

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Дан ретроспективный анализ исследований Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН в области развития технических средств и систем автоматизации с 1939 по 2009 г. Отмечены имена ученых, внесших заметный вклад в развитие соответствующего направления. Основное внимание сосредоточено на результатах, полученных в последние 10 лет. Анализируется научно-технический потенциал совокупности лабораторий, работающих в области технических средств и систем автоматизации.

Ключевые слова: элементы, устройства, технические средства, автоматизация, системы управления, вычислительная техника, логическое управление, диагностика, надежность.

ВВЕДЕНИЕ

Работы Института проблем управления в области создания технических средств и систем автоматики в ретроспективе отражают процесс развития автоматизации в стране. В начальный период решались отдельные частные задачи создания конкретных устройств регулирования, следящих устройств, первичных преобразователей, методов контроля электрических и неэлектрических параметров, аппаратуры релейно-контактных телемеханических устройств и др.

Наиболее значительный вклад Института в начальном периоде — это создание по оборонному заказу в годы Великой Отечественной войны средств контроля размеров и чистоты обработки массовых изделий оборонной промышленности. Внедрение в производство разработанных в Институте контрольных автоматов позволило существенно сократить штат контролеров, что было особенно важно в военное время. Эта работа сопровождалась глубоким научным анализом состояния вопроса, переросла запросы конкретного производства и уже после войны была обобщена Институтом в коллективной монографии. Эта практика была и осталась типичной для сочетания прикладных и фундаментальных исследований в ИАТе. Вот яркий пример из тех лет. М.А. Гаврилов, известный практик и ученый-телемеханик (в последующем чл.-корр. АН СССР), в 1939—1941 гг. был руководителем работ по созданию системы телемеханики для управления городским освещением в Москве. Аппаратура телемеханики тех лет — ре-

лейные устройства — была предметом изобретательства. М.А. Гаврилов в течение 1939—1945 гг. создает теорию релейно-контактных схем (использует аппарат математической логики — тогда неведомый для исследователей технических объектов), добивается ее признания и в 1950 г. издает первую в мире монографию по этой тематике [1].

В те же военные годы по заказу ВМФ в Институте велись работы по созданию методов борьбы с минно-торпедной опасностью. В период с 1942 по 1944 г. исследованы различные типы неконтактных мин противника, выполнены расчеты магнитных тралов, разработаны теоретические и экспериментальные методы исследования систем реагирующих органов и воспринимающих элементов. После войны разработанные методы и аппаратура были применены для ликвидации взрывоопасных предметов, оставшихся на суше и на море. Созданы приборы для обнаружения локальных аномалий магнитного и электромагнитного полей, испытаны воспринимающие элементы, основанные на разнообразных принципах действия: индукционных, магнитомодуляционных и ядерно-прецессионных.

В послевоенные годы в стране начинают создаваться средства автоматизации и электронной аналоговой вычислительной техники. В 1949 г. под руководством академика В.А. Трапезникова и д-ра техн. наук Б.Я. Когана создается первая отечественная электронная моделирующая установка ЭМУ-1 [2, 3]. В это же время под руководством д-ра техн. наук Б.С. Сотскова (впоследствии чл.-корр. АН СССР) предлагается и экспериментально обосновывается идея магнитных элементов автоматики с прямоугольной петлей гистерезиса, а в





1949—1950 гг. выпускается первая отечественная серия магнитных усилителей [4].

В 1950-х гг., в связи с интенсивным развитием отечественной промышленности, стало ясно, что назрела необходимость в разработке не отдельных приборов, а интегрированных систем, в целом решающих задачи комплексной автоматизации. В это время академиком В.А.Трапезниковым и д-ром техн. наук Б.С. Сотсковым выдвигается идея унификации средств автоматизации технологических процессов с помощью блочно-модульного принципа их построения. Этот принцип оказался столь плодотворным, что на его базе были заложены основы построения агрегатной унифицированной системы приборов, освоенных в промышленности в 1950-е гг. [2, 5, 6].

