

МАСШТАБИРУЕМЫЕ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Л.И. Сучкова, Х.М. Хуссейн, М.А. Якунин, А.Г. Якунин

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

В работе приведено краткое описание результатов, полученных в ходе многолетней работы авторов по созданию программно-технического обеспечения информационно-измерительных систем, предназначенных для решения задач, связанных с контролем временных изменений параметров высокودинамических процессов, протекающих на пространственно-удаленных объектах. Выделены основные проблемы, обусловленные спецификой объекта контроля, и показаны пути их возможного решения.

Ключевые слова: многоточечный контроль, системы мониторинга, структура данных, сжатие данных, нештатные ситуации, методы идентификации.

На сегодняшний день системы контроля параметров окружающей среды, к которым относятся и системы климатического и экологического мониторинга, а также системы оперативного и коммерческого контроля и учета различных процессов, протекающих на технологических объектах, широко применяются в науке и технике. С одной стороны, это обусловлено как усилившимися вредными антропогенными воздействиями на среду обитания и усложнением контролируемых технологических процессов, а с другой стороны – совершенствованием информационно – коммуникационных технологий, компонентной базы средств измерений и повышением доступности средств вычислительной техники (СВТ).

В частности, развитие СВТ обеспечивает сегодня техническую возможность проведения мониторинга объектов, размещенных на больших площадях, что позволяет создавать, например, системы оперативного контроля и учета потребления энергоресурсов для комплекса жилых и производственных зданий, сбора метеоданных с больших территорий и т.п. Общей чертой всех этих систем является передача измерительной информации по телеметрическим каналам связи на большие расстояния и последующее локальное использование в одном или нескольких местах. Наиболее удобно использовать для решения этих задач интернет – технологии, не требующие прокладки дорогостоящих специализированных кабельных трасс. К сожалению, используемые на сегодняшний день SCADA-системы имеют достаточно ограниченные функциональные возможности для решения подобных задач [1,2]. Кроме того, SCADA-системы, являясь универсальным средством разработки, и тяго-

теющие в последнее время к интеграции с ERP – системами, оказываются зачастую слишком громоздкими и избыточными для решения узкоспециализированных задач. В то же время, они и не могут в силу своей универсальности обеспечить высокую эффективность функционирования в режиме мониторинга, поскольку не в состоянии в полной мере учесть специфику регистрируемых процессов.

В данной работе предлагается вариант построения систем, ориентированных, главным образом, на возможность консолидированного, синхронного и одновременного сбора данных с больших территорий и с большого числа сенсоров различных типов с высоким временным разрешением, которые можно условно назвать многоточечными системами дистанционного мониторинга динамических процессов (МСДМ ДП). В их основу были положен целый ряд работ авторов, посвященных, с одной стороны, разработке и исследованию распределенных вычислительных сред, предназначенных для измерения и контроля различных динамических процессов [3], а, с другой стороны - повышению достоверности и надежности проводимых измерений [4-6], а также развитию специализированных программных и технических решений [7-20] и созданию на их основе действующих программно-технических комплексов различного назначения [21-24].

Общее описание структуры МСДМ

Обобщенная структура технической реализации системы приведена на рисунке 1.

В соответствии с ней информация, поступающая с первичных измерительных пре-

образователю (или сенсоров) предварительно собирается устройствами сбора данных (УСД, или, в терминах SCADA – систем, RTU – Remote Terminal Unit или PLC – programmable logical controller), затем передается для дальнейшей обработки и временного хранения в персональный компьютер либо непосредственно, либо через соответствующий преобразователь (или конвертер) интерфейсов и лишь затем - на сервер базы данных (БД). Такой подход, не смотря на кажущуюся сложность, достаточно прост в реализации и позволяет обеспечить максимальную надежность сбора, хранения и последующего использования данных. В общем случае технологический компьютер (ТК или MTU) имеет K интерфейсных выходов $I_1 \dots I_K$. К каждому i -му интерфейсному выходу напрямую или через преобразователь (конвертер) интерфейсов подключено m_i PLC ($i=1 \dots m_K$, то есть m_1 для 1-го, m_i для i -го и m_K для K -го PLC). Ко входам j -го PLC i -го интерфейса через линии связи L подсоединено n_{ij} сенсоров (или датчиков) $S_{i,j,k}$, где $i=1 \dots K$, $j=1 \dots m_i$, $k=1 \dots n_{ij}$. Если интерфейсы и/или линии связи выполнены в виде общей шины, то соответствующие индексы в обозначении линий и интерфейсов можно опустить.

