

Севастьянов Антон Александрович

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ  
ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

05.11.18 — приборы и методы преобразования изображений и звука

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Санкт-Петербург

2008

**Работа выполнена** в Санкт-Петербургском государственном университете кино и телевидения на кафедре прецизионных технологий и сертификации киновидеотехники.

**Научный руководитель** доктор технических наук,  
профессор Явленский А. К.

**Официальные оппоненты** доктор технических наук,  
профессор Башарин С. А.  
кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник Анохин Ю. А.

Ведущая организация ООО «Электроавтоматика».

Защита состоится «23» декабря 2008 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании Диссертационного совета Д 210.021.01 при Санкт-Петербургском государственном университете кино и телевидения по адресу 191119, Санкт-Петербург, ул. Правды, д.13; *http://gukit.ru*; *E-mail: info@gukit.ru*.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения.

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2008 г.

Ученый секретарь

Диссертационного совета:

Гласман К. Ф.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность работы.** Появление ряда новых технологий привело к созданию компьютеризированных систем — виртуальных приборов, позволяющих оперативно контролировать признаки проявления дефектов при работе механизмов за счет использования универсальных интерфейсов сопряжения первичных преобразователей, многоступенчатых алгоритмов обработки диагностических данных любой вычислительной сложности.

Повышение требований к безотказности аудиовизуальной техники, при снижении расходов на проведение ремонтов и ликвидацию аварийных отказов, требует знания фактического состояния оборудования. Применяемые для этого приборы обеспечивают измерение параметра информационного сигнала. Однако получение достоверной информации о техническом состоянии объекта зависит не только от качества измерения параметра, а в большей степени от качества его анализа, выполненного на основании диагностической модели. Целесообразным является использование комплекса диагностических параметров информационных сигналов разной физической природы. Необходимым условием при оценке состояния аудиовизуальной техники остается единый методологический подход, базирующийся на разработке диагностической модели трибосистем, включающей узлы трения, носители изображения и звука. Решение этих вопросов и определяет актуальность настоящей работы.

### **Связь работы с научными программами, планами, темами.**

Работа является итогом исследований проведенных в Санкт-Петербургском государственном университете кино и телевидения (СПбГУКиТ) в рамках финансируемых хоздоговорных работ:

1. НИР по теме: № 589-ФР «Виртуальные средства диагностирования аудиовизуальной техники», 2005 г.;
2. НИР по теме № 659-ФР «Диагностика качества функционирования аппаратуры цифровой записи и воспроизведения», 2006 г.;

3. НИР по теме: 07-06/2-1138 «Разработка оборудования и технологий цифрового фильмопроизводства и кинопоказа. Кинотеатральный диагностический комплекс», 2007 г.;

4. НИР по теме: 636-ФР «Исследования и диагностика физико-механических процессов образования ультразвуковых колебаний в трибологических системах», 2008г.

В этих исследованиях автор принимал непосредственное участие в качестве исполнителя.

**Цели и задачи исследования.** Цель диссертационной работы состоит в повышении качества исполнительных механизмов аудиовизуальной техники за счет применения методов и технических средств, позволяющих определить текущее состояние объекта контроля, характер изменения его с течением времени.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

1) анализ существующих и перспективных систем аудиовизуальной техники с точки зрения возможностей диагностирования параметров, характеризующих качество их исполнительных механизмов;

2) разработка диагностических моделей для наименее надежных элементов (узлы трения и носители изображения и звука), создание акустической (трибоакустической) модели, в основе которой определение эталонов для идентификации технического состояния;

3) экспериментальное апробирование результатов теоретических исследований;

4) разработка принципов построения виртуальных технических средств диагностирования (автоматизированных аппаратурно-технологических комплексов).

**Научная новизна полученных результатов:**

1) показана взаимосвязь качества функционирования аудиовизуальной техники с трибоакустическими и термографическими характеристиками исполнительных механизмов;

2) теоретически обоснована диагностическая модель, основанная на анализе трибохарактеристик узлов трения;

3) разработан способ контроля качества трибомеханических узлов для создания эталонных образцов дефектов;

4) определена информационная модель виртуального прибора диагностирования рассматриваемых систем;

5) разработаны принципы построения виртуального автоматизированного аппаратурно-технологического диагностического комплекса для обеспечения заданного уровня качества исполнительных механизмов аудиовизуальной техники.

**Практическое значение работы.** Разработаны алгоритмы анализа исполнительных устройств с использованием диагностической модели для идентификации и прогнозирования изменения технического состояния, локализации дефектов. На основании алгоритмов созданы виртуальные приборы диагностирования.

Результатом исследований стало создание устройства и способа для контроля узлов трения и формирования эталонных образцов, которые прошли экспертизу и были зарегистрированы в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Имеются решения о выдаче патентов на изобретения для следующих заявок.

1) №2006141903/17 (045755) от 27.11.2006 «Устройство для контроля качества подшипников»;

2) №2006141904/17 (045756) от 27.11.2006 «Способ для контроля качества узлов трения».

Установка для контроля качества узлов трения по трибохарактеристикам была внедрена в технологическую линию и используется ОАО «Вологодская подшипниковая корпорация», что позволило обеспечить выходной контроль узлов трения исполнительных устройств, тем самым значительно повысить их качество.

Разработанное методическое сопровождение исследований использовано для создания лабораторной работы на кафедре физики и оптики СПбГУКиТ «Исследование ультразвуковых сигналов, возникающих при трении в механических системах».

**Личный вклад соискателя** заключается в разработке диагностической модели исполнительных устройств аудиовизуальной техники, практической проверке полученных теоретических закономерностей диагностической модели, проведении и обобщении данных апробации методики диагностики по параметрам тепловизионных и акустических полей, проектировании установки контроля узлов трения, разработки и создании виртуальных приборов диагностирования трибосистем.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований опубликованы с соавторами. Конкретный личный вклад в них соискателя дан в виде кратких аннотаций после указания этих работ в списке автореферата.

**Апробация работы.** Материалы диссертационной работы обсуждены и получили одобрение на Шестой научной сессии аспирантов и соискателей ГУАП, посвященной всемирному дню космонавтики (г. Санкт-Петербург, 2003 г.), Всероссийской (с международным участием) молодежной научной конференции «XI Туполевских чтений молодых учёных» (г. Казань, 2003 г.), Седьмой научной сессии аспирантов и соискателей ГУАП, посвященной всемирному дню космонавтики. (Санкт-Петербург, 2004 г.), Десятой Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов МЭИ (Москва, 2004 г.), Всероссийской научной конференции студентов и аспирантов — молодые исследователи региону (г. Вологда, 2004 г.), Международной научной конференции «Электротехника, энергетика, экология-2004», посвященной 90-летию со дня рождения академика РАН И. А. Глебова (г. Санкт-Петербург, 2004 г.), Научно-технической конференции студентов и аспирантов институтов и факультетов СПбГУКиТ «Неделя науки – 2006» (г. Санкт-Петербург, 2006 г.), Научно-технической конференции студентов и аспирантов институтов и факультетов СПбГУКиТ «Неделя науки – 2007» (г. Санкт-Петербург, 2007 г.), 3rd National Conference on Human Vibration (Dresden, 2007 г.), Научно-технической конференции студентов и аспирантов институтов и факультетов СПбГУКиТ «Неделя науки – 2008» (Санкт-Петербург, 2008 г.).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 13 научных работ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех разделов, выводов, списка использованных источников из 60 наименований, 1 приложения, содержит 131 страницу, в том числе 123 страницы основного текста, 87 рисунков и 19 таблиц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе** представлен обзор состава системы аудиовизуальной техники и определены основные конструктивные блоки. Устройства аудиовизуальной техники состоят из первичных преобразователей информации, усилительно-преобразовательных блоков и исполнительных механизмов. Причем на отказы исполнительных механизмов приходится около 70% всех отказов оборудования. Исполнительный механизм — электромеханическая система, основу которой составляют кинематические звенья, предназначенные для изменения или фиксации положения рабочих тел в пространстве. Приведена подробная классификация исполнительных механизмов аудиовизуальной техники.

