

На правах рукописи

Бельчанская Елена Николаевна

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
АСБОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие
системы (в машиностроении)»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Волгоград – 2008

Работа выполнена на кафедре «Автоматики, электроники и вычислительной техники» Волжского политехнического института (филиала) Волгоградского государственного технического университета

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Шевчук Валерий Петрович.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Заярный Вячеслав Петрович.

кандидат технических наук, доцент
Чмутин Алексей Михайлович.

Ведущая организация ООО «Региональный центр
сертификации и метрологии».

Защита диссертации состоится 11 декабря 2008 г. в 12. часов на заседании диссертационного совета Д 212.028.05 при Волгоградском государственном техническом университете по адресу: 400131, г. Волгоград, пр. Ленина, д. 28, ауд. 209.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Волгоградского государственного технического университета.

Автореферат разослан «___» _____ 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Авдеюк О.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. На асботехнических предприятиях парк используемых приборов контроля, управления и измерения насчитывает тысячи единиц. Перед службами встают сложные задачи по обслуживанию такого огромного количества приборов небольшим штатом отдела метрологии. Это невозможно без современных информационных технологий. Анализ проблем, решаемых метрологической службой в процессе своей профессиональной деятельности, показал, что перечень задач можно разделить на четыре группы: административные, исследовательские, экспериментальные и расчетные задачи. Все созданные, на сегодняшний день, информационно-экспертные системы, направлены на автоматизацию деятельности метрологической службы и не имеют возможности решать экспериментальные и исследовательские задачи. Как правило, решаются только задачи учета и документооборота, сводя все введенные оператором данные в статическую базу с формированием отчетов и бланков. При этом остается открытым вопрос количественной оценки текущего технического состояния средств измерения, а именно их текущих метрологических характеристик. Поэтому создание системы диагностики каналов измерения, которая представляет собой комплексную систему текущего мониторинга технического состояния приборного парка предприятия, является актуальной проблемой.

Целью работы является создание интеллектуальной системы диагностики измерительных каналов асботехнического производства и исследование ее работоспособности. Для достижения цели в работе решены следующие **задачи**:

- проведен анализ современных асботехнических производств, метрологических характеристик приборного парка и задач диагностики средств измерений;
- разработана структура системы диагностики текущих метрологических характеристик каналов измерений;
- разработана математическая модель измерительной информации и проверена её адекватность по показаниям реальных средств измерений;
- выбрана математическая модель каналов измерения и управления;
- разработаны математические модели формирования методических динамических погрешностей в линейных и нелинейных информационно-измерительных каналах;
- разработаны алгоритм и методика текущей диагностики каналов измерения нестационарных параметров;
- разработаны алгоритм и методика текущей диагностики каналов измерения стационарных параметров;

Методы исследования. Для решения поставленных задач и достижения намеченной цели использовались методы математического моделирования, теории вероятностей и теории случайных процессов, теория автоматического управления. При организации и проведении экспериментов для отображения результатов имитационного моделирования были использованы пакет прикладных программ MathCAD и отечественная SCADA система Trace Mode.

Научная новизна. Основные результаты диссертационного исследования, имеющие научную новизну, заключаются в следующем:

1. Разработана структурная модель автоматизированного рабочего места метролога, отличающаяся от известных тем, что снабжена подсистемой текущей диагностики метрологических характеристик каналов измерения;
2. Разработаны математические модели формирования динамических методических погрешностей для линейных и нелинейных измерительных каналов, отличающиеся от известных тем, что учитывают влияние динамической характеристики цифро-аналогового преобразователя на погрешность измерения;
3. Разработана новая методика диагностики состояния каналов измерения нестационарных параметров технологического процесса, функционирующая в реальном масштабе времени;
4. Разработана новая методика диагностики состояния каналов измерения стационарных параметров технологического процесса, функционирующая в реальном масштабе времени.

Практическая ценность исследования. Разработанная интеллектуальная система диагностики предназначена для проведения текущей диагностики каналов измерения, что позволяет в реальном масштабе времени определять их техническое состояние, а значит, предоставляется возможность проведения диагностики информационно-измерительных систем в ходе технологического процесса.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международной научно-технической конференции «Системные проблемы надежности, качества, информационных и электронных технологий» (ИННОВАТИКА-2006, г. Сочи), Всероссийской научно-технической конференции «Информационные системы и модели в научных исследованиях, промышленности и экологии» (г. Тула, 2006 г.), XII Межвузовской научно-практической конференции студентов и молодых ученых (г. Волжский, 2006 г.), Всероссийской научно-технической конференции «Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов» (г. Пенза, 2003 г.) Всероссийской заочной конференции «Перспективы развития Волжского региона» (г. Тверь, 2002 г.).

