

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И  
СПОРТА УКРАИНЫ**  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

**А.А. Зори, С.И. Клевцов, В.Д. Коренев,  
О.Н. Пьявченко, М.Г. Хламов**

**Информационно-измерительные системы.  
Применение интеллектуальных модулей, методов и  
средств повышения точности физических измерений**

К 90-летию Донецкого национального  
технического университета

Донецк-2011

УДК 681.518 + 681.325.5  
И 74

Рекомендовано к печати Ученым Советом государственного высшего учебного заведения «Донецкий национальный технический университет» (протокол №4 от 22.04.2011).

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

*Ю. А. Скрипник* – доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации и компьютерных систем Киевского национального университета технологий и дизайна;

*Е. Т. Володарский* – доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации экспериментальных исследований Киевского национального технического университета Украины (КПИ);

*А. А. Ксргин* – доктор технических наук, профессор, декан физического факультета Донецкого национального университета, заведующий кафедрой компьютерных технологий.

**Информационно-измерительные системы.** Применение интеллектуальных модулей, методов и средств повышения точности физических измерений: монография / А.А. Зори, С.И. Клевцов, В.Д. Коренев и др. – Донецк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – 206 с.: ил. 61, табл. 2. – Библиогр.: с. 198-205 (71 назв.).

ISBN 978-966-377-108-3

В монографии рассмотрены вопросы повышения точности информационно-измерительных систем. Приведен анализ и показано практическое применение консервативных, структурных и структурно-алгоритмических методов снижения инструментальных погрешностей средств измерений для гидрофизических исследований. Изложены вопросы построения высокоточных интеллектуальных датчиков физических величин на основе локальных информационных микропроцессорных систем. Книга будет полезной для научных работников, инженеров, аспирантов и студентов, специализирующихся в области измерительной техники и приборостроения.

УДК 681.518 + 681.325.5

У монографії розглянуті питання підвищення точності інформаційно-вимірювальних систем. Приведений аналіз і показано практичне застосування консервативних, структурних і структурно-алгоритмічних методів зниження інструментальних похибок засобів вимірювань для гідрофізичних досліджень. Викладені питання побудови високоточних інтелектуальних датчиків фізичних величин на основі локальних інформаційних мікропроцесорних систем. Книга буде корисною для науковців, інженерів, аспірантів і студентів, що спеціалізуються в області вимірювальної техніки і приладобудування.

ISBN 978-966-377-108-3

© Зори А.А., Клевцов С.И., Коренев В.Д.,  
Пьявченко О.Н., Хламов М.Г., 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b>	6
<b>Часть 1</b>	8
<b>1 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И МОДУЛИ</b>	8
1.1 Особенности и структура мономодульной локальной информационной микрокомпьютерной системы	8
1.1.1 Общесистемные требования	8
1.1.2 Структура локальной информационной микрокомпьютерной системы	12
1.2 Техничко-экономические требования. Погрешности	15
1.2.1 Техничко-экономические требования	15
1.2.2 Предварительная оценка погрешностей	21
1.2.3 Оценка погрешностей преобразования и измерения физических переменных	24
1.3 Модели интеллектуальных микропроцессорных модулей информационных микрокомпьютерных систем	31
1.4 Блочные структуры интеллектуальных микропроцессорных модулей мономодульных локальных информационных микрокомпьютерных систем	45
<b>2 АЛГОРИТМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ МОДУЛЕЙ</b>	53
2.1 Алгоритмы функционирования интеллектуальных микропроцессорных модулей	53
2.2 Модель работы интеллектуального микропроцессорного модуля интеллектуального датчика давления в реальном времени	61
2.3 Методы и алгоритмы первичной обработки аналоговых сигналов в интеллектуальных микропроцессорных модулях	76
2.3.1 Задачи аналоговой обработки	76

2.3.2	Задача аналого-цифрового преобразования	77
2.3.3	Проверка значений сигналов датчиков	77
2.3.4	Подавление импульсных помех (пиков)	81
2.3.5	Методы вычислений усредненных значений сигнала датчика	86
<b>3</b>	<b>АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ</b>	<b>92</b>
3.1	Методы градуировки интеллектуальных датчиков давления	92
3.2	Пространственная мультисегментная характеристика преобразования интеллектуального датчика давления	98
3.3	Влияние параметров пространственной мультисегментной характеристики преобразования на точность измерения давления	110
3.3.1	Влияние параметров построения моделей пространственной характеристики преобразования	110
3.3.2	Влияние погрешности исходных данных на точность вычислений значений давления	114
3.4	Особенности построения микропроцессорных алгоритмов вычислений давления в микроконтроллере интеллектуального микропроцессорного модуля	117
	<b>Часть 2</b>	
<b>4</b>	<b>КОНСЕРВАТИВНЫЕ И СТРУКТУРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ</b>	<b>124</b>
4.1	Конструктивно-технологические и защитно-предохранительные методы повышения точности средств измерений	125
4.2	Стабилизация реальной статистической характеристики преобразования средств измерений структурными методами	130

