

В.Ю. Окоренков

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА
И УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ПАРКОВ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

V. Yu. Okorenkov

**AUTOMATED SYSTEM FOR ANALYZING
AND MANAGING THE PARKS
OF HYDROMETEOROLOGICAL AND OCEANOLOGICAL
MEASURING MEANS**

Выполнен краткий анализ современного состояния системы анализа и управления состоянием средств измерений (АСУ «STATUS-SI»), которая на основе автоматизированной диагностики динамики изменения во времени метрологических характеристик средств измерений, индивидуального прогнозирования и численно-го моделирования на ЭВМ процессов реального функционирования СИ обнаруживает и предотвращает (введением индивидуальных межповерочных (межкалибровочных), межремонтных, межпрофилактических интервалов, оптимальной коррекцией дрейфа систематической составляющей основной погрешности, и т. п.) их метрологические и явные отказы, прогнозирует остаточный ресурс и продлевает срок службы. Показаны направления дальнейшего совершенствования систем анализа и управления состоянием парков средств измерений в системе Росгидромета.

Ключевые слова: анализ, системы анализа и управления, состояние средств измерений (АСУ «STATUS-SI»), системы Росгидромета.

A brief analysis of the present day condition of analyzing and managing systems of the condition of measuring tools was made. This Automatic Managing System (AMS «STATUS-SI») detects and prevents (by introducing individual recalibration, overhaul, inter-prophylactic intervals, drift optimal correction of systematic constituent of the main error etc.), their metrological and sheer breakdowns, predicts residual resource and extends functioning period. AMS «STATUS-SI» works on the basis of automated diagnosis of dynamics of change with time of metrological characteristics of measuring tools, individual prediction and numerical PC modeling of processes of real functioning of measuring tools. Further perfection directions of analyzing and managing systems of condition of parks of measuring tools in Roshydromet system were shown.

Key words: analysis, systems of analysis and management, condition of measuring equipment (automated data management system «STATUS-SI»), system of the Federal Hydrometeorology and Environmental Monitoring Service.

В настоящее время в России и за рубежом разработано немало автоматизированных систем контроля и управления метрологическим обслуживанием средств измерений (СИ), систем контроля результатов измерений. Как показал анализ существующих разработок, известные системы решают комплексы вопросов по обеспечению автоматизации метрологического обслуживания измерительных устройств, ретроспективному контролю результатов измерений, но

не обеспечивают главного – оптимального управления процессом эксплуатации и состоянием парков СИ, без чего невозможно достижение требуемой надежности и высокого качества измерительной информации. В связи с этим возникает необходимость решения специального класса многокритериальных задач оптимального управления процессом эксплуатации пространственно-распределенных парков различных видов и типов измерительной аппаратуры, в том числе гидрометеорологических и океанологических СИ, которых только в системе Росгидромета насчитывается около 450 тысяч, и, в частности, приобретающих здесь особую значимость автоматизированных метеорологических информационно-измерительных систем (АМИИС), применяемых для обеспечения безопасности полетов авиации, контроля загрязнения окружающей среды. От надежности этой аппаратуры зависят жизнь и здоровье людей.

Как известно [Лянчев, 1982; Окоренков, 1982], оптимальное управление состоянием СИ может быть реализовано только на основе прогнозирования их текущего состояния, показателей метрологической и функциональной надежности. Следовательно, для решения проблемы оптимального управления состоянием парка измерительной техники необходимо проведение: диагностики ее состояния и динамики измерения во времени основных метрологических параметров каждого СИ, численного моделирования и прогнозирования основных показателей эффективности процесса реального функционирования каждого СИ и в целом парка измерительной аппаратуры с учетом реальных ограничений и качества процесса ее метрологического и технического обслуживания.