Внедрение результатов работы. Все разработанные алгоритмы, методики диагностики и математические модели включены в базу данных автоматизированного рабочего места метролога, внедренного в метрологической службе ОАО «Волжский завод асбестовых технических изделий» (ВАТИ). Разработанная экспериментальная установка используется филиалом МЭИ(ТУ) в г. Волжском, для проведения лабораторных занятий по дисциплинам «Интегрированные системы проектирования и управления» и «Технические средства автоматизации».

Достоверность результатов исследований подтверждена методом имитационного моделирования и результатами экспериментов. Эксперименты по проверке адекватности моделей сигналов и объектов проводились на ОАО «ВАТИ». Эксперименты по проверке работоспособности алгоритмов

диагностики проводились на экспериментальной установке, созданной специально для этих целей. Результаты работы **внедрены** в производство и учебный процесс, что подтверждается актами внедрения.

Положения, выносимые на защиту.

1. Структурная модель автоматизированного рабочего места метролога;
2. Математические модели методических динамических погрешностей линейных и нелинейных измерительных каналов;
3. Алгоритм и методика диагностики состояния каналов измерения нестационарных параметров технологического процесса;
4. Алгоритм и методика диагностики состояния каналов измерения стационарных параметров технологического процесса.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 10 научных журналах и сборниках трудов международных и межвузовских конференций, из них одна работа в журнале по перечню ВАК Минобразования и науки РФ.

Лично автором проведены следующие этапы научного исследования:

1. При разработке методик диагностики состояния каналов измерения автором были сформулированы алгоритмы диагностики;
2. При выборе математических моделей сигналов, лично автором проведены все экспериментальные исследования и проверка адекватности выбранных моделей;
3. При разработке математических моделей методических динамических моделей погрешностей, лично автором проведены аналитические расчеты и выкладки, а также проверка адекватности моделей моделированием на физической экспериментальной установке.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы и приложений, общим объемом 165 страниц, из них 158 страниц основного текста, 49 рисунков, 71 источник литературы, 3 приложения.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость результатов работы, кратко изложено содержание диссертационной работы, приведены данные о структуре и объеме работы.

В первой главе диссертации приводится анализ особенностей производства асбестовых технических изделий, анализ систем автоматического управления асботехнических производств, анализ метрологических характеристик и задач диагностики средств измерений, анализ пакетов прикладных программ для диагностики каналов измерения.

Технический прогресс, совершенствование технологических процессов, производство точных, надежных и долговечных машин и приборов, повышение качества продукции, обеспечение взаимозаменяемости и кооперирования производства невозможны без развития метрологии и постоянного

совершенствования техники измерений. Современные средства измерений невозможно представить без программного обеспечения, предназначенного для сбора, передачи, обработки, хранения и представления измерительной информации. При этом у пользователей таких средств измерений должна быть уверенность в том, что программное обеспечение адекватно выполняет свои функции и не вносит никаких искажений в потоки измерительной информации. Возможности современных программных средств позволяют вывести систему метрологического обеспечения на новый уровень эффективности, то есть существенно повысив производительность, оперативность и качество работы метрологов, поэтому многие предприятия заинтересованы во внедрении компьютерной системы автоматизации метрологического обеспечения [3,4]. В России разработаны достаточно мощные и универсальные системы для автоматизации метрологического учета и контроля, но эти системы не решают задач текущей диагностики каналов измерений.

Вторая глава посвящена планированию и проведению эксперимента для исследования свойств измерительной информации, исследованию адекватности математических моделей измерительной информации, выбору математических моделей каналов управления, разработке структуры автоматизированного рабочего места (АРМ) метролога.

Для построения математических моделей измерительных сигналов был проведен эксперимент на предприятии ОАО «ВАТИ», в результате которого были получены данные о текущих изменениях ряда параметров технологического процесса производства «Паронит-1» (давления и расхода пара на распределительном устройстве, давления и расхода воздуха КИП и многих других). При обработке экспериментальных данных использовалось время наблюдения, равное одним суткам. Для примера, на рисунке 1 представлен график изменения давления воздуха КИП. По данным экспериментальных реализаций для каждого технологического параметра были рассчитаны статистические характеристики: математическое ожидание, дисперсия и корреляционная функция:

$$m_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i \quad (1)$$

$$D_0 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N [P_i - m_0]^2 \quad (2)$$

$$K_k = \frac{1}{N-k-1} \cdot \left[\sum_{i=0}^{N-k-1} ((P_i - m_0) \cdot (P_{i+k} - m_0)) \right] \quad (3)$$

В формулах (1), (2), (3) N- объем выборки, P_i – текущее значение давления, K_k - k-тое текущее значение корреляционной функции. Результаты расчетов и аппроксимации для одного из параметров процесса - давления воздуха КИП показаны на рисунке 2.

