти исследования являются первым шагом по оценке предельных значений диагностических признаков, разделяющих состояния объекта диагностирования на классы состояний.

Для описания статистических характеристик диагностических признаков использовалось распределение Вейбулла–Гнеденко. Данное распределение достаточно универсально, поскольку при варьировании параметров описывает широкий диапазон случаев изменения вероятностных характеристик различных процессов [1, 17].

Учитывая, что некоторые параметры диагностических признаков имеют закон распределения Вейбулла–Гнеденко [1], поскольку данный закон при различных его параметров трансформируется в другие законы распределения, целесообразно ориентироваться на аппроксимацию ЭФР двухпараметрическим распределением Вейбулла–Гнеденко, поскольку ХФ является четной функцией:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & ; x \le 0, \\ 1 - \exp\left\{-\left(\dfrac{x}{c}\right)^b\right\} & ; x > 0 \end{cases}, \tag{5}$$

а плотность вероятностей

$$f(x) = \begin{cases} 0 & ; x \le 0, \\ \dfrac{b}{c}\left(\dfrac{x}{c}\right)^{b-1} \exp\left\{-\left(\dfrac{x}{c}\right)^b\right\} & ; x > 0 \end{cases} \tag{6}$$

Здесь $c > 0$ – параметр масштаба, $b > 0$ – параметр формы и x – случайная величина.

С использованием методики [17] аппроксимации функций распределения по экспериментальным выборочным значениям произведена обработка данных и определены теоретические функции распределения (ТФР) и плотности вероятностей параметров характеристических функций мгновенных значений виброакустических сигналов, полученных с таких узлов поршневого компрессора, как всасывающие и нагнетательные клапаны, осевое и радиальное направление цилиндра, кривошипно-ползунный механизм, коренные подшипники, для таких состояний узлов и деталей (табл. 1), как «Недопустимо» (НДП), «Требует принятия мер» (ТПМ) и «Допустимо» (Д).

ТАБЛИЦА 1
ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Параметр ТФР	**Д**	**ТПМ**	**НДП**
b	-5,050	-5,99	-5,04
c	0,2849	0,1119	0,0415

Граничное значение $\boldsymbol{x_0}$ определяем из уравнения

$$\frac{f(x_0/D_1)}{f(x_0/D_2)} = \frac{P_2\cdot(C_{12} - C_{22})}{P_1\cdot(C_{21} - C_{11})} = \lambda \tag{7}$$

где λ – отношение правдоподобия: порог принятия решения.

По формуле (6) имеем

$$f(x_0/D_1) = \frac{b_1}{c_1}\left(\frac{x_0}{c_1}\right)^{b_1-1}\exp\left\{-\left(\frac{x_0}{c_1}\right)^{b_1}\right\};\; f(x_0/D_2) = \frac{b_2}{c_2}\left(\frac{x_0}{c_2}\right)^{b_2-1}\exp\left\{-\left(\frac{x_0}{c_2}\right)^{b_2}\right\}. \tag{8}$$

Под $\boldsymbol{x_0}$ понимается граничное значение диагностического параметра.

Подставляя значения плотности вероятности в (7) и принимая C_{11}-C_{22}=0, получим

$$\frac{\frac{b_1}{c_1}\left(\frac{x_0}{c_1}\right)^{b_1-1}\exp\left\{-\left(\frac{x_0}{c_1}\right)^{b_1}\right\}}{\frac{b_2}{c_2}\left(\frac{x_0}{c_2}\right)^{b_2-1}\exp\left\{-\left(\frac{x_0}{c_2}\right)^{b_2}\right\}}=\frac{P_2\cdot C_{12}}{P_1\cdot C_{21}}; \tag{9}$$

Сформулируем условия методов принятия решений при определении граничного значения $\boldsymbol{x_0}$:

– метод минимального риска – добиваемся минимума среднего риска для отношения правдоподобия $\lambda=\left[(C_{12}-C_{22})P_2\right]/\left[(C_{21}-C_{11})P_1\right]$;