Наибольшую сложность при решении этой многоцелевой проблемы представляют классы задач оптимального управления в реальном масштабе времени. Учитывая, что современные АМИИС являются сложными информационно-измерительными системами, включающими десятки измерительных преобразователей и измерительных каналов, средства обработки, отображения и передачи измерительной информации, необходимо обеспечить параллельное решение указанных задач для каждого СИ (датчика, измерительного канала и в целом всей АМИИС) в реальном или, так называемом, псевдореальном времени. Для почти всех измерительных каналов АМИИС оказывается достаточным обеспечить завершение цикла решения каждой такой задачи в течение одной минуты, и лишь для канала измерения скорости воздушного потока (контроля осредненной мгновенной скорости ветра) требуется завершение подобного цикла в течение 15 с, что вполне реально для мощных персональных компьютеров.

Для решения поставленной проблемы потребовалось выполнение цикла работ по исследованию надежности основных типов метеорологической измерительной техники, на базе чего разработан и опробован целый ряд автоматизированных систем: «Численный прогноз и оптимальное управление метрологической надежностью СИ (NUPOM)», «Система моделирования функционирования парка метеорологических СИ (SIMENS-F)», «Автоматизированная система управления контролем метрологической надежности парка СИ», «Автоматизи-

рованная система управления метрологическим обеспечением метеорологических средств измерений (АСУ МО)» [Лянчев, 1990].

Создание, опробование и внедрение в оперативную работу перечисленных систем позволило решить задачу разработки более сложной и универсальной автоматизированной системы анализа и управления состоянием парков гидрометеорологических и океанологических СИ (STATUS-SI), которая аккумулировала все основные методы, алгоритмы и программы этих систем и является их логическим развитием [Окоренков, 1985]. Эта система предназначена для обеспечения требуемой метрологической и функциональной надежности СИ (АМИИС) любых типов и видов и в первую очередь метеорологической измерительной аппаратуры, обеспечивающей безопасность полетов авиации наземного и морского базирования, эталонных и рабочих СИ, эксплуатируемых в системе Росгидромета, в метрологических службах предприятий и ведомств, а также используемых в автоматических станциях и постах экологического контроля.

Система технического анализа и технологии управления состоянием средств измерений (АСУ «STATUS-SI») является интегрированной диагностической системой, которая на основе автоматизированной диагностики динамики изменения во времени метрологических характеристик измерительной техники, индивидуального прогнозирования и численного моделирования на ЭВМ процессов реального функционирования СИ обнаруживает и предотвращает (введением индивидуальных межповерочных, межремонтных, межпрофилактических интервалов, оптимальной коррекцией дрейфа систематической составляющей основной погрешности, внеочередной калибровкой и т. п.) их метрологические и явные отказы, прогнозирует остаточный ресурс и продлевает срок службы. АСУ реализует концепцию управления парком измерительной аппаратуры по ее прогнозируемому и фактическому состоянию, формирует оптимальные планы по оперативному управлению эксплуатацией парка СИ (или АМИИС), по его метрологическому и техническому обслуживанию. Система гарантирует требуемую надежность и безотказность каждого измерительного устройства и в целом всего парка СИ при соблюдении оптимального плана их метрологического (поверка, калибровка, контроль) и технического (регулировка, профилактика, ремонт, замена) обслуживания при минимуме затрат на полный цикл их эксплуатации (жизненный цикл).

АСУ реализована на ПЭВМ типа IBM PC/AT для операционной системы Windows XP с использованием наиболее мощных систем управления базами данных (СУБД) реляционного типа «ORACLE», поддерживающих основные языки программирования высшего уровня C++, MS FORTRAN (FPS 5.0) и др. Структурная блок-схема АСУ «STATUS-SI» приведена на рис. 1.

Исходная информация для функционирования рассматриваемой системы накапливается и анализируется АСУ для любых видов и типов СИ в режиме ее опробования, который длится от 6 до 12 месяцев, в зависимости от оперативности поступления данных о результатах метрологического и технического обслу-