Начало 1960-х гг. характеризуется бурным развитием теории и практики приборостроения. Под руководством д-ра техн. наук Д.И. Агейкина разрабатываются и исследуются новые принципы построения широкого спектра датчиков. Выпущенная под его руководством монография по датчикам автоматического контроля и регулирования, обобщающая и систематизирующая принципы построения датчиков тех лет, широко используется специалистами до нашего времени [7]. В эти же годы в Институте под руководством академика Б.Н. Петрова велись исследования, связанные с решением задач контроля запасов и расходования ракетных топлив; были разработаны принципы построения высокочастотных датчиков уровня запасов топлива в условиях неопределенности количественного состава двухфазных потоков с неизвестной конфигурацией, развита теория построения инвариантных к возмущающим факторам измерений, разработаны и созданы датчики на базе электродинамических систем с распределенными параметрами. Результаты исследований положены в основу унифицированного комплекса высокочастотных уровнемеров и сигнализаторов жидких и сыпучих тел, используемого и в настоящее время в ракетно-космических системах [8].

На базе результатов, достигнутых в области пневмоавтоматики (руководители д-ра техн. наук М.А. Айзерман и А.А. Таль), предложен элементный принцип построения приборов пневмоавтоматики, на основе которого разработана унифицированная система пневматических модулей [9].

Работы в области создания приборов и средств автоматизации велись столь широким фронтом, что потребовалось решение задачи по систематизации результатов, полученных при разработке средств автоматизации с электрическими цифровыми и аналоговыми сигналами, а также сигналами в пневматике, пневмонике и гидравлике. Эта задача была успешно решена коллективом специалистов под руководством чл.-корр. АН СССР

Б.С. Сотскова и тем самым было положено начало созданию Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП) [6, 10]. Появление ГСП стало крупным событием в практике мирового приборостроения. Впервые разнообразнейшая и сложнейшая система взаимосвязанных технических средств была реализована в общегосударственном масштабе на единых системотехнических принципах, сформирована общая структура системы, позволившая обеспечить единый подход к разработке средств автоматики с различными энергетическими носителями сигналов связи, выработались принципы взаимной конструктивной, информационной и эксплуатационной совместимости технических средств.

Начало 1980-х гг. ознаменовалось появлением нового поколения средств автоматизации, основанных на микропроцессорах. В микроэлектронике еще в середине 1960-х гг. была выдвинута концепция однородных микроэлектронных логических и вычислительных структур, состоящих из однотипных функциональных элементов с одинаковыми связями между ними. Концепция разрабатывалась под руководством д-ра техн. наук И.В. Прангишвили в ряде организаций АН СССР. В работах по этому направлению было показано, что в использовании избыточности, регулярности, параллельности и перестраиваемости однородных структур и связей состоит кардинальный принцип повышения надежности и производительности логических и вычислительных устройств. Дальнейшее развитие нетрадиционных принципов динамической перестраиваемости вычислительных средств привело к разработке высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных систем с перестраиваемой структурой (ПС) — как с одним, так и со многими потоками команд и данных [11]. На указанных принципах Институтом совместно с НПО «Импульс» (г. Северодонецк, Украина) были разработаны и освоены в серийном производстве многопроцессорные комплексы: ПС-2000 (1980 г.) и ПС-3000 (1982 г.). Уникальный опыт, приобретенный при создании комплексов ПС, в настоящее время используется при построении отказоустойчивых параллельных бортовых систем, в разработке оригинальных средств управления вычислительными процессами для систем реального времени.

В 1986 г., после аварии на Чернобыльской АЭС, Институту было поручено возглавить работы по созданию перспективной АСУТП для АЭС. В Институте, на основе анализа положения в области систем управления особо ответственными объектами и последних достижений в области методов управления и обеспечения надежности, была сформулирована концепция создания распределенной отказобезопасной системы управления, отвечаю-



щей требованиям МАГАТЭ по основным параметрам безопасности и уровню автоматизации. Одно из важнейших положений концепции заключалось в обосновании необходимости создания нового типа технических средств автоматизации — средств программируемой автоматики с параллельной структурой — СПА-ПС [12, 13]. Разработанная в Институте концепция и основные технические решения СПА-ПС основывались на глубоких исследованиях по теории логического синтеза, логических вычислений и способах обеспечения отказо-безопасности на основе схем с самоконтролем. Эти исследования начаты еще в 1960-х гг. в научной школе чл.-корр. АН СССР М.А. Гаврилова и развивались его учениками (А.А. Амбарцумяном, А.И. Потехиным). Основные технические идеи, положенные в основу СПА-ПС, заключаются в распределенности, специализации, контролируемости и асинхронности процессов обработки и коммуникации, гибкой резервируемости структур. В 1994—1997 гг. СПА-ПС были освоены в серийном производстве в г. Омске на заводе АО НПК «Автоматика» и сертифицированы органами Госстандарта в качестве средств измерений и на соответствие требованиям ГОСТ по безопасности.