Указаны основные проблемы, влияющие на техническое состояние исполнительных механизмов.

Показано, что важно оценить не только годность технической системы в текущий момент, но и выявить возможные изменения ее параметров в будущем и локализовать источники этих изменений. Для этого необходимо использовать возникающие в процессе функционирования исполнительного механизма информационные сигналы. Основными информационными сигналами для трибосистем являются температура и акустические колебания. После регистрации они могут быть использованы для диагностирования.

Рассмотрены достоинства и недостатки методов анализа информационных сигналов во временной и частотной области. Так временное представление позволяет контролировать текущее техническое состояние исполнительного механизма и оперативно отслеживать резкое его изменение. Более глубокий анализ

позволяют проводить частотные методы, наиболее популярным из которых остается спектральный анализ. Однако, в связи с его недостатками, постепенно внедряется вейвлет-анализ, использующий в своей основе масштабируемые, негармонические функции. Метод также удобен при необходимости выделить полезный сигнал на фоне сильных помех.

Основа идентификации состояния узлов и устройств аудиовизуальной техники — введение в рамках диагностической модели эталонных образов. Эталонный образ включает в себя вектор значений параметров диагностической модели, который соответствует определенному диагнозу (дефекту или общему уровню состояния) и рассчитывается либо в ходе специального натурального эксперимента, либо с помощью вычислительного моделирования. Можно выделить несколько этапов идентификации технического состояния объекта диагностирования:

- выбор диагностической модели и диагностических параметров;
- формирование эталонных образов применительно к объекту диагностирования;
- анализ информационного сигнала;
- аппроксимация наилучшим образом вектора параметров объекта диагностирования и векторов эталонных образов.

Сформулированы требования к техническим средствам диагностирования исполнительных механизмов аудиовизуальной техники. Удовлетворение их возможно в рамках новой архитектуры построения средств диагностирования: виртуальных автоматизированных аппаратурно-технологических комплексах — виртуальных приборов. Однако, несмотря на то, что виртуальные приборы уже применяются в научных исследованиях и в промышленности теория их создания для целей диагностики и контроля не проработана. Представлена структура виртуального прибора и его обобщенная информационная модель.

**Во второй главе** рассматриваются диагностические модели для исполнительных механизмов аудиовизуальной техники. Показано, что качество функционирования ИМ в существенной степени зависит от состояния системы



трибосопряжений. Анализируются используемые в настоящее время тепловая и вибрационная диагностика, их достоинства и недостатки. Для рассматриваемых систем эти методы имеют низкую разрешающую способность определения дефектов.

Диагностическая модель (рисунок 1) характеризуется:

- параметрами диагностической модели, задающими структуру рассматриваемой системы;
- вектором дефектов  $S$  ( $S_1, S_2, \dots, S_n$ ), характеризующих техническое состояние объекта контроля;
- структурой, определяющей взаимосвязь вектора дефектов  $S$  и диагностических признаков информационных сигналов  $I$ ;
- целевой диагностической функцией  $\Delta$ , которая позволяет оценивать техническое состояние  $S$  по информационным сигналам  $I$ .

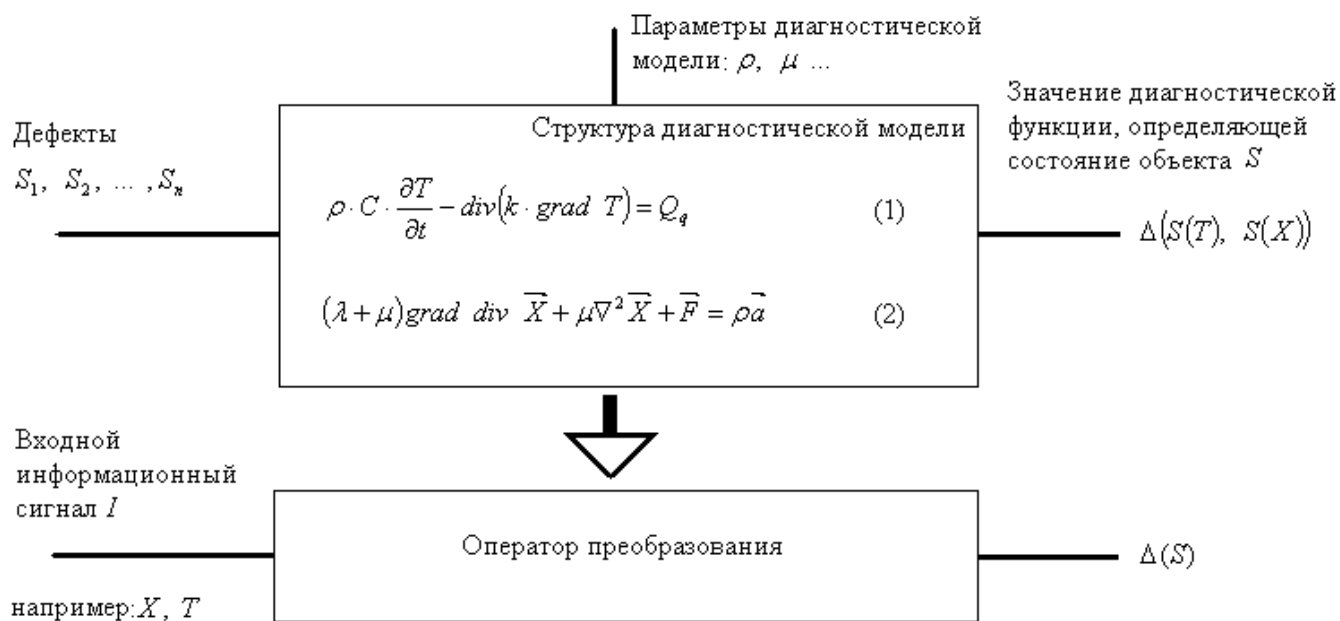


Рисунок 1 — Структура диагностической модели

В основе структуры тепловой и акустической моделей лежат уравнения (1) и (2) соответственно.