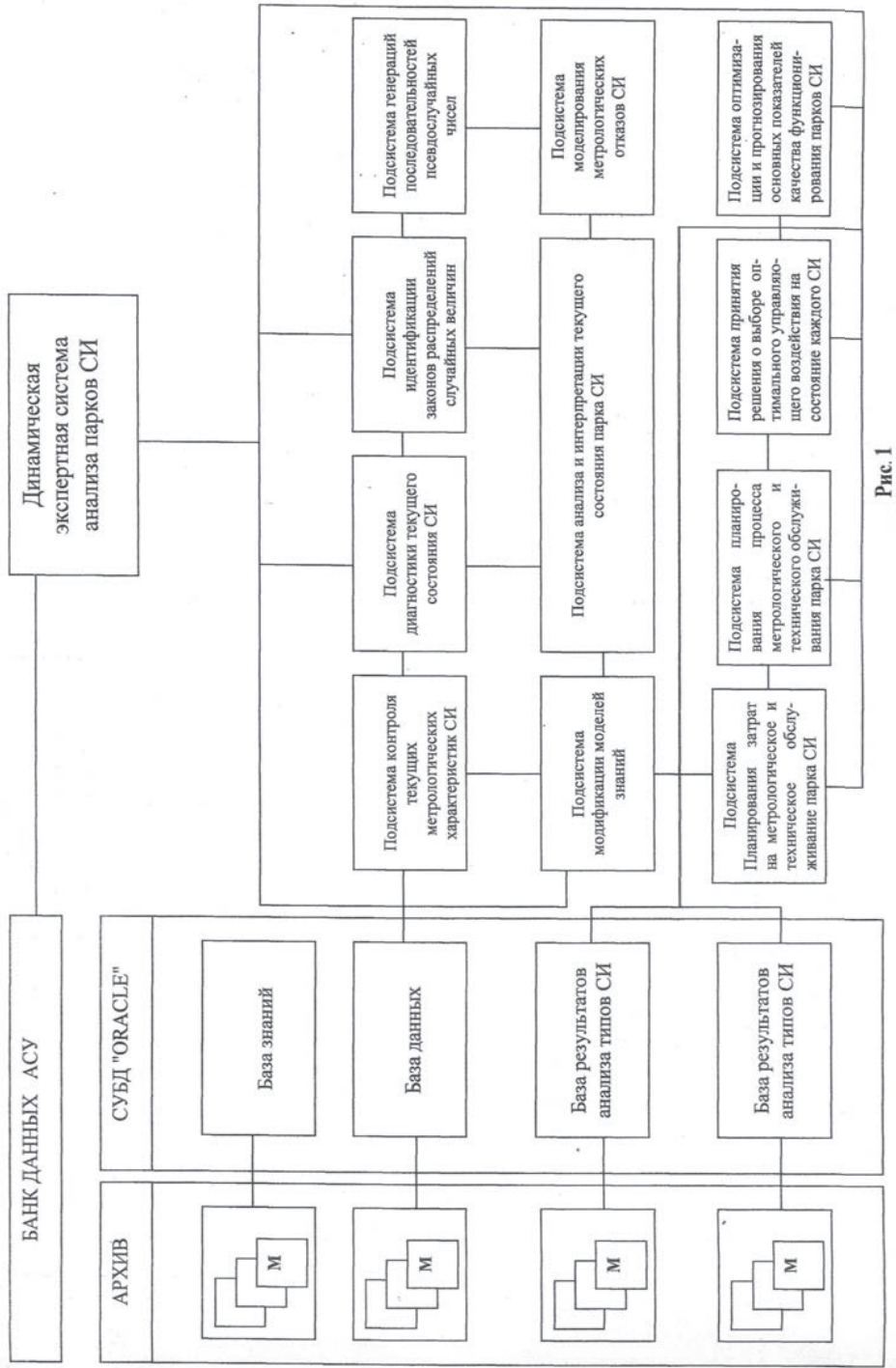


Рис. 1

Рис. 1. Структурная блок-схема автоматизированной системы управления состоянием парков гидрометеорологических средств измерений (СИ).

живания парка измерительной техники, межповерочных интервалов, размеров парка СИ и телекоммуникационных возможностей для передачи и ввода данных в СУБД АСУ. Основой информационного питания АСУ служит банк данных о состоянии парков однотипной измерительной аппаратуры (датчиков, измерительных каналов). Банк данных подразделяется на базы знаний и данных, а также базы результатов анализа типов и видов СИ. База знаний содержит библиотеку типовых знаний о нормативных и нормируемых метрологических характеристиках однотипных измерительных устройств, нормируемых показателях их надежности и стабильности, ограничениях на целевые функции управления состоянием СИ, ограничениях на пропускные способности поверочных и ремонтных организаций, показателях качества поверки и ремонта (браки поверки 1-го и 2-го рода и т. п.), а также базу оперативных знаний, которые автоматически модифицируются при поступлении новых данных по результатам работы системы.