В основу разрабатываемого программного обеспечения системы положены свободно распространяемые программные продукты. Поэтому выбор был остановлен на СУБД MySQL, языках Java, JavaScript, PHP и среде разработки AVR – studio. На MySQL реализована база данных комплекса. Со стороны микроконтроллера обращение к БД производится через модуль, написанный на языке Java. Все интерфейсные решения, обеспечивающие доступ к хранимым в БД данным, включая и человеко-машинный интерфейс (HMI, Human – Machine Interface), реализованы на языке PHP, JavaScript и AS3. Среда AVR – studio, поставляемая фир-

мой ATMEЛ, использовалась для программирования микроконтроллеров на языках Ассемблер и С. В целом структура ПО представлена на рисунке 2.

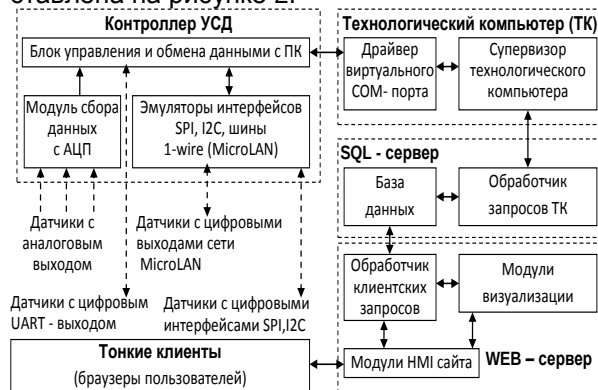


Рисунок 2 – Обобщенная архитектура программного обеспечения системы

При разработке ПО была учтена главная тенденция развития современных информационно-измерительных систем, заключающаяся в переходе на архитектуру клиент-сервер, состоящую из 4-х функциональных компонентов:

- Real-Time Services (службы реального времени).
- Data Management (управление данными).
- Networking & Services (сети и службы).
- User (Operator) Interface (интерфейс пользователя/оператора).

Службы реального времени управляют обменом информацией между технологическим компьютером, устройством сбора данных, серверами и контролируемыми процессами, осуществляют оповещение о событиях, выполняют действия по управлению системой, передачу информации о событиях на интерфейс пользователя (оператора).

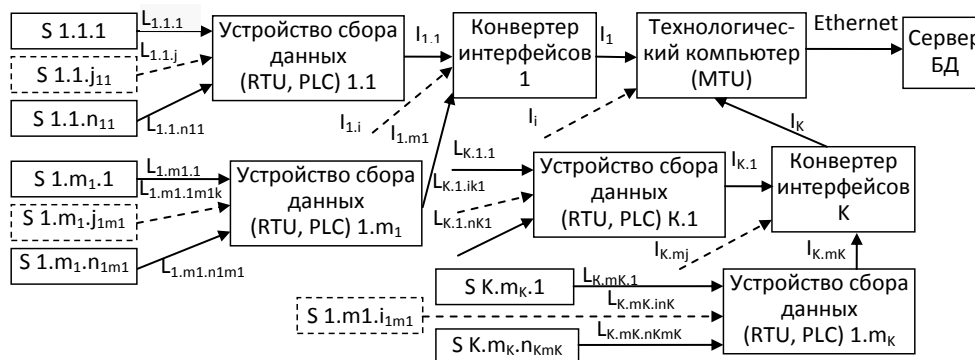


Рисунок 1 – Обобщенная структура технической реализации системы

Службы управления данными позволяют отойти от узкоспециализированных БД в сторону поддержки большинства корпоративных реляционных БД (Microsoft SQL Server, Oracle, MySQL). Функции управления данными и генерации отчетов осуществляются стандартными средствами SQL. Эта независимость данных изолирует функции доступа и управления данными от целевых задач системы, что позволяет легко разрабатывать дополнительные приложения по анализу и управлению данными.