В уравнении (1):  $k$  — теплопроводность вещества;  $T$  — температура;  $\rho$  — плотность вещества;  $C$  — удельная теплоёмкость вещества  $Q_q$  — объёмная плотность мощности источников тепла, возникающих из-за трибопроцессов.

В уравнении (2):  $\lambda$  и  $\mu$  — постоянные Ламе;  $X$  — движение частиц элементов поверхности в перемещениях  $(x_1, x_2, x_3)$ ;  $a$  — ускорение частиц элементов поверхности;  $F$  — действующее на среду объёмное напряжение, зависящее от трибопроцессов;  $\nabla^2$  — оператор Лапласа.

Общий источник возникновения информационных сигналов разной природы при функционировании механизма — трение. Исследование трения позволило разработать новую диагностическую модель. Механическое и молекулярное взаимодействие контактирующих поверхностей способствует возникновению колебаний ультразвукового диапазона. Они несут информацию как о наличествующих макро- и микродефектах, так и протекающих в трибосистеме процессах разрушения.

Используя волновое уравнение (2) для трибосопряжения получаем структуру акустической диагностической модели. Уравнение (2) распадается на уравнения, описывающие продольные и поперечные волны. Они являются неоднородными гиперболическими дифференциальными уравнениями с частными производными, решаемые с учетом начальных условий при  $t = 0$  и линейных краевых условий на границе заданной области.

Получено выражение для расчета переменного напряжения  $F$  на поверхности трения, которое можно выразить следующим образом (3):

$$F = \frac{E}{l(1-2\sigma)} \varepsilon(t), \quad (3)$$

где  $E$  — модуль Юнга;  $\sigma$  — коэффициент Пуассона;  $l$  — модуль объёмности;  $\varepsilon(t)$  — функция относительной объёмной деформации, зависящая от дефектов сопрягаемых поверхностей (величина сближения) в течение времени наблюдения  $t$ .

При расчете объема  $\Delta V$  для напряжения  $F$  было сделано предположение, что это такой объем, который занимала бы сфера абстрактного сферического излучателя

с площадью поверхности совпадающей с фактической площадью контакта  $A_r$  при трении.

Объем  $\Delta V$  выражается (4):

$$\Delta V = \frac{4}{3} \pi \sqrt{\left(\frac{A_r}{4\pi}\right)^3}. \quad (4)$$

Фактическая площадка соприкосновения для неровной поверхности (5):

$$A_r = \pi \left[ \frac{m}{K_1} \left( \frac{r^{\nu+1} n_{oc} A_c}{\nu R_p^{\nu-1}} \right)^{\frac{2\nu}{2\nu+1}} \right]^{\frac{2\nu}{2\nu+1}} N^{\frac{2\nu}{2\nu+1}}, \quad (5)$$

сближение (6):

$$\varepsilon = \left( \frac{d \cdot R_p^{\nu-1} \nu \cdot j}{n_{oc} \cdot A_c \cdot r^{1/2} K_1} \right)^{\frac{2}{2\nu+1}} N^{\frac{2}{2\nu+1}}, \quad (6)$$

где  $n_{oc}$  — число выступов рабочих поверхностей, вершины которых расположены выше среднего уровня в расчете на единицу контурной площади:  $n_{oc} = t_m \nu / (2 \cdot \pi \cdot r \cdot R_p)$ ;  $r$  — радиус выступа (рассчитывается на основании параметров геометрии поверхности);  $A_c$  — контурная площадь контакта;  $m$ ,  $d$  — коэффициенты, характеризующие упругие свойства материалов;  $\nu$  — коэффициент, зависящий от параметров опорной кривой;  $t_m$  — опорная кривая (зависимость относительной суммы сечений микровыступов);  $R_p$  — удаление линии выступов от средней линии (форма поверхности);  $K_1 = [1,5\Gamma(\nu+1)\Gamma(1,5)]/\Gamma(\nu+1,5)$ , а  $\Gamma(z)$  — гамма-функция;  $N$  — общая нагрузка на контакте.

На основании уравнений (3), (4), (5), (6) осуществлялись как расчет, так и моделирование акустического поля методом конечных элементов в программном пакете ToolBox MatLab. Аналогично осуществлялось моделирование теплового поля в контактной зоне. Профиль поверхности задавался полигармонической функцией, учитывающей параметры дефектов. Переход к спектру сигнала осуществлялся путем измерения значений перемещения в контрольной точке конструируемой области под воздействием действующего на среду объемного напряжения и

последующего Фурье- преобразования массива данных. Производилась фиксация моделируемого теплового поля.

Расчетный спектр информационного трибосигнала, снимаемого с контрольной точки на узле трения в рамках акустической модели, показан на рисунке 2. Отклонение  $\Delta_e$  несовпадения (расположения) поверхностей —  $0,013$  м; средний шаг волнистости  $S_w$  —  $0,8 \cdot 10^{-6}$  м; средний шаг неровностей  $S_m$  —  $0,003 \cdot 10^{-6}$  м, максимальная высота неровностей —  $0,05 \cdot 10^{-6}$  м, скорость относительного движения  $v = 0,4$  м/с .