– метод минимального числа ошибочных решений – стоимости пропуска дефекта и ложной тревоги одинаковы тогда $\lambda=\left[P_2\right]/\left[P_1\right]$;

– метод наибольшего правдоподобия – стоимость и вероятность пропуска дефекта приблизительно равны стоимости и вероятности ложной тревоги при этом $\lambda=1$;

– метод минимакса – величина риска становится минимальной среди максимальных значений, вызванных «неблагоприятной» величиной P_i, в этом случае $\lambda=\left[(C_{12}-C_{22})(1-P_1)\right]/\left[(C_{21}-C_{11})P_1\right]$;

– метод Неймана–Пирсона – минимизируется вероятность пропуска дефекта при заданном допустимом уровне A вероятности ложной тревоги: $P_1\int_{x_0}^{\infty} f(x/D_1)dx\le A$.

Результаты расчетов при заданных априорных величинах P_1=0.97, P_2=0.03, C_{12}=1, C_{21}=0.01 для разделения состояний ТПМ и НДП приведены в табл. 2, а для разделения состояний Д и НДП – в табл. 3.

ТАБЛИЦА 2
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ГРАНИЧНОГО ЗНАЧЕНИЯ ПРИЗНАКА (НДП-ТПМ)

Метод	$\boldsymbol{x_0}$	$\boldsymbol{P(H_{21})}$	$\boldsymbol{P(H_{12})}$	$\boldsymbol{R}$
минимального риска	0.088	0.013	0.000682	0.000814
минимального числа ошибочных решений	0.077	0.000115	0.000126	0.000126
наибольшего правдоподобия	0.084	0.000409	0.000833	0.000874
минимакса	0.119	0.271	0.002259	0.004973
Неймана–Пирсона	0.093	0.049	0.000284	0.000773

ТАБЛИЦА 3
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ГРАНИЧНОГО ЗНАЧЕНИЯ ПРИЗНАКА (ТПМ-Д)

Метод	$\boldsymbol{x_0}$	$\boldsymbol{P(H_{21})}$	$\boldsymbol{P(H_{12})}$	$\boldsymbol{R}$
минимального риска	0,216	0,017	0.000682	0,0007475
минимального числа ошибочных решений	0,186	0,0001875	0.000126	0,0001386
наибольшего правдоподобия	0,206	0,005637	0.000833	0,0008228
минимакса	0,285	0,2	0.001686	0,003688
Неймана–Пирсона	0,227	0,043	0.000284	0,0006358

V. Обсуждение результатов

Результаты расчетов (табл. 2, рис. 2, 3) для плотностей вероятностей состояний ТПМ и НДП показывают, что наименьший риск принятия решения (***R***), вероятности пропуска неисправности (***P*(*H*$_{12}$)**) и ложной тревоги (***P*(*H*$_{21}$)**) для модуля характеристической функции ***Θ***(0.8) мгновенных значений виброакустического сигнала при выборе состояния между «Недопустимо» и «Требует принятия мер» дает метод минимального числа ошибочных решений. На втором месте находится метод Неймана–Пирсона, который обеспечивает минимальные значения риск принятия решения (***R***), вероятность пропуска неисправности (***P*(*H*$_{12}$)**). Наибольший риск принятия решений (***R***), вероятности пропуска неисправности (***P*(*H*$_{12}$)**) и ложной тревоги (***P*(*H*$_{21}$)**) дает метод минимакса. На третьем месте находится метол минимального риска.

При определении граничного значения для состояний ТПМ и Д (табл. 3, рис. 2) выявлено, что наименьший риск принятия решения (***R***) и вероятность пропуска неисправности (***P*(*H*₁₂)**) обеспечивают расчеты методом минимального числа ошибочных решений. Расчеты методом Неймана–Пирсона также дают хорошие результаты, обеспечиваю низкие значения риска принятия решения и вероятность пропуска неисправности. Наихудшие результаты получаются при расчете методом минимакса.