Сетевые службы обеспечивают использование стандартных сетевых технологий и протоколов. Службы сетевого управления, защиты и управления доступом, мониторинга транзакций, передачи почтовых сообщений, сканирования доступных ресурсов (процессов) могут выполняться независимо от кода целевой программы SCADA.

Интерфейс пользователя/оператора является исключительно важной составляющей SCADA - систем. Для процесса его развития характерны стандартизация интерфейса пользователя вокруг нескольких платформ с применением графического интерфейса пользователя (GUI), технологий объектно-ориентированного программирования (DDE, OLE, ActiveX, OPC (OLE for Process Control), DCOM) и стандартные сред разработки приложений, наиболее популярными среди которых являются Java, Visual C++, C#, PHP.

Остановимся подробнее на тех компонентах системы, которые отличают ее от существующих аналогов.

Алгоритмические решения

Поскольку в задачи мониторинга входит не только пассивная регистрация наблюдаемых процессов но и анализ регистрируемой информации, основное внимание в алгоритмическом обеспечении было уделено поиску методов, позволяющих с высокой надежностью идентифицировать как текущее состояние системы, так и прогнозировать его дальнейшее изменение. Поскольку контролируемые процессы зачастую оказываются нестационарными и неэргодическими, для оценки сопровождающих их параметров широко применяются методы интервального анализа, одним из которых применительно к многомерным процессам являются методы, основанные на применении модели ε -слоя. В работах [4-7] показано, что такие методы можно использовать для прогнозирования нештатных ситуаций путем введения простей-

ших модельных функций линейного или параболического вида с их последующей экстраполяцией. В этих же работах показано, как модель ε -слоя можно использовать не только для оценки потенциальной точности средств контроля, но и для интервальной оценки параметров модельной функции.

Из других алгоритмических подходов, заложенных в разработанных системах, можно назвать алгоритмы идентификации, основанные на гибридном подходе, сочетающем в себе лингвистический анализ, метод паттернов поведения и темпоральную логику. Подробно суть предложенных решений, изначально реализованных для прогнозирования и идентификации нештатных ситуаций применительно к решению задач инженерно-технических средств защиты информации, изложена в [8].

Другим направлением работ в области поиска новых алгоритмических решений явились исследования, посвященные созданию нового подхода к разработке человеко-машинного интерфейса [9-11]. Суть этих исследований сводится к тому, что применяя специализированные методики и программные комплексы, можно создавать интерфейсы для различных технических средств контроля, обладающие оптимальными с позиции заданных критериев параметрами. В частности в [10,11] предлагаются решения, позволяющие минимизировать время задания уставок для выносных пультов приборов контроля при минимальных аппаратных затратах на реализацию интерфейса.

Еще одним интересным направлением совершенствования человеко-машинного интерфейса явилась разработка алгоритмов, направленных на создание более эффективных средств визуализации контролируемых процессов. В частности, полученные решения [12] позволяют автоматически выбирать и оптимально оцифровывать шкалы графиков одновременно наблюдаемых нескольких процессов в одном окне, предоставляя оператору информацию в наглядном и одновременно максимально точном виде при минимуме дополнительных осей.

Структура данных

Собранные данные хранятся в базе данных сервера, работающей под управлением СУБД MySQL. Основу БД составляют таблицы для хранения секундных, минутных, часовых и месячных отсчетов [13].