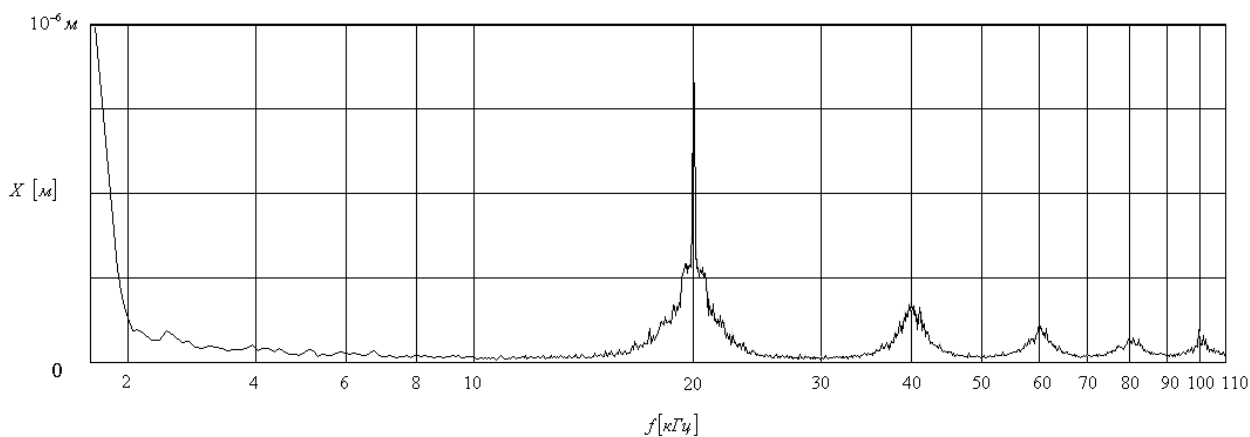
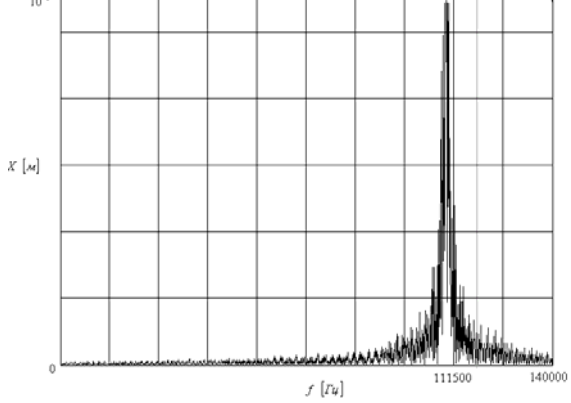
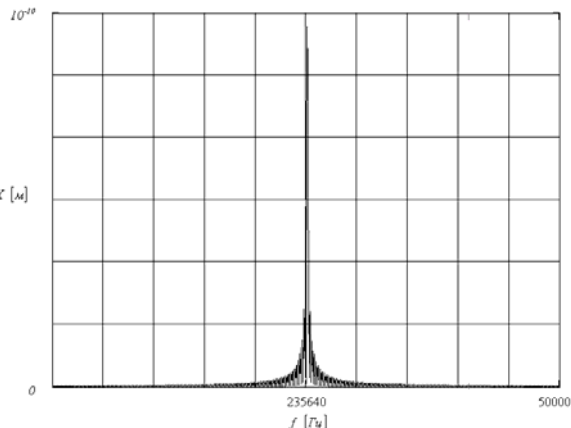
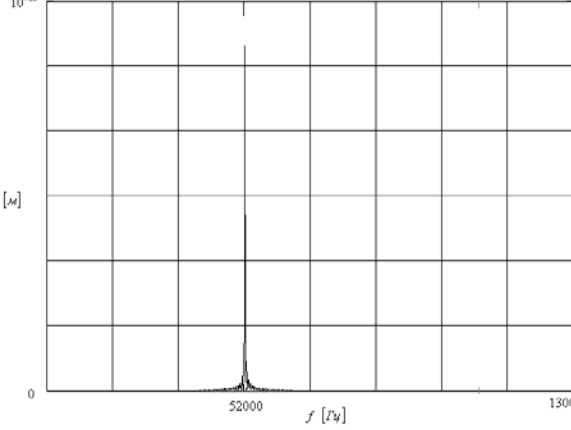
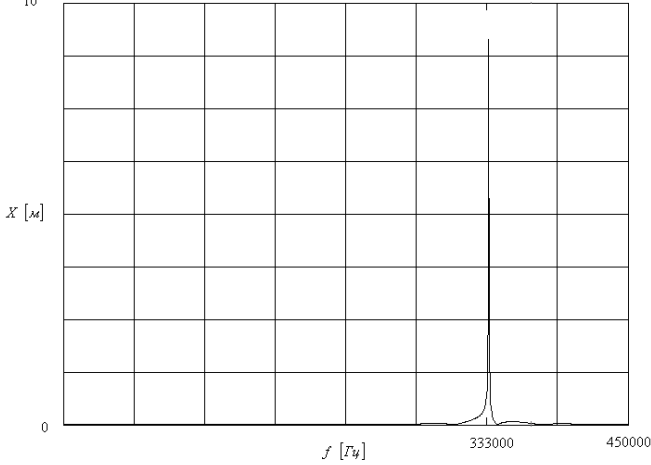


Рисунок 2 — Вид спектра трибосигнала в рамках акустической модели

Определению в акустической диагностической модели подвергаются дефекты сопряженных поверхностей кинематических пар (отклонения формы, волнистость, шероховатость), а также дефекты, возникающие в процессе эксплуатации (выкрашивание, бриннелирование, абразивный износ, натиры, фреттинг-коррозия, усталостные разрушения и др.). Для описания эксплуатационных дефектов в рамках модели применяются эталонные образы в виде спектров трибоакустического сигнала (таблица 1).

Таблица 1 — Спектры для разных моделей дефектов

<p><b>Наименование модели и соответствующие ей дефекты</b></p>	<p><b>Эталонный образ (спектр трибоакустического сигнала)</b></p>
<p>Трещина, растущая из глубины материала к поверхности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- бриннелирование;</li> <li>- псевдо-бриннелирование.</li> </ul>	
<p>Трещина, растущая с поверхности вглубь материала:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выкрашивание;</li> <li>- абразивный износ;</li> <li>- фреттинг-коррозия;</li> <li>- электроповреждения;</li> <li>- натирь;</li> <li>- задиры.</li> </ul>	
<p>Расслоение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- усталостные разрушения поверхности.</li> </ul>	

Наименование модели и соответствующие ей дефекты	Эталонный образ (спектр трибоакустического сигнала)
Поверхностное растрескивание: - атмосферная коррозия.	

Целевая диагностическая функция  $\Delta$ , характеризующая объект диагностирования на основании трибоакустического информационного сигнала имеет вид (7):

$$\Delta = a_1 \cdot S_1 + a_2 \cdot S_2 + \dots + a_m \cdot S_m + a_0, \quad (7)$$

где  $\bar{a}$  — вектор регрессионных коэффициентов;  $\bar{S}$  — вектор осредненных, нормированных относительно шума уровней сигнала  $X$  в диапазонах частот  $f_1, f_2, \dots, f_m$ ,  $m$  — число используемых амплитуд. Частоты  $f_1, f_2, \dots, f_m$  соответствуют частотам эталонных образов для параметров поверхностей и дефектов.

**В третьей главе** анализируются практические результаты диссертационной работы. Апробация технологии контроля и диагностики по параметрам тепловизионных и акустических полей показала, что, несмотря на простоту измерения теплового поля, информативность его значительно ниже и может использоваться только для оперативной диагностики состояния объекта. Для более глубокой оценки технического состояния объекта контроля должен применяться виброакустический или родственный ему метод. Эксперимент показывает хорошую

корреляцию между тепловым и вибрационным полями. Это свидетельствует о единых источниках информационных сигналов, применяемых при диагностике.

Установлена взаимосвязь между геометрическими параметрами объектов диагностирования и диагностическими параметрами акустического сигнала (таблица 2).

Таблица 2 — Результаты измерений геометрических параметров и акустических характеристик узлов трения

Номер узла трения	поверхность 01			поверхность 02			Трибо-акустический параметр $\Delta \cdot 10^3$
	<i>некругл.</i> [мкм]	<i>волнис.</i> [мкм]	<i>шерохов.</i> [мкм]	<i>некругл.</i> [мкм]	<i>волнис.</i> [мкм]	<i>шерохов.</i> [мкм]	
1	2,9	0,6	0,25	3,1	1,9	0,17	36019,49
3	2,8	0,8	0,2	2,8	1,2	0,22	35442,97
4	3,8	1,2	0,22	3,5	1,5	0,25	36322,83
5	3,2	0,9	0,21	3	1	0,22	35784,99
6	3,6	1,2	0,2	1,82	0,98	0,27	35957,87
7	3,2	0,6	0,19	1,8	0,6	0,2	33400,92
...							
17	2,9	0,55	0,18	1,5	0,5	0,16	32580,05
18	2,8	0,5	0,18	1,6	0,5	0,17	32322,91
19	3,3	0,6	0,2	1,9	0,6	0,2	34265,84
20	3,1	0,6	0,2	1,8	0,5	0,18	33532,49

На рисунке 3 представлена взаимосвязь обобщенного геометрического параметра  $G$  (среднее арифметическое) и трибоакустического  $\Delta$ .