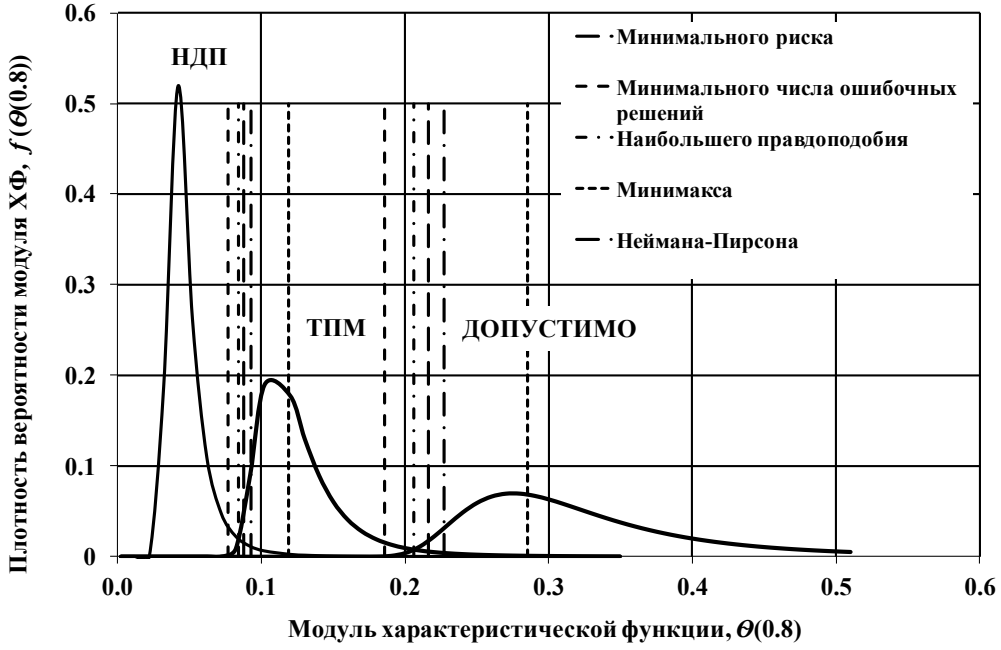

Рис. 2. Плотности вероятностей величины модуля ХФ при заданном параметре ХФ для различных состояний объекта диагностирования и граничные значения модуля (x_0 из табл. 2 и 3), определенные различными методами принятия решений