Все таблицы базы данных, кроме одной, описывающей свойства каналов данных таблицы *chnl*, связаны соотношением "один-ко-многим".

В таблице *loc* хранится информация о местонахождении датчиков, в таблице *rokanzie* – исходные данные для организации к ним оперативного доступа, в таблицах *ds*, *di*, *dh*, *dd* и *dm* – сжатые данные с секундными, минутными, часовыми, суточными и месячными интервалами выборки соответственно, что позволяет регистрировать динамические процессы, период основной гармоника у которых простирается от нескольких секунд до нескольких лет. Кросс – таблица *chnl* хранит информацию о регистрируемых каналах и связывает между собой тип физической величины, логический номер датчика, его местонахождение и имя «упакованной» таблицы. Таблица *tmp* служит для временного хранения поступающих на сервер пакетов в нераспакованном виде в виде JSON – последовательностей для их последующей ретрансляции в базу данных зеркального сайта.

В основу алгоритма сжатия данных без потерь заложен принцип замены хранения времени считывания показаний в единицах времени на число интервалов от момента старта системы, причем длительность интервалов кратна фиксированной длительности такта для соответствующей таблицы [14]. Это позволило в предназначенных для хранения данных таблицах *ds* ... *dm* ограничиться только целочисленными атрибутами *clk* (число интервалов) и *val* (значения отсчетов) с минимально возможной длиной полей, зависящей от необходимого времени хранения данных и динамического диапазона контролируемых величин.

Для дальнейшего уплотнения информации отсчеты хранятся в таблицах в виде целочисленных нормированных значений, рассчитываемых как $Y_i = (X_i + X_0)/k$, где X_0 – начальное смещение отсчета для исключения отрицательных значений, а k – коэффициент, численно равный минимально различимому значению величины наблюдаемого параметра. Информация об этих коэффициентах, местах локализации сенсоров и типах регистрируемых данных хранится в таблице свойств каналов *chnl*. С целью дополнительного уплотнения информации преобразованные отсчеты фиксируются в соответствующих им таблицах не регулярно, а только в моменты, когда наблюдаемые данные выходят за границы сегмента, угол раскрытия которого

задается моделью ε -слоя [14]. Описанный подход позволил при минимуме вычислительных затрат обеспечить сжатие объема хранимой информации практически на порядок без снижения ее прагматической ценности. Использование интервального подхода позволило к тому же существенно упростить экстраполяционные алгоритмы и повысить надежность выявления и прогнозирования нештатных ситуаций.

Программное обеспечение технологического компьютера

Интерфейс между ТК и сервером удаленной БД, а также между ТК и PLC реализован с использованием платформы Java jScada. Архитектура подсистемы передачи данных подробно рассмотрена в [] и основана на концепции многопоточности для повышения производительности и стабильности системы, исходя из которой объекты ядра приложения – это потоки, взаимодействие между которыми осуществляется посредством потока-диспетчера.

К объектам ядра относятся следующие компоненты.

- Конфигуратор, занимающийся настройкой системы, генерацией пакетов и построением логических связей и запускается первым при старте приложения.

- Диспетчер, чьей основной задачей является организация обмена данными между исполнителями.

- Исполнители, предназначенные для приема пакетов с данными, извлечения из них этих данных, передаче их на выполнение или хранение к подключаемым модулям, включая и

- Контроллер событий, представляющий собой таймер, инициирующий во времени наступление запросов на передачу пакетов.

- Консоль управления, через которую осуществляется управление работой системы.

Новые технические решения

- Наряду с типовыми, рассмотренными ниже техническими решениями, в создаваемых и уже функционирующих системах контроля и мониторинга были реализованы следующие инновационные подходы в части аппаратного обеспечения [15,16].

- Применение для обмена с отдельными датчиками подсистемы мониторинга так

называемого «веерного» интерфейса [17], позволяющего, с одной стороны, сократить объем трафика, передаваемого по коммуникационным каналам, а, с другой стороны, обеспечить непрерывный контроль функционирования всех компонентов системы.