4.2.1	Метод отрицательной обратной связи	130
4.2.2	Метод составных параметров	137
4.3	Повышение точности СИ путем коррекции их погрешностей структурно-алгоритмическими методами	140
5	<b>РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ ДЛЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ИИС</b>	142
5.1	Первичные измерительные преобразователи	142
5.2	Измерительные схемы термометров сопротивления	149
5.3	Коррекция составляющих инструментальной погрешности термометра сопротивления	155
5.4	Градиентометрический метод повышения точности измерения температуры в гидрофизических исследованиях	161
5.4.1	Особенности измерения температуры в динамике	161
5.4.2	Градиентометрический метод повышения точности измерения температуры (уменьшения динамической погрешности)	167
5.4.3	Методы и средства повышения точности измерений градиентов параметров	172
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	194
	<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b>	198

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В данной монографии представлены результаты многолетних исследований по проблеме повышения точности физических измерений, лежащей в основе научных интересов коллективов кафедр двух университетов: Украины (кафедры электронной техники Донецкого национального технического университета, г. Донецк) и Российской Федерации (кафедры микропроцессорных систем Технологического института Южного федерального университета, г. Таганрог). Кафедры работают в соответствии с договором о научно-техническом содружестве между кафедрами университетов. Между вузами организован и действует с 2001 года международный ежегодный научно-технический семинар «Практика и перспективы развития индустриального партнерства», который проводится по очереди в ДонНТУ и Технологическом институте ЮФУ.

В первой части монографии представлены результаты научных исследований кафедры микропроцессорных систем Технологического института Южного федерального университета Российской Федерации. Здесь описаны структуры, методы и алгоритмы прецизионных интеллектуальных микропроцессорных модулей (ИММ), предназначенных для построения вычислительных ядер измерительных приборов и устройств информационно-измерительных систем (ИИС). ИММ представляются как функционально и конструктивно завершенные микропроцессорные системы, аппаратные и программные средства которых обеспечивают ввод информации, в частности сбор информации датчиков физических величин (ФВ), ее сохранение, развитую вычислительную и логическую обработку и выдачу результатов в сетевые каналы. При этом повышение точности измерения значений физических величин посредством интеллектуальных датчиков представляет собой одно из важнейших направлений применения ИММ в средствах измерительной техники.

Уровень интеллекта ИММ определяется не только высоким уровнем обработки информации датчиков и реализацией

совокупностей функций приема, обработки и выдачи, но и решением задач определения состояний измеряемых величин и объектов наблюдения, оценки этих состояний и прогноза.

Во второй части монографии обобщены результаты наработок сотрудников кафедры электронной техники Донецкого национального технического университета, а также отечественных и зарубежных исследователей, специализирующихся в области повышения точности средств измерений, в частности, для натуральных гидрофизических исследований. Проблема повышения точности результатов измерений, а также точности средств измерений (СИ) для гидрофизических ИИС, всегда остается одной из самых важных и трудных проблем, которые приходится решать при разработке и чувствительных элементов датчиков измеряемых ФВ, и измерительных каналов, и самих ИИС. В данной работе приведены оценки возможностей классических (консервативных) конструктивно-технологических и защитно-предохранительных методов повышения точности средств измерений гидрофизических величин, а также предложены (на примере измерения температуры) некоторые из возможных направлений применения более современных структурных и структурно-алгоритмических методов повышения точности гидрофизических ИИС.

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам рукописи: профессору кафедры автоматизации и компьютерных систем Киевского национального университета технологии и дизайна, д.т.н., проф. Скрипнику Ю.А., профессору кафедры автоматизации экспериментальных исследований Киевского национального технического университета Украины (КПИ), д.т.н., проф. Володарскому Е.Т., декану физического факультета Донецкого национального университета, заведующему кафедрой компьютерных технологий, д.т.н., проф. Каргину А.А. за ценные замечания и предложения по структуре монографии и ее содержанию, сделанные при обсуждении.