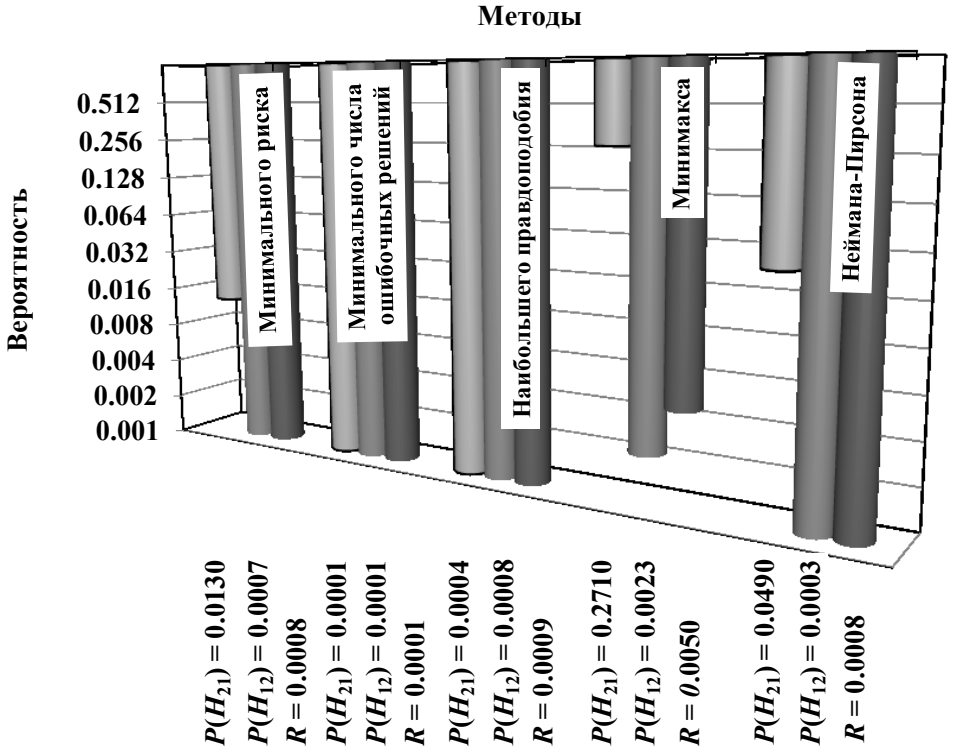

Рис. 3. Вероятности пропуска неисправности (***P*(*H*₁₂)**) и ложной тревоги (***P*(*H*₂₁)**), риска принятия решения (***R***), полученные различными методами принятия решений при разделении состояний ТПМ и НДП

ДИНАМИКА СИСТЕМ, МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

DYNAMICS OF SYSTEMS, MECHANISMS AND MASHINES

Издается с ноября 1995 года
Выходит один раз в год

2017
Том 5, № 4

Учредитель
Омский государственный
технический университет

Главный редактор
А. В. Косых,
ректор ОмГТУ

Редакционная коллегия:
Е. А. Андреева, доктор технических наук
П. Д. Балакин, доктор технических наук
А. В. Бубнов, доктор технических наук
В. И. Глухов, доктор технических наук
О. Т. Данилова, кандидат физ.-мат. наук
А. В. Зыкина, доктор физ.-мат. наук
И. А. Кировская, доктор химических наук
А. Г. Козлов, доктор технических наук
В. И. Левченко, кандидат технических наук
Ю. К. Машков, доктор технических наук
В. А. Майстренко, доктор технических наук
А. П. Моргунов, доктор технических наук
К. Л. Панчук, доктор технических наук
В. И. Трушляков, доктор технических наук
А. Г. Михайлов, кандидат технических наук

Ответственный секретарь
О. И. Бабенко, начальник ИПО ОмГТУ

Технический редактор
Т. П. Семина

Компьютерная верстка
О. Г. Белименко

Язык публикаций:
русский, английский

Дата и номер договора о включении
рецензируемого научного издания
в систему Российского индекса
научного цитирования (РИНЦ):
213-04/2014 от 14.04.2014 г.

Адрес в РИНЦ:
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=50500

Адрес редакции:
644050, г. Омск, пр. Мира, 11, каб. 206
Контактные телефоны:
8 (381-2) 65-35-36
e-mail: fap_omsk@omgtu.ru
Телефон для рекламодателей: 65-35-36

© ОмГТУ, 2017

Подписано в печать 31.10.2017 г.
Формат 60×84 1/8. Усл. печ. л. 18,00.
Бумага офсетная.

Отпечатано на дупликаторе
в типографии ОмГТУ.
644050, г. Омск, пр. Мира, 11; т. 23-02-12.

Тираж 500 экз. Заказ 671.

СОДЕРЖАНИЕ

Инфокоммуникационные технологии

И. В. Богачков
Исследования характеристик рассеяния Мандельштама – Бриллюэна в специализированных одномодовых оптических волокнах 4

В. С. Будяк, А. В. Давыдович, В. П. Кисмерешкин, Н. А. Косточкина
Логопериодические антенны вертикальной поляризации 10

Е. Д. Бычков, О. Н. Коваленко, Д. Н. Коваленко
Нечеткое управление канальным ресурсом 13

С. В. Вологдин, Е. К. Бусыгин, И. Д. Шушков
Принцип организации электронной информационной системы мобильного энергоучёта электроэнергии с применением терминалов сбора данных 18