– Применение АЦП с расширенным динамическим диапазоном, сопоставимым с диапазоном сигма-дельта АЦП, но отличающимся от него меньшим временем преобразования [18]. Это особенно актуально при реализации систем оперативного контроля потребления электрической энергии, среднечасовое значение которой в зависимости от времени суток может изменяться на 1-3 порядка, а при нештатных ситуациях возрастать еще на 1-2 порядка. При разработке и изготовлении таких систем для проведения тестирования и калибровки было также решено отказаться от дорогостоящих серийных средств измерения, заменив их компьютеризированным специализированным комплексом [19].

– Применение для измерения вектора скорости атмосферных потоков в 3D системе координат ультразвукового пьезоэлектрического анемометра собственной разработки [20] на базе пьезоэлектрических преобразователей T/R 40 – 18 фирмы Audiowell Electronics [25], отличающегося от аналогов меньшим числом преобразователей (4 вместо 6 или 8) при сопоставимой точности преобразования.

Результаты практической реализации

Изначально система мониторинга разрабатывалась для целей оперативного контроля и учета энергоресурсов университетского кампуса [21,22]. Пилотный проект системы был реализован и испытан в университетском кампусе АлтГТУ, где наряду с данными оперативного мониторинга процессов, связанных с потреблением энергоресурсов, обеспечивается также сбор метеорологической информации. В процессе эксперимента данные собирались в двух корпусах университета на протяжении более двух лет, обеспечивая сбор и хранение таких величин, как температура в помещениях, расход воды, тепла, расхода и температуры теплоносителя на входе и выходе тепловычислителей. В дальнейшем система была дополнена элементами метеорологического мониторинга [23]. Из метеорологических данных система ведет регистрацию уличной температуры, давления, влажности, скорости перемещения

воздушных масс. Минимальное временное разрешение системы составляет 1с, однако опыт практической эксплуатации показал, что даже для наиболее динамичных температурных каналов эту величину нет смысла задавать менее 30 с, чего вполне достаточно для наблюдения даже самых быстрых процессов, протекающих как в гидротехнических системах вуза, так и в атмосфере. Структурная схема экспериментального комплекса показана на рисунке 3.

Собранные с датчиков данные концентрируются изначально в PLC, затем передаются на технологический компьютер и далее – через центральную магистраль локальной сети на удаленный сервер в единую для всей системы базу данных MySQL. Подобная конфигурация позволяет минимизировать транспорт данных по локальным Ethernet – сетям, содержащим энергозависимые коммутаторы и маршрутизаторы, а, следовательно, и повысить надежность работы системы.

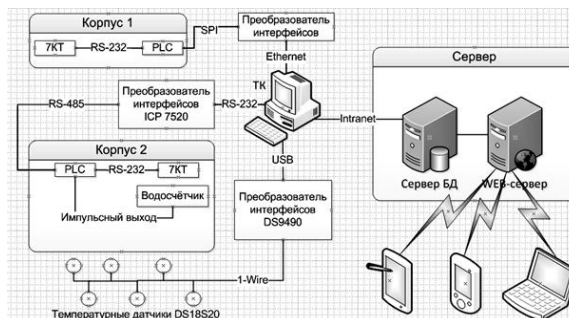


Рисунок 3 – Архитектура прототипа системы мониторинга

В соответствии с назначением системы набор ее датчиков и интерфейсов позволяет осуществлять сбор данных о температуре, давлении, скорости ветра (для температурного и климатического мониторинга), а также о расходе воды, теплоносителя и тепловой энергии. В качестве датчиков температуры воздуха на улице и внутри помещений в системе использовались сенсоры DS18B20 фирмы Dallas Semiconductor, а для измерения влажности - датчики DS1923 (гигрохрон) этой же фирмы. Оба этих датчика обмениваются данными по разработанной фирмой Dallas Semiconductor однопроводной шине 1-wire. Атмосферное давление измерялось датчиками MPX5000 фирмы Texas Instruments с аналоговым выходом. Для контроля тепла в системе можно применять любые рекомендованные в системе ЖКХ тепловычислители, укомплектованные соответствующим штатным измерительным оборудо-