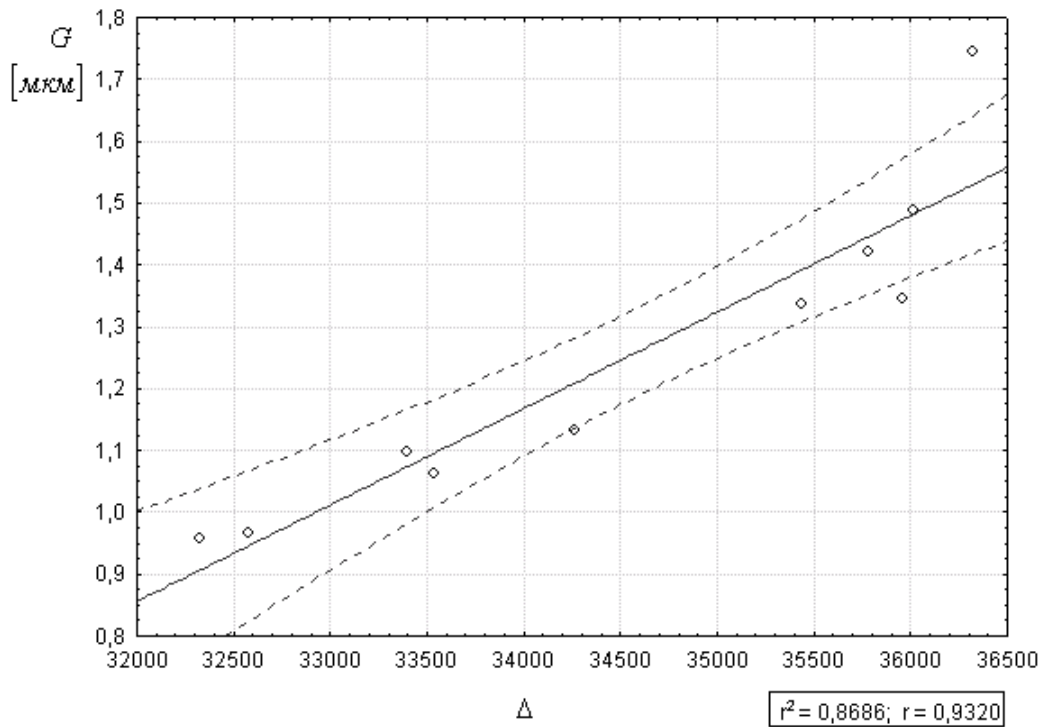


Рисунок 3 — Корреляционная зависимость  $G(\Delta)$

На рисунке 4 представлен спектр обследуемого узла трения с экспериментально выделенными зонами частот для эталонных образцов геометрических параметров.

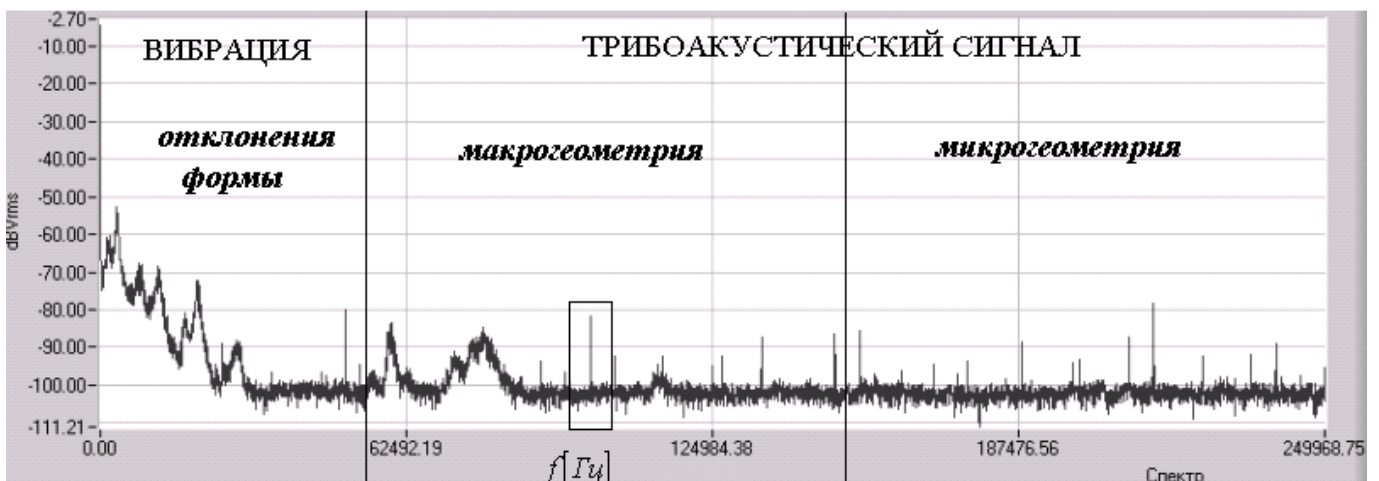


Рисунок 4 — Спектр измеренного трибоакустического сигнала



Для обнаруженного при разрушающем контроле дефекта показан расчетный эталонный образ (рисунок 5), идентифицируемый также в спектре обследованного узла (рисунок 4), выделенный рамкой.

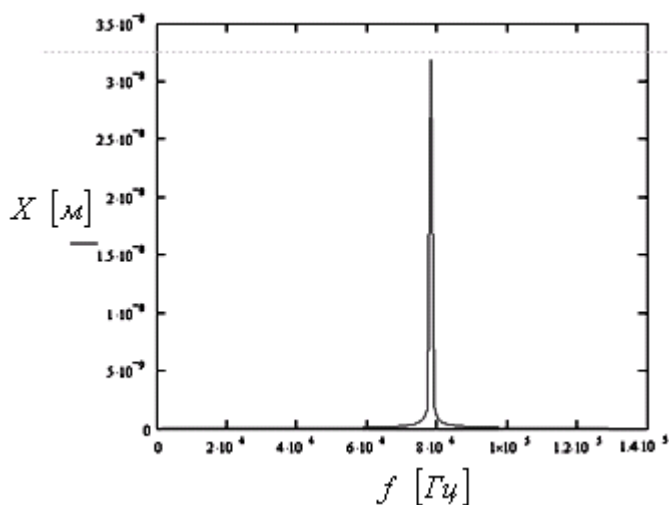


Рисунок 5 — Расчетный (эталонный) спектр обнаруженного при обследовании дефектного узла трения

В результате проведенных исследований были практически закреплены положения акустической диагностической модели. Проведено испытание конструкции установки для контроля качества узлов трения, а также способа диагностирования, построенного на анализе акустического сигнала генерируемого при трении.