Р. Р. Газизов, М. Н. Кухаренко, Т. Р. Газизов
Оптимизация параметров нагрузок шины печатной платы с помощью генетических алгоритмов по критерию минимизации пикового напряжения 22

А. В. Косых, В. Л. Хазан
Способ оценки текущего качества нестационарных каналов радиосвязи по величине телеграфных искажений 28

С. С. Лутченко, Е. Ю. Копытов, И. В. Богачков
Оценка надежности ВОЛС с учетом влияния внешних факторов 34

А. М. Шабалин, Е. А. Калиберда
Организация комплекса мер по обеспечению безопасной работы IPV6-сети предприятия средствами современного коммутационного оборудования (на примере сетевой атаки на основной шлюз) 40

Информационная безопасность

А. Ж. Абденов, В. А. Трушин, Г. А. Абденова
Расчет объективных оценок для эффективной защиты информации в территориально потенциально возможных зонах 47

А. Г. Анацкая, З. В. Семенова, О. В. Барабанов, Д. И. Веренник, Р. Р. Юмагулов
Особенности обеспечения информационной безопасности в условиях реализации российского законодательства в области передачи фискальных данных 51

И. А. Ершов, Р. Ж. Аймагамбетова, О. В. Стукач
Технология блокчейн в обеспечении метрологической прослеживаемости 57

Б. И. Ефимов
Возможный тип атак на систему принятия решений, связанный с увеличением количества экспертов 61

А. В. Иванов, И. Л. Рева, Э. Э. Шемшетдинова
Исследование влияния различий в спектрах речи на результат оценки разборчивости 65

А. В. Иванов, И. Л. Рева, П. С. Фазлуктинов
Применение методов шумоочистки для фильтрации речевой информации 70

А. В. Иванов, И. Л. Рева, Д.С. Кофанов
Влияние параметров первичных преобразователей на результат оценки защищенности речевой информации 73

П. С. Ложников, А. Е. Сулавко
Применение сетей квадратичных форм для распознавания субъектов по динамическим биометрическим образам 77

С. О. Савченко, Н. В. Капчук
Алгоритм построения модели нарушителя в системе информационной безопасности с применением теории игр.....84

З. В. Семенова, С. А. Любич, А. Г. Кузнецов, П. А. Мальцев
Система автоматизированной проверки правильности составления SQL-запросов: защита от уязвимостей.....90

А. Е. Сулавко, А. А. Федотов, А. В. Еременко
Распознавание пользователей компьютерных систем по клавиатурному почерку с учетом параметров вибрации и давления на клавиши.....95

Е. В. Трапезников
Реализация модели анализа защиты информации на основе нейронной сети.....105

Математическое и имитационное моделирование

О. В. Батенькина, Д. Н. Тренкин
Компьютерная оценка эмоционального состояния детей дошкольного возраста с использованием метода отслеживания взгляда с помощью веб-камеры.....111

Ю. И. Битюков, Ю. И. Денискин, Г. Ю. Денискина
Применение сплайн-вейвлетов для анализа выходных процессов многомерных нестационарных линейных систем управления 117

Н. В. Замятин, О. Н. Русина, Ю. М. Федорчук, Г. В. Смирнов
Модель смешения для производства ангидритовых строительных каркасно-монолитных модулей помещений 127

М. С. Корытов, В. С. Щербаков, В. В. Титенко
Аналитическое решение задачи разгона груза мостовым краном с постоянным ускорением при гашении колебаний грузового каната 132

В. В.Михеев, С. В. Савельев
Моделирование процесса деформирования упруговязкопластичной среды динамической периодической силой произвольного характера 136

А. Е. Сулавко, С. С. Жумажанова
Распознавание психофизиологического состояния человека на основе анализа термограмм лица и шеи 143

Моделирование и системный анализ

Н. Л. Князев, Л. А. Денисова
Методы распознавания динамических объектов в радиолокационном пространстве.....152

А. В. Кульбякина, И. В. Долотовский
Методические аспекты системного анализа эффектиности топливных систем предприятий переработки углеводородного сырья.....158