ванием. Конкретно в данной системе использовались тепловычислители 7-КТ «Абакан» (ООО «Семь координат», Россия) [26]. Обмен данными между технологическим компьютером, сенсорами и микроконтроллерами осуществлялся по интерфейсам RS-485, RS-232, USB (с последующим преобразованием в виртуальный COM-порт интерфейса RS-232) и 1-wire. Для транспорта информации между ТК и PLC, расположенных от ТК на расстоянии в десятки и сотни метров, использовался промышленный интерфейс RS485, который согласовывался с интерфейсом RS-232 ПК через преобразователь интерфейсов 7120 фирмы ICP CON. Для подключения сенсоров серии DS непосредственно к ТК для организации локального местного мониторинга применялся адаптер DS9490R. В PLC сигналы однопроводной шины 1-wire для опроса датчиков сети MicroLAN эмулировались программно на одном из выводов микроконтроллера, в качестве которого использовался микроконтроллер Atmega64 фирмы ATMEL. Для сбора данных с тепловычислителей применялись промышленные контроллеры i7188D и i7188XA фирмы ICP CON. Выходы типа «сухой контакт» водосчетчиков подключались через резистивную матрицу (для идентификации событий «обрыв» и «короткое замыкание» линии) непосредственно к цифровым входам микроконтроллера. Анемометр имеет интерфейс RS-232 или UART и может подключаться к PLC или непосредственно к ТК через преобразователь интерфейсов USB-UART или USB-RS-232.

Система энергоснабжения обоих видов PLC обеспечивает их бесперебойным питанием в течение как минимум 24 часов. Для исключения потерь данных PLC имеет кольцевой Flash - буфер, обеспечивающий временное хранение данных на протяжении всего времени отсутствия стационарного энергоснабжения или связи с ТК. В ТК также имеется возможность временного сохранения данных в файле на случай потери связи с сервером БД. Подобные решения существенно повышают робастность системы и минимизируют вероятность потери данных из-за отключения электроэнергии или проблем со связью между ее различными узлами.

Пользователи системы могут следить за наблюдаемыми процессами в режиме реального времени через любой web-браузер с любого устройства. Для визуализации процессов система предлагает два варианта: на основе AJAX и Flash технологии, поскольку Flash – технология в мобильных устройствах

имеет ограниченное применение, хотя и предоставляет большие функциональные возможности.

Перспективы развития системы

Опыт практической эксплуатации системы разработанной системы показал, что она достаточно гибка, надежна, масштабируема, и имеет большой запас по быстродействию. Для перехода от локальной корпоративной сети к глобальной достаточно смены соответствующих адресов SQL и Web – серверам системы. Также просто расширяется и количество подключаемых датчиков. При этом наиболее слабым звеном системы оказался технологический компьютер, поскольку при наличии перебоев в энергоснабжении (что достаточно типично для административных зданий и производственных помещений) источник бесперебойного питания может поддерживать полноценную работу в пределах одного часа. Переход на нетбуки и ноутбуки позволяет увеличить это время до нескольких часов, что существенно не меняет ситуацию. В этой связи на сегодня решается вопрос об отказе от ТК на основе ПК и замене его на микроконтроллер с Ethernet выходом. При этом рассматривается два возможных решения. Первое из них предполагает реализацию ТК на базе двух контроллеров уровня ATmega8... ATxMega128 с выделением одного из них под управление микросхемой Ethernet – контроллера.

Второй вариант – переход к контроллерам на основе ARM – архитектуры, что позволит мигрировать на них разработанное программное обеспечение с минимальными дополнительными затратами.