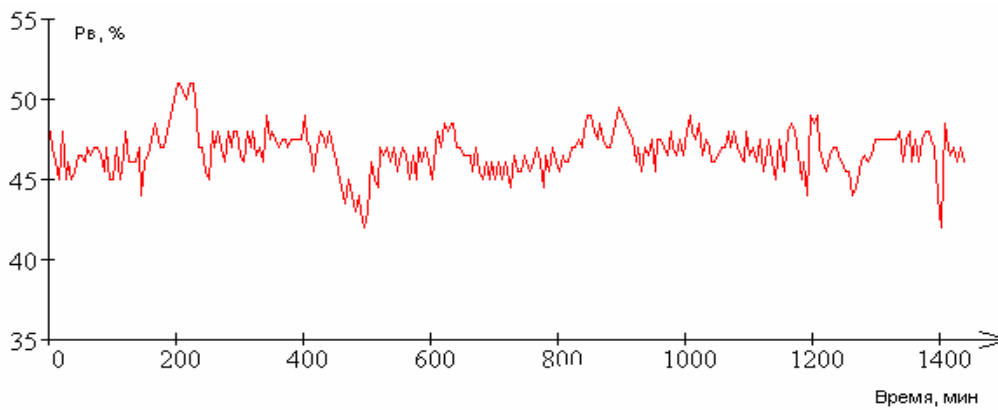


Рисунок 1 – Экспериментальная реализация изменения давления воздуха КИП

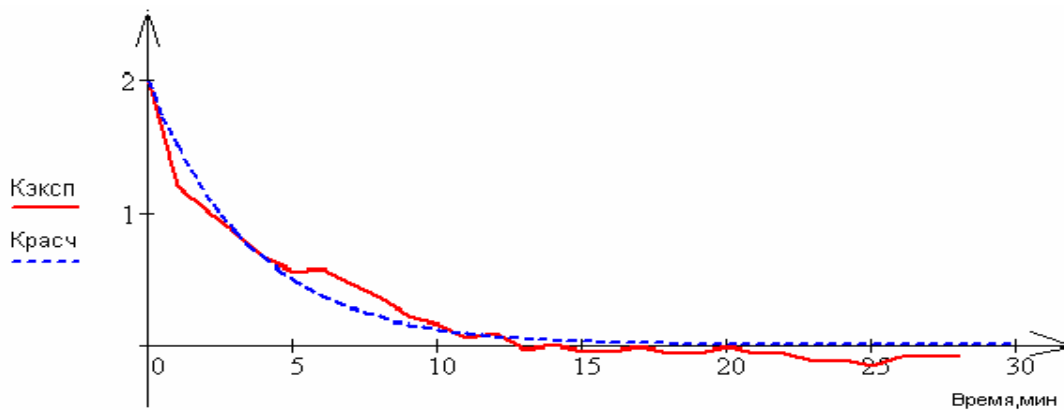


Рисунок 2 - Экспериментальная (сплошная) и модельная (пунктир) корреляционные функции давления воздуха КИП

Основными компонентами математической модели погрешности измерительной информации являются динамические характеристики каналов обработки информации и свойства сигналов (полезного и помехи) [9]. Если динамические характеристики выбираются, то свойства сигналов должны моделироваться и, следовательно, необходимо сформировать математическую модель случайного сигнала. Любой стационарный случайный процесс может быть с необходимой степенью точности описан корреляционной функцией, а результаты математических расчетов, основанных на экспоненциальных корреляционных функциях, можно распространить на более широкий класс полученных на практике корреляционных функций. Поэтому в качестве **модели измеряемого сигнала $X(t)$** естественно использовать корреляционную функцию:

$$K_x(\tau) = D_x e^{-\alpha|\tau|} \quad (4)$$

Свойство эргодичности случайных процессов позволяет проводить все необходимые наблюдения для определения характеристик на одном объекте и дает возможность перейти от усреднения по ансамблю к усреднению по времени. **Математическая модель каналов управления** komponуется

согласно классической схеме многосвязного объекта и выбрана как неминимальнофазовое аperiodическое звено [8]:

$$W_{ij} = \frac{k_i}{T_i P + 1} e^{-P\tau_i} \quad (5)$$

где k_i – коэффициент усиления по i -тому каналу управления, T_i – постоянная времени i -того канала управления, τ_i – время запаздывания i -того канала управления. Модель наиболее приспособлена к случайному характеру изменения сигналов хотя бы потому, что имеет экспоненциальный характер изменения динамических характеристик, как и у корреляционных функций измерительных сигналов.

Исследования, проведенные с пятьюдесятью параметрами технологического процесса, позволили математическую модель измерительного сигнала (4) рекомендовать для всех измерительных сигналов асбестотехнического производства.

Таблица 1 – Экспериментальные корреляционные функции четырех измерительных сигналов.