Радиотехнические системы и устройства. Приборостроение. Электроника

А. И. Андриянов
Управление нелинейной динамикой однофазного инвертора напряжения на основе метода направления на цель с редукцией частоты управляющих воздействий.....165

А. А. Белоусов, А. В. Гамиловская
Сверхширокополосный радиофотонный смеситель 172

С. В. Бирюков, М. А. Королева
Электроиндукционный дисковый датчик напряженности электрического поля 177

И. Л. Виноградова, А. В. Андрианова, И. К. Мешков, А. Х. Султанов, Г. И. Абдрахманова, Е. П. Грахова, А. А. Ишмияров, Л. З. Янтилина, Г. Р. Кутлиева
Схемы управления антенной решеткой ROF оптическим способом: результаты макетирования 182

И. Ф. Бажуков, И. В. Дулькейт, С. А. Завьялов, Ю. В. Львова, А. Н. Ляшук, П. И. Пузырев, С. Г. Рекунов, Е. А. Чащин, С. В. Шарапов
Перспективы использования средневолнового диапазона для радиосвязи с мобильными группами спасателей МЧС России.....187

А. В. Косых, С. А. Завьялов, В. Ерохин
Компаратор как СФ-блок для АЦП двойного интегрирования в интегральном исполнении 194

В. П. Кисмерешкин, А. В. Васильева, А. В. Колесников, П. А. Зайдов
Возможность реализации квазиизотропной характеристики направленности антенной системы наноспутника.....200

В. П. Кисмерешкин, А. В. Колесников, П. А. Зайдов, А. В. Васильева
Исследование коаксиальных рамочных антенн повышенной эффективности 205

Ю. Н. Кликушин, В. Ю. Кобенко, П. П. Степанов
Основы технологии идентификационных измерений 209

В. Ю. Кобенко, П. П. Степанов
Представление распределений сигналов в звуковой форме 215

А. Г. Козлов, Е. А. Фадина
Влияние высоты микроканала на импеданс проточной электрохимической ячейки с планарными встречно-штыревыми электродами 219

А. С. Колмогоров, С. С. Колмогорова, С. В. Бирюков
Эксплуатационные обстоятельства в разработке и применении инвариантных сенсоров электромагнитных полей 227

С. Н. Литунов, В. Ю. Юрков
Исследование перехода пасты на подложку в LTCC-технологии 232

В. Н. Костюков, А. П. Науменко, И. С. Кудрявцева
Оценка модуля характеристической функции виброакустичесго сигнала при заданном параметре для предельных состояний объекта диагностирования 239

И. В. Никонов, Г. С. Никонова
Перестройка частоты колебаний пав-генератора 245

А. В. Никонов
Генерация и формирование испытательных воздействий для электронных модулей 248

П. И. Пузырёв, С. А. Завьялов
Способ оценки частоты несущей и времени прихода сигнала по ЛЧМ-подобной фазокодированной последовательности 259

К. В. Татмышевский
Механолюминесцентные датчики для регистрации ударных воздействий 264

Т. Н. Торгаш, А. Г. Козлов
Лестничный фильтр на основе микроэлектронных ОАВ-резонаторов с брэгговским отражателем 272

А. В. Косых, С. А. Завьялов, Р. Р. Фахрутдинов, К. В. Мурасов, Р. А. Вольф
Влияние точности формирования квадратур гетеродина на спектр сигнала в передающих трактах с синфазно-квадратурной петлей 276

А. И. Чередов, А.В. Щелканов, Р. А. Ахмеджанов, Е. О. Коренев
Магниточувствительный преобразователь градиента напряженности магнитного поля на основе осциллистора 282

VI. Выводы и заключение

В результате проведенных исследований показано, что для определения предельных величин модуля характеристической функции мгновенных значений виброакустического сигнала, соответствующих различным состояниям объекта диагностирования, необходимо использовать статистические методы принятия, что позволяет определять пороговые величины диагностических признаков на основе оценки риск принятия решения. Предложена методика расчетов для диагностических призанаков на основе параметров характеристической функции. С использованием статистических методов принятия решений получены граничные значения модуля ХФ при заданном параметре ХФ для разделения состояний ДОПУСТИМО и ТПМ, ТПМ и НДП. В качесте диагностического сигнала использовались виброакустичесий сигнал и характеристическая функция его мгновенных значений.