Конструкция применяемого макета оформлена заявкой на изобретение №2006141903/28(045755): «Устройство для контроля качества подшипников». Описанный способ сбора и анализа данных оформлен заявкой на изобретение №2006141904/28(045756): «Способ для контроля качества узлов трения». Получены положительные заключения экспертной комиссии и решения о выдачи патентов.

На основании этих изобретений были реализованы устройство и способ для контроля узлов трения и формирования эталонных образцов.

**В четвертой главе** разрабатываются принципы построения виртуальных приборов для диагностики исполнительных механизмов аудиовизуальной техники. Даются соображения по выбору информационных сигналов в зависимости от задач

и типа исполнительного механизма, подбору первичных преобразователей, приводятся схемы реализации виртуальных комплексов. На примере авторских разработок промышленных виртуальных технических средств рассматриваются конструкционные особенности и функциональность приборов диагностирования температуры и по акустическому сигналу.

Структура диагностического комплекса представлена на рисунке 6.

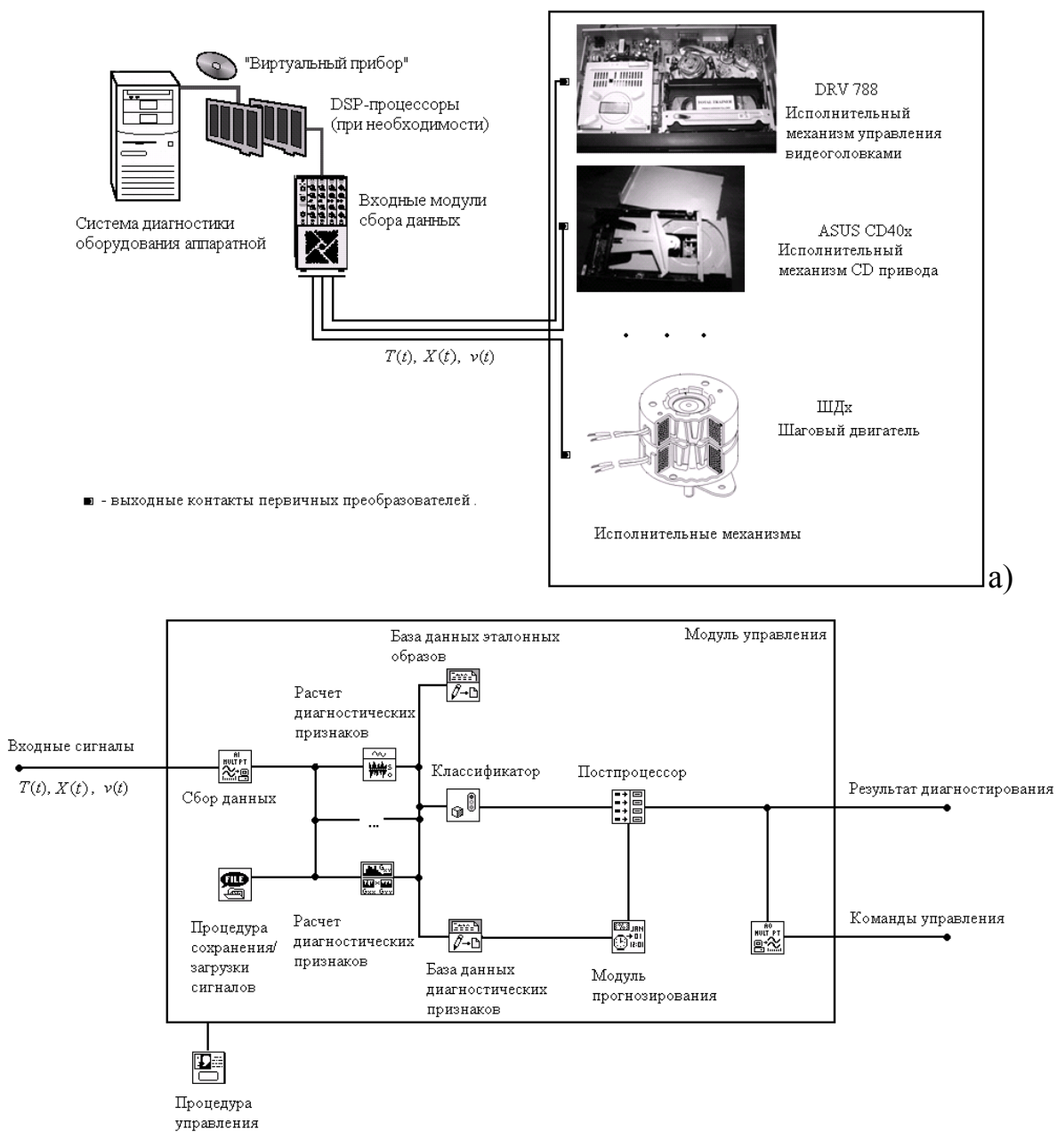


Рисунок 6 — Структура диагностического виртуального аппаратно-технологического комплекса, использующего температурный и акустический сигналы: а) аппаратная схема построения; б) структура программного блока

Проектирование аппаратной части виртуального прибора (рисунок 6, а) обосновано выбором первичных преобразователей (из учета требований к точности диагностирования, используемых диагностических моделей), платы сбора данных (по количеству точек диагностирования и параметрам первичных преобразователей), и электронно-вычислительной машины (требования программного обеспечения).

На основании требований к диагностическому комплексу разработана структура программной части виртуального прибора (рисунок 6, б). С помощью процедуры сбора данных происходит опрос используемых первичных преобразователей, выполняется расчет диагностических признаков для каждого информационного канала, формируется единая классифицирующая диагностическая функция и сравнивается ее значение с эталонными образцами, как для канала, так и всего объекта контроля в целом. Измеряемые диагностические признаки сохраняются в базе данных и служат для процедуры прогнозирования изменения технического состояния во времени. Обучение системы происходит путем ввода расчетных или измеренных характеристик «эталонных» объектов с последующим сохранением в базе данных эталонных образцов. Анализ состояния и его изменения для объекта контроля позволяет формировать команды управления, регулирующие его работу, а также планировать мероприятия по повышению его надежности и долговечности.

Практическая реализация принципов построения виртуального комплекса для диагностики трибосистемы по параметрам температуры представлена на рисунке 7.