Наименование	Математическое ожидание, m_0	Дисперсия, D_0	Модель сигнала
Давление воздуха, $Pв(t)$	46,746	1,976	$K_{Pв}(t) = 1,976 \cdot e^{-0.278t}$
Расход воздуха, $Qв(t)$	39,723	0,928	$K_{Qв}(t) = 0,928 \cdot e^{-0.238t}$
Давление пара, $Pп(t)$	61,723	1,128	$K_{Pп}(t) = 1,128 \cdot e^{-0.27t}$
Расход пара, $Qп(t)$	52,723	0,928	$K_{Qп}(t) = 0,928 \cdot e^{-0.36t}$

Значения математических ожиданий и дисперсий для четырех, самых распространенных хозрасчетных и моделированных измерительных сигналов представлены в таблице 1. Для примера на рисунке 2 (пунктирной линией) представлена модельная корреляционная функция давления воздуха КИП. Проверка адекватности математических моделей измерительного сигнала осуществлялась на созданной для этих целей экспериментальной установке. Результаты эксперимента по проверке соответствия моделируемых статистических характеристик случайного сигнала, формируемых генератором случайных процессов и эталонным (реальным) представлены в таблице 2. Сравнение рассчитанных значений критериев с табличными показало, что математическое ожидание, дисперсия и скорость изменения моделируемых сигналов отличаются от заданных значений несущественно и, следовательно, нулевая гипотеза о соответствии характеристик моделируемых случайных сигналов заданным верна.

Анализ проблем, решаемых метрологической службой предприятия показал, что перечень задач можно разделить на три группы: административные, исследовательские и расчетные задачи.

Таблица 2 – Критерии оценки адекватности математических моделей измерительных сигналов

Канал	Давление воздуха, Рв	Расход воздуха, Qв	Давление пара, Рп	Расход пара, Qп
Заданное математическое ожидание, m_0	46,76	39,723	61,723	51,723
Моделируемое математическое ожидание случайного процесса, m^i_v	45,12	40,02	60,62	52,18
t-критерий оценки адекватности расчетный	0,481	1,279	0,719	1,314
t-критерий оценки адекватности табличный, $t_{кр}$	2,01	2	1,97	2
Заданная дисперсии, D_0	1,976	0,928	1,128	0,928
Моделируемая дисперсия случайного процесса, D^i_v	1,92	0,97	1,16	0,92
Критерий Фишера расчетный, F	1,098	1,203	1,187	1,147
Критерий Фишера табличный, $F_{табл.}$	1,46	1,38	1,27	1,37
Заданный коэффициент корреляции при $n=1$ и $T_s=1$ сек.	0,437	0,578	0,461	0,541
Модельный коэффициент корреляции при $n=1$ и $T_s=1$ сек.	0,6	0,52	0,408	0,536
t-критерий оценки адекватности корреляционных функций	1,594	1,106	1,474	0,063

На сегодняшний день не создано ни одной системы диагностики, направленной на автоматизацию деятельности метрологической службы и касающейся такого вида задач как экспериментальные и исследовательские задачи. Таким образом, исследования показали, что автоматизированное рабочее место метролога должно представлять собой, комплексную систему текущего мониторинга технического состояния приборного парка предприятия.

Структура такой системы представлена на рисунке 3 (здесь, информационно-измерительная система – это система приборного оформления каждого производственного участка). Система состоит из трех следующих видов обеспечений: информационное, программное и техническое обеспечение [1,2,5,6]. **Информационное обеспечение** представляет собой базу экспериментальных данных и базу технических характеристик. База экспериментальных данных содержит информацию об основных показателях каналов измерения и предназначена для получения эмпирических моделей сигналов и отдельных динамических характеристик каналов управления. Совокупность этих двух баз данных образуют базу знаний данных автоматизированного рабочего места метролога и системы диагностики в целом. **Программное обеспечение АРМ** включает в себя систему управления базой экспериментальных данных, которая обеспечивает добавление, редактирование, удаление и поиск информации в базе экспериментальных данных. Система интеллектуального анализа данных обеспечивает построение эмпирических моделей на основе программ анализа информации в базе экспериментальных данных и ведение базы технических характеристик.