Подводя итоги 60-летнего периода, отметим, что ученые и разработчики Института активно участвовали в процессе становления и развития отечественных технических средств и систем автоматизации. В Институте разрабатывались и исследовались новые принципы построения и совершенствования элементов и устройств автоматики, перспективные классы технических средств управления и вычислительной техники с новыми возможностями и особенностями, новые подходы и принципы построения систем технических средств, общие методы оценивания качества и эффективности технических средств, методов их расчета и автоматизированного проектирования, систематизировались и обобщались достижения в этой области.

Перечислим лишь некоторые из работ, ставшие наиболее приметными достижениями Института в области создания новых элементов и устройств и их теории (большинство отмечены правительственными наградами):

- разработка серийно выпускаемых аналоговых вычислительных машин ЭМУ-10 и гибридных вычислительных машин «Русалка» (акад. В.А. Трапезников, д-р техн. наук Б.Я. Коган¹; Государственная премия СССР);

¹ Здесь и далее в скобках указаны лишь «первые лица» — создатели и руководители соответствующих направлений и школ. За каждым из них стоят их соратники, ученики и последователи.

- теория и методы построения пневмо- и гидросистем (д-ра техн. наук М.А. Айзерман, А.А. Галь и Л.А. Залманзон; Ленинская премия);
- принципы построения разнообразных датчиков на основе новых физических явлений, материалов и схмотехнических решений (д-р техн. наук Д.И. Агейкин; Государственная премия СССР);
- новые магнитные элементы автоматики и вычислительной техники, в том числе запоминающие элементы на магнитных доменах (д-ра техн. наук М.А. Розенблат и Н.П. Васильева);
- новые принципы построения устройств ввода аналоговой информации в цифровые вычислительные машины и создание на их основе высокоточных аналоговых усилителей и аналого-цифровых преобразователей (д-р техн. наук Д.Е. Полонников; Государственная премия СССР);
- принципы построения высокочастотных датчиков уровня и запасов в условиях невесомости (д-р техн. наук В.А. Виктор; Государственная премия СССР);
- принципы построения автоматических преобразователей и измерителей комплексных величин переменного тока (д-ра техн. наук В.Ю. Кнеллер и Ю.Р. Агамалов; Государственная премия СССР);
- принципы построения и теория регуляторов различного типа, в том числе и регуляторов с переменной структурой (д-р техн. наук Е.К. Круг, акад. С.В. Емельянов, д-р техн. наук В.И. Уткин; Ленинская премия);
- теория и принципы построения систем технической диагностики (чл.-корр. РАН П.П. Пархоменко);
- принципы построения однородных параллельных вычислительных структур и разработка на их основе высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных систем с перестраиваемой структурой: ПС-2000 и ПС-3000 (акад. НАН Грузии И.В. Прангишвили).

1. НОВОЕ ВРЕМЯ

В новом времени (1990—2009 гг.), в связи с развалом Союза, ликвидацией отраслевой науки, многочисленных институтов и региональных ПО «Автоматика», АСУ и др., у лабораторий Института, работающих в области технических средств и систем автоматизации (ТС и СА), резко сократились возможности выхода на объекты автоматизации в реальном секторе экономики (в прошлом у многих связь была через отраслевые институты).

Более того, в условиях нарождающегося рынка сложилась практика передачи заказов на автоматизацию объектов в промышленности фирмам-интеграторам, определяющий стиль деятельности которых состоит в перепродаже западных



разработок, путем переложения функциональности действующих систем на новые более сложные и дорогие технические и программные средства.

Кроме того, в силу экономических причин было ликвидировано опытное производство в Институте. Казалось, это создало непреодолимые трудности в работе лабораторий в области ТС и СА. Однако научный задел, сложившиеся творческие связи со специалистами крупных предприятий, научный потенциал коллективов лабораторий не дали угаснуть нашей работе.

Более того, тематика исследований существенно расширилась. Помимо традиционных направлений таких, как датчики, элементы, приборы, надежность, появились направления, связанные с разработкой систем управления, измерения, вычисления, мониторинга, обучения, моделирования, что косвенно подтверждается большим разнообразием тематических секций на недавно прошедшей конференции УКИ'08.