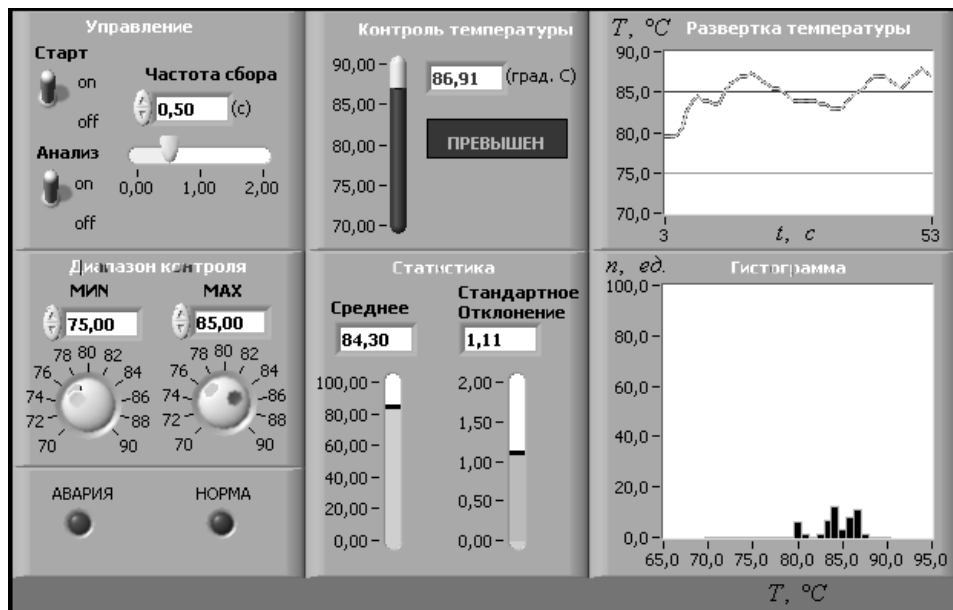


Рисунок 7 — Лицевая панель виртуального комплекса диагностирования исполнительного механизма по параметрам температуры

Практическая реализация принципов построения виртуального комплекса для диагностики трибосистемы по параметрам трибоакустического сигнала представлена на рисунке 8.

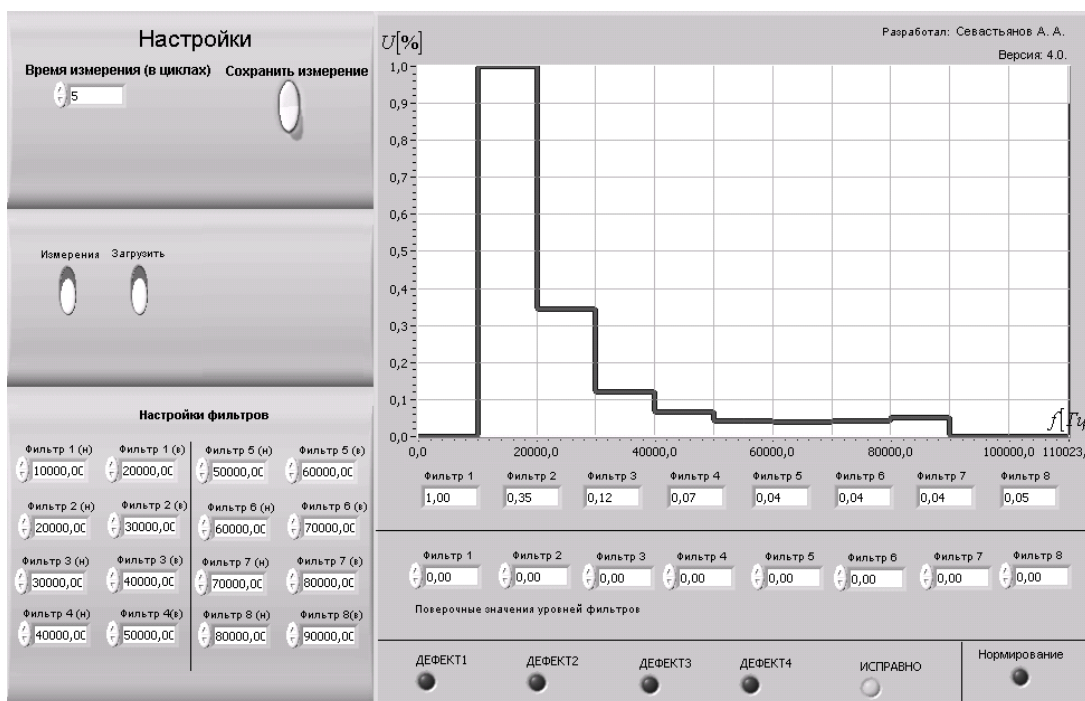


Рисунок 8 — Лицевая панель виртуального комплекса диагностирования исполнительного механизма по трибоакустическому сигналу

Для объединения теплового и акустического информационного сигнала при идентификации технического состояния применяются нейросетевые алгоритмы, что позволяет строить единый вектор диагностических параметров для всего объекта диагностирования. Рассмотрены практические принципы построения нейросетевого классификатора и постпроцессора (рисунок 9).