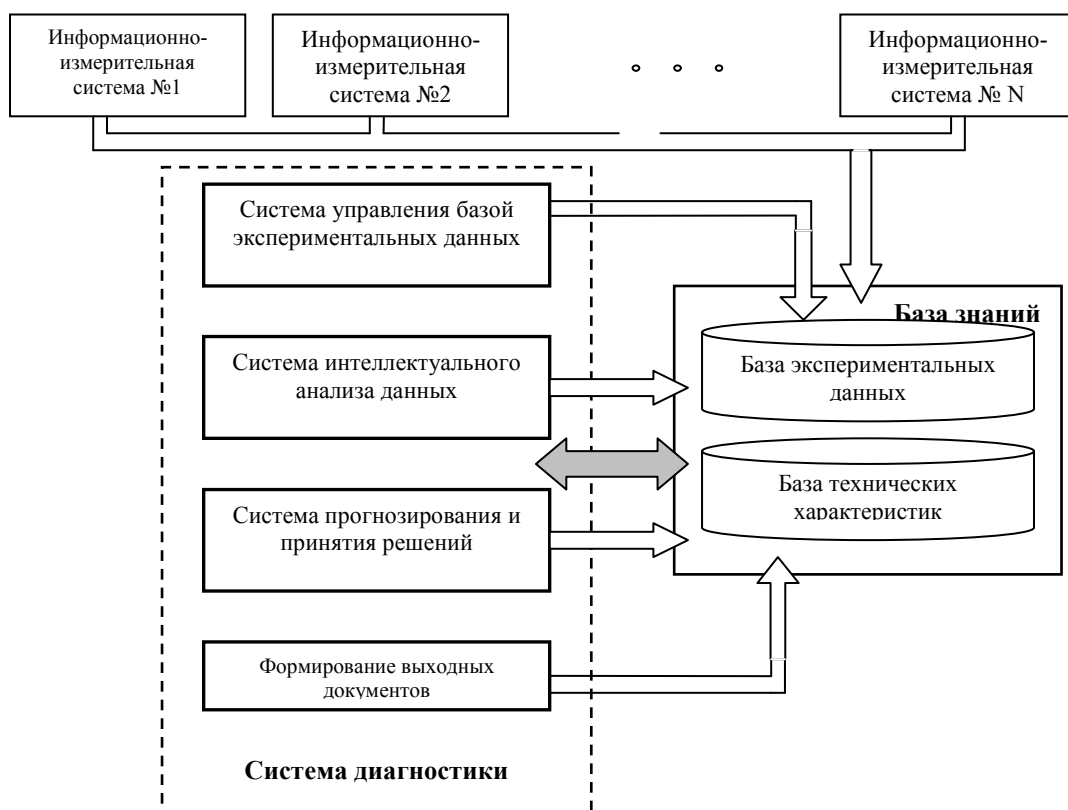


Рисунок 3 - Структурная модель автоматизированного рабочего места метролога

Система прогнозирования и принятия решений обеспечивает функционирование алгоритмов диагностики. Система формирования выходных документов предназначена для оформления отчетной документации [2,4].

В третьей главе представлены модели компонентов измерительного канала, модели методических динамических погрешностей типовых каналов измерения, проверка адекватности математических моделей.

Структура измерительного канала в современных измерительных системах обычно принимается такой как показано на рисунке 4.

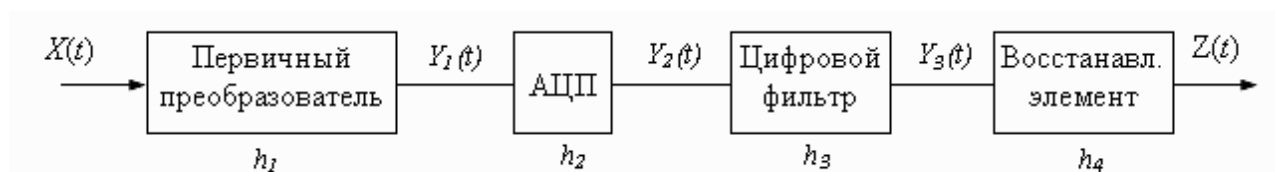


Рисунок 4- Структура типового измерительного канала

На этой обобщенной структурной схеме типового измерительного канала приняты следующие обозначения: $X(t)$ – сигнал на входе измерительного канала, $Z(t)$ – выходной сигнал измерительного канала, $h_1(t)$ – эквивалентная весовая функция аналоговой части канала (последовательное соединение термометра сопротивления и нормирующего преобразователя), $h_2(t)$ – эквивалентная весовая функция аналого-цифрового преобразователя, $h_3(t)$ – эквивалентная весовая функция цифровой части измерительного канала (цифровой фильтр), $h_4(t)$ – весовая функция восстанавливающего элемента (ЦАП). Если несколько

линейных аналоговых преобразователей соединены между собой последовательно, то весовая функция измерительного канала равна свертке весовых функций преобразователей:

$$h(t) = h_1(t) * h_2(t) * h_3(t) * h_4(t) \quad (6)$$

где * – символ операции свертки.

В соответствии с принятой аппроксимацией динамических свойств первичного преобразователя аperiodическим звеном первого порядка (5), импульсная функция **первичного преобразователя** имеет вид:

$$h_1(t) = \frac{K_1}{T_1} e^{-\frac{t}{T_1}} \quad (7)$$

Модель **аналого-цифрового преобразователя**, имеет вид:

$$h_2(t) = A \cdot \delta(t) \text{ или } h_2(t) = \begin{cases} A/T_c, & \text{при } 0 < t < T_c \\ 0, & \text{вне интервала,} \end{cases} \quad (8)$$

где T_c - время измерения.