На новом этапе задачи, стоящие перед Институтом по созданию новых технических средств, объединились с задачами создания систем автоматизации.

Ниже мы представляем лаборатории Института, работающие в области ТС и ТА, в формате: название лаборатории (ее заведующий), краткое изложение основных результатов², полученных в последние 10 лет.

2. СОЗДАНИЕ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

2.1. Лаборатория газогидродинамических средств автоматизации

(заведующий канд. техн. наук А.М. Касимов, ✉ kasimov@ipu.ru)

Датчики. Разработаны струйные первичные измерительные преобразователи размера, положения, скорости, угловой скорости, объемного и массового расхода, ускорения. Проведены исследования предложенного компенсационного расходомера, на порядок повышающего точность и динамический диапазон измерения (класс 0,1 при динамическом диапазоне 500) [1, 2].

Элементы. Проведены исследования по радикальному повышению быстродействия струйных элементов [3]. Разработан струйный тепловой тормоз, который позволяет управлять температурой в помещении, сократив при этом долю остаточной теплоотдачи до 15–20 %. Разработано уст-

ройство сопряжения с объектом принципиально нового прибора — оптоструйного преобразователя. Для сопряжения пневматических и электронных систем управления (СУ) разработаны газозлектронные и электрогазовые преобразователи информационных сигналов.

Разработаны и доведены до серийного выпуска устройства струйной автоматики для управления параметрами авиационных двигателей (22 регулятора на 12-ти типах двигателей — рис. 3 на вклейке к с. 43). Подтверждена высокая надёжность и большая экономическая эффективность таких устройств. Нарботка на отказ струйной техники составляет более 5 млн. ч [1, 4].

Приборы. Предложены новые дифференциальные методы измерения расходов текучих продуктов с расширенными динамическими диапазонами для струйных, струйно-вихревых и компенсационных расходомеров. Опытный образец струйного расходомера водяного теплоносителя с расчетным ресурсом около 80 тыс. ч безотказно испытывался в течение двух лет на Ленинградской АЭС.

Разработанные бытовые струйные счетчики газа выпускаются предприятиями Омска и Чистополя (рис. 4 на вклейке к с. 43). Бесклапанные порционные дозаторы жидкостей используются на ряде малых предприятий.

Системы управления. Разработаны принципы построения пневматических СУ процессами очистки промышленных сточных вод гальванических производств. Предложен метод и построено устройство управления аэростатическими опорами, предупреждающее автоколебания. Разработан пневмодинамический метод контроля герметичности, позволяющий «всухую» проверять изделия из вязко-упругих материалов массового производства.

Для построения высоконадежных СУ, предназначенных для работы в экстремальных условиях, создана система устройств агрегатно-интегральной струйной техники (АИСТ) (рис. 5 на вклейке к с. 43). Все агрегаты АИСТ выполнены из жаропрочных сталей и работоспособны при температурах окружающей среды от –40 до +500 °С (рис. 6 на вклейке к с. 43). Они успешно используются в управлении параметрами авиационных двигателей на самолетах гражданской авиации. Суммарная наработка эксплуатируемых струйных СУ составляет 20 млн. ч.

Струйные средства успешно применяются для автоматизации сборочных операций в часовой промышленности в качестве манипуляторов и устройств контроля.

Предложены принципы построения комбинированных СУ летательными аппаратами (ЛА). Раз-

² Авторы текстов основных результатов — заведующие лабораториями.



Иллюстрации к статье
«Основные результаты по техническим средствам и системам автоматизации»
(см. стр. 39)



Рис. 3. Струйная техника управляет параметрами газотурбинных двигателей, $t = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$