Другой проблемой, выявленной в ходе опытной эксплуатации, оказалось замедление оперативного доступа к «быстрым» данным по мере увеличения времени хранения, когда размер базы ds достигает нескольких сот мегабайт. Разрешить данную проблему позволит введение дополнительных таблиц для хранения таких данных за примыкающий к моменту наблюдения срок в пределах 1 месяца, разбиению таблицы ds на ряд отдельных таблиц по временному признаку или по типу хранимых данных и введению дополнительных таблиц, содержащих результаты пост - обработки «быстрых» данных с целью минимизации ситуаций, когда непосредственно нужно проводить первичную обработку «быстрых» данных за продолжительный пе-

риод и отстоящих от времени наблюдения на несколько лет.

В перспективе предполагается также проведение дальнейшей работы по более компактному хранению данных, совершенствованию экстраполирующих алгоритмов, идентификации происходящих в системе событий, созданию модуля оперативного конфигурирования системы посредством web – интерфейса и переход в подсистемах визуализации на применение SVG – графики или графики, основанной на применении HTML 5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анашкин А.С., Кадыров Э.Д., Хазаров В.Г. Техническое и программное обеспечение распределенных систем управления. - СПб.: Изд-во «П-2», 2004 – 368 с.
2. Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. SCADA-системы: взгляд изнутри. - М.: РТСофт, 2004 – 176 с.
3. Бочкарева Е.В., Сучкова Л.И., Якунин А.Г. Применение имитационного моделирования для исследования процессов сбора и обработки данных микроконтроллерными устройствами // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2009. Т. 3. № 80. С. 158-165.
4. Сучкова Л.И., Тушев А.Н., Якунин А.Г. Применение модели ε-слоя для повышения надежности синтеза и анализа контрольно-измерительных устройств // Надежность. 2003. № 2. С. 41.
5. Сучкова Л.И., Якунин А. Г. Метод областей оценки состояния объекта контроля в линейном приближении модельной функции // Доклады ТУСУР. 2013. №2(22). С.147-151.
6. Сучкова Л.И., Якунин А.Г. Применение интервальных оценок в приборах и методах контроля для выделения информационных параметров квазидетерминированных сигналов. // Вестник Югорского государственного университета. 2011. № 2 (21). С. 69-81.
7. Сучкова Л.И., Якунин А.Г. Интервальный метод идентификации нештатных ситуаций в системах оперативного контроля// Глобальный научный потенциал, 2012, № 2(11), С.72-74.
8. Сучкова Л.И., Чумаков И.А., Якунин А. Г. Идентификация воздействий в приборах охраны предупреждающего типа.- Palm Academic Publishing. – 2013. – 181 с.
9. Кожевников С.А., Якунин А.Г. Разработка методики исследования человеко-машинного интерфейса приборов контроля, информационно-измерительных и управляющих систем // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2011. № 4. С. 122-125.
10. Пат. 2429517 Российская Федерация, МПК G05B 21/02. Способ задания значения уставки для приборов общего назначения с цифровым диспле-

ем [Текст] / Кожевников С.А., Якунин А.Г.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (RU). - № 2010118302/08, заявл. 05.05.2010, опубл. 20.09.2011, Бюл. №26. - с.6: ил.

11. Пат. 2486567 Российская Федерация, МПК G05b 21/02 Способ задания уставки для приборов общего назначения с цифровым дисплеем [Текст] / Кожевников С.А., Якунин А.Г., заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (RU). - № 2012117654, заявл. 27.04.2012, опубл. 27.06.2013, Бюл. № 18 - с.4

12. Якунин А. Г. Многоканальный построитель графиков с автоматическим выбором осей "Double Auto Axis – 1". Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013616182 от 28.06.13

13. Якунин А. Г. Архив данных оперативного контроля ("АДОК-1") Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013620765 от 01.07.13

14. Hussein H., Suchkova L.I., Yakunin M.A.. Ways for improving methods of data storing in monitor systems //Ползуновский Альманах, 2012. - № 2. С.48-50

15. Якунин М.А., Сучкова Л.И., Хуссейн Х.М., Якунин А.Г. Программно-технические и алгоритмические решения для систем многоточечного климатического и экологического мониторинга// Сборник трудов II Всероссийской с международным участием научно-практической конференции по инновациям в неразрушающем контроле «SibTest». - Томск: Изд-во НИ ТПУ, 12-17 августа 2013. – С. 185-195.