Динамические характеристики **цифрового фильтра** целесообразно выбрать в виде:

$$h_3(t) = \frac{K_3}{T_3} e^{-\frac{t}{T_3}} \quad (9)$$

Учитывая условие физической реализуемости восстанавливающего элемента $h_4(t) = 0$ при $t \leq 0$, весовая функция **восстанавливающего элемента** выбирается в виде прямоугольного импульса:

$$h_4(t) = \begin{cases} 1/T_s, & \text{при } 0 < t < T_s \\ 0, & \text{вне интервала,} \end{cases} \quad (10)$$

где T_s – интервал времени между соседними замерами (период опроса).

На рисунке 5 представлена схема выделения погрешности обработки информации в интеллектуальном измерительном канале.

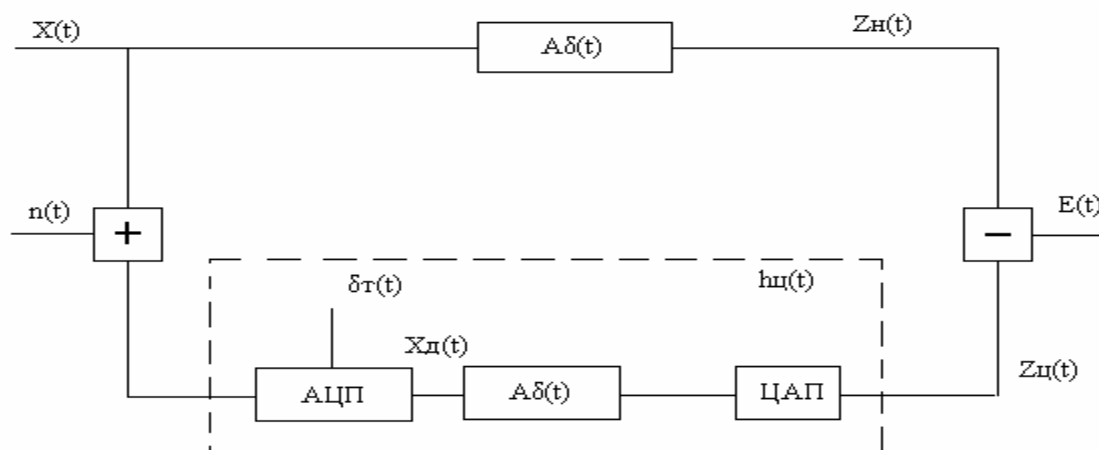


Рисунок 5 – Схема выделения погрешности обработки информации в безинерционном программно-аппаратном измерительном канале

Предполагая весовую функцию идеального канала нормированной, а все случайные сигналы стационарными и эргодическими, математическая модель формирования методической динамической погрешности в общем виде будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
 K_e(\tau) = & \int \int_{v m} h_n(v) h_n(\mu) K_x(\tau - \mu + v) dv d\mu + \\
 & + \int \int_{v m} h_n(v) h_{\text{ц}}(\mu) K_x(\tau - \mu + v) dv d\mu - \\
 & - \int \int_{v m} h_{\text{ц}}(v) h_n(\mu) K_x(\tau - \mu + v) dv d\mu - \\
 & - \int \int_{v m} h_{\text{ц}}(v) h_{\text{ц}}(\mu) (K_x(\tau - \mu + v) + K_n(\tau - \mu + v)) dv d\mu
 \end{aligned} \tag{11}$$

Для безинерционного измерительного **линейного** канала со статической и динамической характеристикой:

$$Y(t) = A \cdot X(t) + B, \quad h(t) = A\delta(t), \tag{12}$$

где A- коэффициент передачи; B – начало шкалы.

Подстановка моделей (6,7,8,9,10, 12) в (11) позволяет получить относительную погрешность цифровой обработки линейного канала в случае коррелированной помехи, наложенной на входной сигнал:

$$O = \frac{Ge^2}{Gx^2} = 2 \cdot A^2 \cdot \left[1 + \frac{S}{\alpha \cdot b \cdot T_S} \cdot (1 - e^{-\alpha \cdot b \cdot T_S}) - \frac{1}{\alpha \cdot T_S} (1 - e^{-\alpha \cdot T_S}) \right], \tag{13}$$

где Ge^2 - дисперсия ошибки обработки данных; Gx^2 - дисперсия обрабатываемого сигнала; S – уровень помехи; α - скорость сигнала; b - быстрота помехи ; T_s - период опроса датчиков.

Основным видом **квадратической нелинейности** является нелинейный преобразователь со статической и динамической характеристикой вида:

$$y(t) = A \cdot \sqrt{x(t)}, \quad h(t) = \frac{A}{2 \cdot \sqrt{Mx}} \cdot \delta(t) \quad (14)$$

где A – коэффициент передачи; $X(t)$ -измеряемый сигнал, подаваемый в информационно-измерительную систему.