Список литературы

1. Науменко А. П. Научно-методические основы вибродиагностического мониторинга поршневых машин в реальном времени: дис. … д-ра техн. наук / ОмГТУ. Омск, 2012. 423 с.
2. Науменко А. П. Основные принципы технологии диагностирования и мониторинга поршневых машин реальном времени // XX Всероссийская конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике: докл. конф., 3–6 марта 2014 г. М., 2014. С. 358–362.
3. Костюков В. Н., Науменко А. П. Вибродиагностика поршневых компрессоров // Компрессорная техника и пневматика. 2002. № 3. С. 30.
4. Биргер И. А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.
5. Костюков В. Н., Науменко А. П. [и др.]. Стандарты в области технического состояния оборудования опасных производств // Безопасность труда в промышленности. 2012. № 7. С. 30–36.
6. Костюков В. Н., Науменко А. П. Нормативно-методическое обеспечение диагностики и мониторинга поршневых компрессоров // Безопасность труда в промышленности. 2013. № 5. С. 66–70.
7. Костюков В. Н., Науменко А. П., Сидоренко И. С. Использование характеристической функции для диагностики поршневых машин // Динамика систем, механизмов и машин. 2009. Кн. 2. С. 32–35.
8. Сидоренко И. С., Науменко А. П. Анализ характеристических функций виброакустических сигналов клапанов поршневых компрессоров // Наука, образование, бизнес: материалы регион. науч.-практ. конф., посвящ. Дню радио. Омск, 2010. С. 259–264.
9. Кудрявцева И. С., Науменко А. П. Оценка возможности использования характеристической функции для диагностики гидроударов // Наука, образование, бизнес: докл. и тез. докл. регион. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию РТФ ОмГТУ. Омск, 2011. С. 215–217.
10. Костюков В. Н., Науменко А. П., Кудрявцева И. С. Диагностика подшипников качения по параметрам характеристической функции // Динамика систем, механизмов и машин. 2014. № 4. С. 142–145.
11. Костюков В. Н., Науменко А. П., Кудрявцева И. С. Характеристическая функция как информативный диагностический признак // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства: материалы 6-й Междунар. науч.-техн. конф., 26–30 апр. / ОмГТУ. Омск, 2016. С. 113–114.
12. Костюков В. Н. [и др.]. Формирование вектора диагностических признаков на основе характеристической функции виброакустического сигнала // Контроль. Диагностика. 2016. № 8. С. 22–29.
13. Костюков В. Н., Науменко А. П. Проблемы и решения безопасной эксплуатации поршневых компрессоров // Компрессорная техника и пневматика. 2008. № 3. С. 21–28.
14. Костюков В. Н., Науменко А. П. Система контроля технического состояния машин возвратно-поступательного действия // Контроль. Диагностика. 2007. № 3. С. 50–58.
15. Харкевич А. А. Борьба с помехами. 2-е изд. М.: Наука, 1965. 276 с.
16. Богдан Н. В., Жилевич М. И., Красневский Л. Г. Техническая диагностика гидросистем. Минск: Белавтотракторостроение, 2000. 120 с.
17. Науменко А. П. Методика статистического анализа диагностических признаков // Наука, образование, бизнес: докл. и тез. докл. регион. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию РТФ ОмГТУ. Омск, 2011. С. 188–195.
18. Костюков В. Н., Науменко А. П. Оценка риска выбора нормативных величин диагностических признаков // Динамика систем, механизмов и машин. 2014. № 4. С. 150–154.