Рис. 4. Бытовой счетчик газа СГ-1

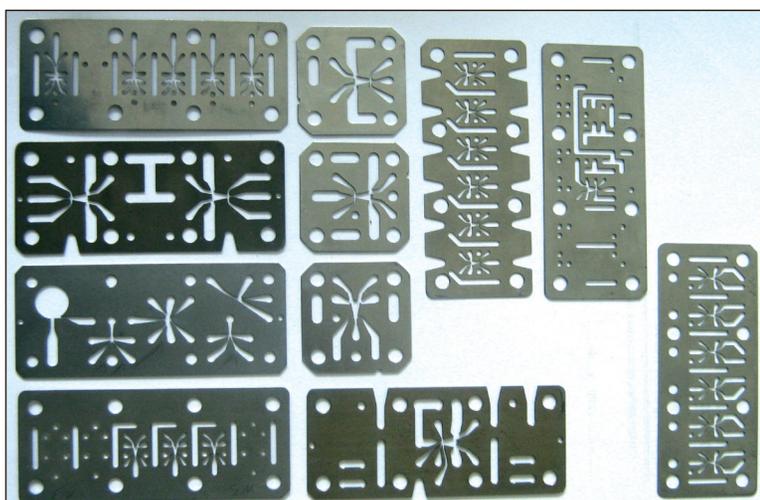


Рис. 5. Элементные платы агрегатно-интегральной струйной техники



Рис. 6. Регулятор расхода топлива прямоточного воздушно-реактивного двигателя, $t = 950\text{ }^{\circ}\text{C}$

работана резервная СУ самолетом, обеспечивающая управляемость при воздействии электромагнитных помех на бортовые электронные системы управления. Получены схмотехнические решения построения основных узлов аппаратуры резервного канала СУ летательными аппаратами. Предложены методы обеспечения точности и непрерывности управления ЛА в условиях действия дестабилизирующих факторов электромагнитной природы [5].

2.2. Лаборатория ферромагнитных тонкопленочных элементов для систем управления

(заведующий д-р техн. наук С.И. Касаткин, ✉ serkasat@ipu.ru)

Разработаны и исследованы принципы действия и конструкции магниторезистивных нанозаписывающих элементов (датчиков магнитного поля и тока, запоминающих элементов) на основе анизотропных и спин-туннельных магниторезистивных наноструктур. Созданы модели процессов перемагничивания магниточувствительных нанозаписывающих элементов и выполнен анализ их работоспособности. Нанозаписывающие элементы на основе спин-туннельных магниторезистивных наноструктур обладают гигантским магниторезистивным эффектом, появляется возможность создания спинового транзистора и микропроцессора на базе запоминающих и логических спин-туннельных магниторезистивных нанозаписывающих элементов [1].

Исследованы магнитополупроводниковые магниторезистивные наногетероструктуры и нанозаписывающие элементы на их основе. Впервые обнаружено магнитное взаимодействие между полупроводниковым SiC слоем и ферромагнитной плёнкой, приводящее к изменению магнитных свойств магнитной плёнки. Обнаруженные эффекты позволяют разрабатывать магниторезистивные нанозаписывающие элементы на новых принципах действия. Разрабатываемые магнитополупроводниковые нанодатчики составят конкуренцию существующим анизотропным и спин-вентильным магниторезистивным датчикам магнитного поля и тока [2].

Разработана модель кольцевого магниточувствительного нанозаписывающего элемента на основе многослойной анизотропной магниторезистивной наноструктуры и выполнен анализ его работоспособности. Кольцевой магниторезистивный нанозаписывающий элемент перспективен при субмикронных размерах в качестве запоминающего элемента и биосенсора [3].

Разработана модель для определения высокочастотных свойств анизотропного магниторезистивного нанозаписывающего элемента произвольной формы на основе многослойной металлической наноструктуры и выполнен анализ его параметров [4].

2.3. Лаборатория сенсоров и сенсорных систем

(заведующий д-р техн. наук В.Д. Зотов, ✉ vdz@ipu.ru)

Исследования физических свойств полупроводниковых структур с L-образными вольтамперными характеристиками (ВАХ) выявили ряд перспективных направлений, которые могут быть положены в основу создания сенсоров с функциональными параметрами, радикально превосходящими параметры известных полупроводниковых сенсоров тех же назначений [1, 2]. Сенсоры на основе структур с L-образными ВАХ позволяют не только воспринимать внешнюю неэлектрическую информацию, но и производить на молекулярном уровне в объеме кристалла ее преобразование в выходной электрический сигнал, удобный для пользователя без применения внешних электрических схем. В зависимости от соотношения концентраций вносимых примесей физические свойства структур меняются, и они становятся чувствительными к различным видам внешних воздействий: магнитному полю, силовому воздействию, температуре, световому излучению [3, 4].