Подстановка (6,7,8,9,10, 14) в (11) позволяет получить относительную погрешность обработки и передачи данных сигнала при использовании в информационно-измерительном канале с квадратической нелинейностью в случае коррелированной помехи, наложенной на входной сигнал:

$$O = \frac{Ge^2}{Gx^2} = \frac{2A^2}{4Mx} \cdot \left[1 + \frac{S}{2 \cdot b \cdot \alpha \cdot Ts} \cdot (1 - e^{-b\alpha Ts}) - \frac{1}{\alpha Ts} \cdot (1 - e^{-\alpha Ts}) \right], \quad (15)$$

где A - диапазон шкалы; T_s - период опроса датчиков; S - уровень помехи; b - быстрота помехи; a - скорость изменения сигнала.

Основным видом **полиномиальной нелинейности** является нелинейный преобразователь со статической и динамической характеристикой вида:

$$Y(t) = A \cdot X^2(t) + B \cdot X(t) + C, \quad h(t) = (2 \cdot A \cdot Mx + B)\delta(t) \quad (16)$$

где A – коэффициент передачи; B – линейризованное начало шкалы датчика; C –теоретическое начало шкалы; $X(t)$ –измеряемый сигнал, подаваемый в информационно-измерительную систему .

Подстановка (6,7,8,9,10, 16) в (11) позволяет получить относительную погрешность обработки и передачи данных сигнала при использовании в информационно-измерительном канале полиномиальной нелинейности, когда на сигнал обрабатываемый информационно-измерительной системой действует аддитивно **коррелированная помеха**:

$$O = \frac{Ge^2}{Gx^2} = 2 \cdot (2 \cdot A \cdot Mx + B)^2 \cdot \left[1 + \frac{S}{2 \cdot b \cdot \alpha \cdot Ts} \cdot (1 - e^{-b\alpha Ts}) - \frac{1}{\alpha \cdot Ts} \cdot (1 - e^{-\alpha Ts}) \right] \quad (17)$$

где Ge^2 - дисперсия ошибки обработки данных; Gx^2 - дисперсия обрабатываемого сигнала; A - чувствительность датчика; B - линейризованное начало шкалы; Mx – точка линейризации; b - относительная скорость помехи; α - скорость изменения полезного сигнала; T_s - период опроса датчиков .

Проверка адекватности математических моделей проводилась экспериментально на установке и имитационным методом. На основе полученных результатов были построены графики, из которых видно, что в области средних значений периода опроса датчиков наблюдается ярко выраженный минимум зависимости погрешности от периода опроса датчиков. Таким образом, при наличии помехи измерения существуют оптимальные режимы функционирования программно-аппаратного канала обработки данных в информационно-измерительной системе. Причем, чем больше скорость изменения помехи, тем левее смещается положение оптимального режима (т.е. в область малых периодов опроса). Чем медленнее изменяется помеха, тем выше величина оптимума. Это связано с тем, что скорость помехи и скорость сигнала становятся соизмеримыми и информационно-измерительная система воспринимает помеху как полезный сигнал. Таким образом, коррелированная помеха при $\alpha T_s \rightarrow 0$ проявляет себя как «белый шум», а при $\alpha T_s \rightarrow \infty$ проявляет себя как полезный сигнал, и лишь в области средних αT_s помеха может быть эффективно отделена от полезного сигнала и учтена при проектировании информационно-измерительной системы. Следовательно, полученные во второй главе математические модели могут использоваться для оптимизации режимных параметров измерительных каналов путем минимизации дисперсии ошибки обработки.

Четвертая глава посвящена исследованию и разработке алгоритмов и методик диагностики стационарных и нестационарных параметров технологических процессов. Исследование работоспособности алгоритмов диагностики проводилось на специально созданной, для этих целей, экспериментальной установке.

Для диагностики каналов измерений разработан пакет прикладных программ в автоматизированном рабочем месте метролога при помощи пакета прикладных программ «DIAG». Пакет состоит из программы «DIAG 1» для диагностики технического каналов измерения по обработке нестационарных параметров; и программы «DIAG 2» для диагностики каналов измерения по обработке стационарных параметров. В начале диагностики принимается решение о диагностике по входным (X) или выходным (Y) параметрам технологического процесса. При выборе входного параметра осуществляется переход в подпрограмму «DIAG-1» При выборе выходного параметра осуществляется переход в программу «DIAG-2». По результатам диагностики принимается решение о состоянии прибора и формируется отчет о диагностике по входным и выходным параметрам на основании, которого можно принять решение о дальнейшей эксплуатации или ремонте и внеочередной поверке средств измерений.