16. Сучкова Л.И., Якунин А.Г., Юрченко А.В. Особенности аппаратной реализации систем оперативного контроля энергоресурсов // Контроль. Диагностика. 2012. № 13. С. 153-157.

17. Пат. 2485680 Российская Федерация, МПК H03M 1/18 Аналого-цифровой преобразователь с расширенным динамическим диапазоном [Текст] / Сучкова Л.И., Якунин А.Г., Шолкин А.В. заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (RU). - № 2012100819, заявл. 11.01.2012, опубл. 20.06.2013, Бюл. № 17. - с.6: ил.2

18. Пат. №2284087 Российская Федерация, МПК H04L 12/00. Способ последовательной адресации ведущим устройством ведомых устройств в сетях с шинной топологией с одним ведущим устройством сети и несколькими ведомыми устройствами [Текст] / Якунин А.Г., Сучкова Л.И., Гулидов Е.В.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайский го-

сударственный технический университет им. И.И. Ползунова» (RU). - № 2004132661/09, заявл. 09.11.2004, опубл. 20.09.2006, Бюл. № 26. - с.3: ил.

19. Сучкова Л.И. Эмулятор сигналов для тестирования устройств контроля качества электрической энергии (Signal Simulator for control EEQ). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013616819 от 23.07.13

20. Плотников А.Д., Сучкова Л.И., Якунин А.Г. Разработка микроконтроллерного устройства для регистрации параметров воздушных потоков // Измерение, контроль, информатизация: материалы Тринадцатой международной научно-технической конференции. (г. Барнаул, 9-10 апреля 2012 г.). – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2012. – Т.2. – С. 134-138.

21. Сучкова Л.И., Якунин А.Г. Система оперативного автоматизированного контроля потребления энергоресурсов и инструментальные средства ее реализации // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. № 2. С. 52-56.

22. Сучкова Л.И., Якунин А.Г., Кунц Р.В. Реализация прототипа системы контроля процессов жизнеобеспечения университетского кампуса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2012. № 5(93). С. 153-157.

23. Hussein H.M., Kuntz R.V., Suchkova L.I., Yakunin A.G. Design and implementation of weather

and technology process monitoring systems // Известия Алтайского государственного университета. 2013. № 1/1. С.210-214.

24. Х.М.Хуссейн, Р.В.Кунц, Л.И. Сучкова, А.Г. Якунин, А.В. Юрченко Распределенная система мониторинга динамических процессов // Материалы IV Научно-практической конференции "Информационно-измерительная техника и технологии" - Томск: Изд-во НИ ТПУ, 15-17 мая 2013. – С. 160-169.

25. Audiowell Electronics [Электронный ресурс] / Water proof type ultrasonic sensors. - Режим доступа: <http://www.audiowell.com/en/product-detail.aspx?id=173>. свободный. - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 07.10.2013)

26. Официальный сайт ООО «Семь координат» [Электронный ресурс] / Тепловычислитель 7КТ «Абакан». - Режим доступа: <http://www.7kt.ru/>. свободный. – Загл. с экрана. – Яз. русский (дата обращения 07.10.2013).

Сучкова Лариса Иннокентьевна – к.т.н., профессор, тел.: (3852) 290786; Хуссейн Могамед Хуссейн – аспирант, e-mail: helphs@yahoo.com; Якунин Максим Алексеевич – аспирант, тел.: (3852) 290786; Якунин Алексей Григорьевич – д.т.н., профессор, тел.: (3852) 290786.