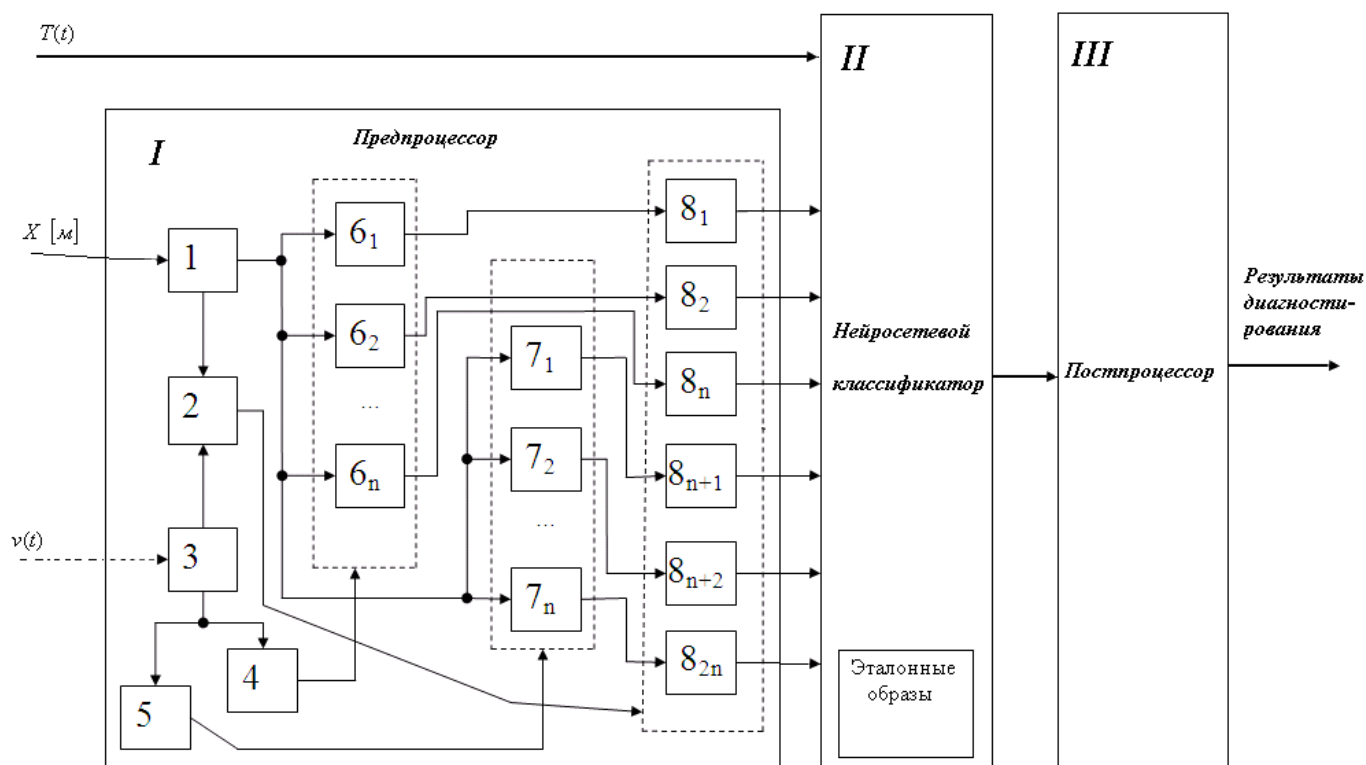


Рисунок 9 — Структура цифрового анализатора для диагностики трибосистемы

С первичных преобразователей (рисунок 9) сигнал температуры попадает непосредственно на нейросетевой классификатор II, акустический сигнал поступает на режимный переключатель 1. В режиме «Диагностика» он проходит на системы следящих фильтров «волнистость»  $6_1 \dots 6_n$  и «шероховатость»  $7_1 \dots 7_n$ , настраиваемых на информационные частоты. Амплитуды акустического сигнала в блоках  $8_1 \dots 8_n$  умножаются на регрессионные коэффициенты, определяемые в блоках 2. В режиме «Обучение» вводятся эталонные образы. В блоке нейросетевого классификатора II осуществляется обработка значений, поступающих с блоков

$\delta_1 \dots \delta_n$ . Блок постпроцессора — III производит идентификацию принадлежности объекта контроля к эталонным техническим диагнозам и выдачу результата диагностирования. Величина скорости движения поступает (или рассчитывается, если движение возможно смоделировать) на блок задатчика скорости 3. В блоках слежения частот «волнистости» 4, «шероховатости» 5 формируются величины полос пропускания для перестраиваемых следящих систем фильтров  $b_1 \dots b_n, 7_1 \dots 7_n$ .

Работоспособность виртуального комплекса опробована на оборудовании домашнего кинотеатра MBD-D102X.

## **ВЫВОДЫ**

Основные научные положения и практические результаты работы.

1. Осуществлено теоретическое обоснование применения рассматриваемых методов диагностирования исполнительных механизмов аудиовизуальной техники с целью повышения качества.

2. Показано, что наиболее перспективными техническими средствами являются виртуальные автоматизированные аппаратурно-технологические комплексы для диагностики оборудования.

3. Теоретически обоснована диагностическая модель, основанная на анализе трибоакустических характеристик узлов трения и носителей изображения и звука. Рассматриваемая модель использована для идентификации и прогнозирования изменения технического состояния, локализации дефектов.

4. Выполнена апробация методики диагностики исполнительных механизмов по термографическим и акустическим сигналам. Установлены границы применения каждого информационного сигнала.

5. Разработан способ контроля качества трибосистем исполнительных узлов и созданы трибоакустические образы для моделирования дефектов. Экспериментально показана эффективность трибоакустической модели.

6. Разработана экспериментальная установка для создания эталонных трибоакустических сигналов.

7. Разработан виртуальный автоматизированный аппаратурно-технологический диагностический комплекс для обеспечения заданного уровня качества функционирования системы цифрового кинематографа, который обеспечивает функции контроля параметров, мониторинга и прогнозирования технического состояния оборудования, реализует автоматическое управление вводом резервных модулей системы.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1) Севастьянов А.А. Lab View — будущее научных и промышленных исследований./ Сборник докладов Шестой научной сессии аспирантов и соискателей ГУАП, посвященной всемирному дню космонавтики. СПб.: ГУАП, 2003.

2) Севастьянов А.А. Разработка виртуальной системы контроля вибрации сложных комплексов./ Сборник тезисов «XI Туполевских чтений молодых учёных». Казань.: КГТУ им. Туполева, 2003.

3) Бочаров А.А., Севастьянов А.А., Явленский А.К. Исследование виброактивности шарикоподшипников с керамическими шариками./ Отчет о научно-исследовательской работе №:802д/с. СПб.: ГУАП, 2003.

Выполнение, анализ и обобщение результатов экспериментов по оценке технического состояния узлов трения. Положение о необходимости использования комплекса диагностических параметров.

4) Севастьянов А.А. Разработка алгоритмов контроля и диагностики виброактивности сложных технических комплексов./ Сборник докладов Седьмой научной сессии аспирантов и соискателей ГУАП, посвященной всемирному дню космонавтики. СПб.: ГУАП, 2004.

5) Севастьянов А.А. Разработка методики контроля и диагностики виброактивности в энергомашиностроении./ Тезисы докладов

«Десятой Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов». М.: МЭИ, 2004.

6) Севастьянов А.А. Разработка методики и средства диагностирования крупногабаритных подшипников./ Тезисы докладов «Всероссийской научной конференции студентов и аспирантов — молодые исследователи региону». Вологда.: ВТУ, 2004.

7) Севастьянов А.А., Явленский А.К. Диагностика подшипников мощных электрических машин./Сборник докладов Международной научной конференции «Электротехника, энергетика, экология-2004», посвященной 90-летию со дня рождения академика РАН И. А. Глебова. СПб.: ГУАП, 2004.

Выполнение, анализ и обобщение результатов экспериментов по оценке технического состояния электромеханических устройств по параметрам тепловизионных и вибрационных полей.

8) Севастьянов А.А. Контроль качества крупногабаритных подшипников./Сборник тезисов XX научной конференции студентов ГУАП, посвященной всемирному дню космонавтики. СПб.: ГУАП, 2005.

9) Севастьянов А.А. Диагностика качества функционирования механизмов аудиовизуальной техники по трибоакустическим характеристикам./ Материалы научно-технических конференций студентов и аспирантов институтов и факультетов СПбГУКиТ. СПб.: ГУКиТ, 2006.

10) Севастьянов А.А. Диагностика исполнительных механизмов аудиовизуальной техники./ Материалы научно-технических конференций студентов и аспирантов институтов и факультетов СПбГУКиТ. СПб.: ГУКиТ, 2007.

11) Prof. Dr. -Ing. A.K. Yawlensky; Prof. Dr. -Ing. A.A. Belousov; Dipl.-Ing. A. A. Melnikov; Dipl.-Ing. A. S. Sergeev; Dipl.-Ing. A. A. Sevastianov; Dipl.-Ing. K. A. Chavoronkov. Vibrodiagnostics of work machines. 3rd National Conference on Human Vibration. Dresden, BG-Akademie. 2007.

Разработка теоретической диагностической модели оценки технического состояния по трибохарактеристикам.



12) Севастьянов А.А. Разработка способа контроля качества узлов трения./ Материалы научно-технических конференций студентов и аспирантов институтов и факультетов СПбГУКиТ. СПб.: ГУКиТ, 2008.

13) Белоусов А. А., Явленский А. К. , Севастьянов А. А., Волков А. С., Жаворонков К. А. Разработка систем диагностики оборудования в цифровом кинематографе./ Журнал «Известия вузов. Приборостроение». СПб.: СПбГУИТМО, 2008.

Проектирование аппаратных и программных модулей автоматизированной аппаратурно-технологических комплексов для диагностики систем цифрового кинематографа.