Основным режимом функционирования АСУ является режим имитационного моделирования, который реализуется системой на нескольких уровнях:

- На первом уровне после диагностики текущего состояния измерительной техники по динамике изменения во времени ее нормируемых метрологических характеристик осуществляется моделирование дрейфа во времени начальных параметров систематической и случайной составляющих основной погрешности для каждого СИ по результатам его двух (предыдущей и последующей) или трех последних поверок (калибровок или аттестаций), а для новой измерительной аппаратуры только по результатам первичной поверки. Для АМИИС, датчики которой непосредственно подключаются к АСУ, диагностика текущего состояния производится по динамической выборке результатов измерений с использованием базы знаний о метрологических и явных отказах датчиков, измерительных каналов, их отдельных элементов, причинах возникновения и проявления отказов в результатах измерений.

- На втором уровне для оценки параметров закона распределения наработки до метрологического отказа (времени безотказной работы) для каждого СИ выполняется моделирование дрейфа основной погрешности для 10 000 случайных реализаций, начальные параметры которых получены на первом уровне моделирования.

- На третьем уровне осуществляется моделирование процесса реального функционирования для измерительных устройств, время безотказной работы которых меньше или равно межповерочному интервалу. Моделирование производится для свертки укрупненного процесса метрологического и технического обслуживания от 1000 или более случайных реализаций, число которых задает пользователь.

Для решения многопараметрической задачи анализа качества функционирования парка восстанавливаемых (невосстанавливаемых) СИ использован известный метод моделирования, примененный в комплексе программ [Окоренков, 1985].

Оперативное использование результатов моделирования парка однотипной измерительной аппаратуры в виде индивидуальных графиков поверки, ремонта, профилактики, замены, таблиц прогнозируемой наработки до метрологического отказа, планируемых затрат на метрологическое и техническое обслуживание парка СИ не представляет принципиальных трудностей для служб средств измерений. В то же время анализ данных о состоянии совокупности парков измерительных устройств представляет собой нетривиальную задачу, так как в этом случае простейшие производственные правила оценки состояния по отдельным параметрам в некоторых случаях неприменимы.

Эффективность внедрения АСУ «STATUS-SI» в системе Росгидромета «STATUS-SI» даже при существующих экономических условиях оказывается весьма высокой. Так, для парка сетевых барометров за период с 1991 по 1997 г. системой было обнаружено и предотвращено 1538 метрологических отказов, что эквивалентно 63,9 % всего парка барометров, причем 22,5 % всех отказов было предотвращено в аэропортах. Причем за указанный период для 1999 барометров АСУ были рекомендованы индивидуальные межповерочные интервалы, упреждающие возникновение отказов. Внедрение системы позволило сократить долю отказов барометров в аэропортах с 10,9 до 1,1 %, что соответствует повышению метрологической надежности в 9,9 раза.

Разработка и внедрение в системе Росгидромета нового поколения интеллектуальных образцовых и рабочих СИ (в том числе барометров, термометров, гигрометров, анемометров, средств измерений метеорологической дальности видимости и высоты облаков), автоматических метеорологических станций выдвигает совершенно новые требования к АСУ-подобным системам, а именно: выявление и предупреждение всех видов отказов измерительной аппаратуры в режиме реального времени встроенными автоматическими средствами контроля и калибровки.

Структурная конфигурация нового типа таких систем (STATUS-SI-AMIS) для датчиков и измерительных каналов АМИИС, интеллектуальных СИ последнего поколения, имеющих стандартный интерфейс с ПЭВМ, приведена на рис. 2.