Для проверки работоспособности предложенных методик использовалась экспериментальная установка, которая состоит из трех блоков: блок 1- Trace Mode , блок 2 – контроллер DeCont ,блок 3 – диагностируемый прибор. Исследование работоспособности проводилось методом сравнения показаний эталонного прибора с показаниями диагностируемого прибора по критерию Фишера. Анализ результатов эксперимента показывает, что на всем

интервале измерений прибора значение критерия Фишера меньше табличного, что позволяет сделать вывод об адекватности показаний прибора. Сравнение значений дисперсий, полученных опытным путем и вычисленных по математическим моделям, позволяет сделать вывод об адекватности математических моделей формирования погрешностей (13,15,17).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ

На основании исследований проведенных в диссертационной работе, получены следующие результаты и выводы:

1. Проведен анализ современных асботехнических производств, анализ метрологических характеристик приборного парка и задач диагностики, анализ существующих пакетов прикладных программ для диагностики средств измерения.
2. Разработаны математические модели измерительных сигналов и выбраны динамические характеристики каналов управления, адекватность которых проверена по показаниям реальных средств измерений. Модели включены в базу знаний автоматизированного рабочего места метролога;
3. Разработана структурная модель автоматизированного рабочего места метролога. Структура системы отличается от известных тем, что снабжена подсистемой текущей диагностики метрологических характеристик каналов измерения;
4. Разработаны математические модели формирования методических динамических погрешностей в типовых линейных и нелинейных информационно-измерительных каналах, отличающиеся от известных тем, что учитывают влияние динамической характеристики цифро-аналогового преобразователя на погрешность обработки измерительной информации.
5. Разработаны новые алгоритмы и методики диагностики каналов измерения нестационарных и стационарных параметров технологических процессов, функционирующие в реальном масштабе времени.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные труды в журналах из перечня ВАК РФ

1. Бельчанская Е.Н. Экспертная система диагностики технического состояния приборов. /Бельчанская Е.Н., Шевчук В.П., Кириенко Е.Н, Мазин Г.С. //Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика.-2008.-№7.

Научные работы в других изданиях

2. Гудкова Е.Н. Экспертная система технического состояния приборов / Гудкова Е.Н., Кириенко Е.Н., Мазин Г.С. // Ресурсо-энергосбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции / Сборник научных статей. – Волжский: Филиал ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском, 2007 – С. 148-151

3. Гудкова Е.Н. Информационные потоки в базе знаний автоматизированного рабочего места метролога/ Гудкова Е.Н., Кириенко Е.Н., Осипов П.В.// Ресурсо-энергосбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции / Сборник научных статей. – Волжский: Филиал ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском, 2007 – С. 218-221
4. Гудкова Е.Н. Концептуальное проектирование интеллектуальных измерительных и управляющих систем / Гудкова Е.Н., Шевчук В.П., Мокичева Ю.В., Еремин Д.В., Коровина Е.В., Качегин Д.А., Грошев Н.А., Загребин В.А., Бочаров М.Г., Кириенко Е.Н., // Системные проблемы надежности, качества, информационных и электронных технологий в инновационных проектах (Инноватика-2006). / Материалы Международной конференции и Российской научной школы. Часть 1. – М.: Радио и связь, 2006 – С. 59-60
5. Гудкова Е.Н. Программное обеспечение экспертной системы диагностики автоматизированной системы управления / Гудкова Е.Н., Шевчук В.П., Кириенко Е.Н., // Системные проблемы надежности, качества, информационных и электронных технологий в инновационных проектах (Инноватика-2006). / Материалы Международной конференции и Российской научной школы. Часть 1. – М.: Радио и связь, 2006 – С. 37-38
6. Гудкова Е.Н. Экспертная система диагностики технического состояния приборов// Тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции. Информационные системы и модели в научных исследованиях, промышленности и экологии – Тула, июнь, 2006 – Часть 1 - С. 160-161
7. Гудкова Е.Н. Обеспечение эффективности измерений на основе экспертной системы диагностики автоматизированных систем управления / Гудкова Е.Н., Шевчук В.П., Осипов П.В. // Двенадцатая межвузовская научно-практическая конференция молодых ученых и студентов: Тезисы докладов. В 4-х т. Т. 4. – Волжский: Филиал ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском, 2006 – С. 12-13
8. Гудкова Е.Н. Оптимизация управления процессом адсорбции // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей Всероссийской научно-технической конференции.- Пенза, 2003 - С. 89
9. Гудкова Е.Н. Анализ и синтез алгоритмов управления многосвязными технологическими объектами/ Гудкова Е.Н., Медведева Л.И.// Перспективы развития Волжского региона: Материалы Всероссийской заочной конференции.- Вып.4- Тверь: ТГТУ: Лилия Принт, 2002.- С. 119-120
10. Гудкова Е.Н. Исследование свойств средств измерения давления// II Межвузовская научно-практическая конференция студентов и молодых ученых, г. Волжский.: Тезисы докладов : Изд-во ТОО «Полиграфист», 1997 – С. 183

Подписано в печать _____ 2008 г. Заказ № _____. Тираж 100 экз. Печ. л. 1,0.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Типография РПК «Политехник»
Волгоградского государственного технического университета
400131, Волгоград, ул. Советская, 35