Структура усовершенствованной АСУ включает: планировщики конфигурации, ввода и вывода данных, знаний и результатов анализа состояния измерительной аппаратуры; супервизор системы; редакторы интерфейсов ввода-вывода программами типа «Меню», формами, мониторами и функциональными программами ввода-вывода данных; функциональные решатели производственных подсистем диагностики текущего состояния измерительной техники; генератор функциональных программ и автоматическую систему контроля и калибровки для датчиков и измерительных каналов АМИИС, парков современных интеллектуальных СИ.

В связи с тем что названная система управляет множеством одновременно возникающих задач, необходимы планировщики. В представленной на рис. 2

структурной блок-схеме АСУ три планировщика, которые контролируют всю активность задач текущей конфигурации. Планировщики определяют порядок обработки задач, взаимодействуют с источниками данных и пользователями, запускают процессы и осуществляют коммуникацию с другими процессами в АСУ. Динамическая экспертная система взаимодействует с планировщиками и определяет список задач выполнимых при текущем объеме данных и знаний, формирует и модифицирует базы знаний, данных и результатов анализа состояния СИ, осуществляет анализ существующих и формирование новых производственных правил и моделей знаний о текущем и моделируемом состоянии измерительной техники. Процедуры моделирования выполняются параллельно функциям мониторинга и управления процессом, что обеспечивает возможность верификации показаний датчиков во время исполнения приложения и подстановку модельных значений при невозможности получения реальных данных (отказ датчика или длительная задержка измерения).

Базы данных, знаний и результатов анализа здесь могут быть реализованы на основе реляционной СУБД типа «ORACLE» версии 7.3 и выше с использованием технологии «клиент–сервер». При этом редакторы интерфейса ввода-вывода данных обеспечивают модификацию существующих программ и форм ввода-вывода данных в соответствии с программами, заданными планировщиками. Реализация редакторов интерфейса, форм ввода-вывода данных обеспечивается средствами СУБД, а управление процессами ввода-вывода данных – программами мониторов, управляющих функциональными программами ввода-вывода. Контроль и управление всеми процессами в АСУ осуществляет супервизор системы. Диагностику текущего и моделируемого состояния измерительного устройства и в целом парка СИ выполняют функциональные решатели, представляющие собой древовидные структуры производственных правил диагностики и выбора управляющих воздействий на состояние измерительной аппаратуры. Структура решателей универсальна и поэтому легко воспроизводится генератором функциональных программ по результатам работы автоматической системы контроля и калибровки (АСКК) СИ.

Подсистема АСКК является мобильной системой с универсальным интерфейсом для датчиков, измерительных каналов АМИИС или СИ, имеющих стандартный интерфейс типа RS-232. АСКК обеспечивает контроль текущих результатов измерений и калибровку измерительных устройств в реальном времени. Подключение АСКК к СИ (датчикам) осуществляется автоматически при обнаружении или прогнозировании их отказа. При необходимости (отказе) АСКК отключает отказавший датчик или измерительный канал АМИИС и дублирует его работу собственными средствами.

В заключение необходимо добавить, что описанная система успешно проходит внедрение в сфере метрологического обеспечения Росгидромета. Универсальность ее характеристик, а также стратегия разработки, принципы ее построения, найденные решения ряда общих и частных задач и накапливаемый

опыт эксплуатации в ГУ «ГГО», несомненно, найдут применение при создании и освоении аналогичных отраслевых систем в различных отраслях.

Литература

1. *Лячев В.В., Фатеев Н.П.* О детерминистском подходе к оценке параметров метрологической надежности средств измерений // Труды ГГО, 1982, вып. 465.
2. *Лячев В.В., Окоренков В.Ю.* Автоматизированная система управления метрологическим обеспечением метеорологических средств измерений // III Всесоюзная конференция «Метрологическое обеспечение ИИС и АСУ ТП». Тезисы докладов. – Львов, 1990.
3. *Окоренков В.Ю.* Расчет и прогнозирование метрологической надежности средств измерений на основе метода имитационно-вероятностного моделирования процесса их эксплуатации // Труды ГГО, 1982, вып. 465, с. 97–101.
4. *Окоренков В.Ю.* Численный прогноз и оптимальное управление метрологической надежностью средств измерений // Труды ГГО, 1985, вып. 476, с. 40–66.