Начиная с конца 1990-х гг., проводились исследования функциональных возможностей Z-термисторов, которые позволили выявить основные режимы их функционирования: аналоговый режим (термосопротивление) на начальном участке ВАХ; температурно-пороговый режим (при переходе в состояние со шнуром тока); температурно-частотный режим, обусловленный переходным процессом при возникновении шнура тока.

Исследованы параметры и возможности промышленного использования различных режимов работы Z-термисторов, дающих возможность разрабатывать и создавать портативные средства контроля, диагностики и управления, обладающие высокими техническими и эксплуатационными характеристиками. Получена теоретическая оценка выходного сигнала Z-термистора в зависимости от параметров структуры и внешних воздействий. Отметим, что термин «термистор» в нашем случае далеко не полностью отражает функциональные возможности разработанного термопреобразователя [5, 6].

Разработаны принципы реализации портативных термодиагностических приборов медицинского назначения на основе Z-термистора, такие как термометр для незрячих со звуковым сигналом, прибор для обнаружения онкологических новообразований и исследования вен, система дистанционного мониторинга температуры тяжелобольных и детей, принцип построения термогенератора импульсов.

В одной из разновидностей структур с L-образной ВАХ была обнаружена их чувствительность к



ультрафиолетовому излучению, которая проявляется в изменении проводимости структуры во времени, т. е. реализуется накопление УФ радиации в течение десятков минут или дозы УФ облучения. Это явление было положено в основу разработки миниатюрных дозаторов УФ облучения. Для их разработки были проведены исследования структур в условиях естественного и искусственного УФ излучения, а также анализ имеющейся информации по отсекающим и узкополосным светофильтрам.

Разработаны Z-термисторы, обладающие техническими характеристиками, превосходящими все известные в настоящее время полупроводниковые температурные сенсоры (как, например, NTC-термистор, температурочувствительные $p-n$ переходы и др.), что делает их привлекательными для создания нового класса приборов температурного контроля, диагностики и управления. Для иллюстрации уникальных возможностей Z-термисторов разработаны принципы построения ряда портативных приборов медицинского назначения, пожарного извещения, устройства двухпозиционного регулирования температуры, автоматического регулирования температуры, генератора импульсов и др. Объектами температурного регулирования могут быть отопительные системы жилых, производственных и складских помещений (например, зернохранилищ), салоны автомобилей и авиалайнеров, различные двигатели, трансмиссии, тормозные системы транспортных средств, электропроводки, электроразъемы, средства пожарной сигнализации (возможно параллельное подключение до десяти Z-термисторов на одной линии), медицинская контрольно-измерительная и физиотерапевтическая аппаратура, объекты биотехнологий, парники, оранжереи и многие другие объекты промышленного, бытового, медицинского и сельскохозяйственного назначения. Разработаны схемы включения Z-термисторов, позволяющие максимально просто и надежно реализовать управление системами климат-контроля различных назначений [7].

Разработаны методы анализа квазипериодических биосигналов, на их основе проведено исследование диагностической значимости ритмической структуры пульсового сигнала в задачах медицинской диагностики, в частности, для выявления ранних признаков артериальной гипертензии в детском возрасте. Выявлены новые информативные признаки, позволяющие осуществить раннюю диагностику артериальной гипертензии [8].

Рассмотрены возможности использования байесовых доверительных сетей для создания совокупного учета разнородных факторов, определяющих

надежность оперативного персонала и безопасность человеко-машинных систем. Разработан метод оценки надежности человека-оператора распределенных автоматизированных информационных управляющих человеко-машинных систем [9].

2.4. Лаборатория волновых методов и средств получения информации

(заведующий канд. техн. наук Б.В. Лункин, ✉ Lunbv@ipu.rssi.ru)

Метод диагностирования датчиков на объектах контроля и управления. Предложен метод диагностирования датчиков на соответствие метрологическим требованиям непосредственно на объекте в режиме эксплуатации. Метод основан на использовании заранее полученных тарировочных характеристик и основных погрешностей для различных значений влияющих факторов, на формировании в процессе диагностирования эталонного сигнала, измерении влияющих факторов и сравнении показаний датчика со значениями, полученными при тарировании. Предложена процедура диагностирования для случаев, когда получение эталонного сигнала затруднено. В основе процедуры — формирование в датчике двух каналов информации, функции преобразования которых сопровождаются тарировочными таблицами. Соответствие тарировочным характеристикам определяется нахождением показаний датчика по каждому каналу в определенных интервалах [1].

Основы теории чувствительных элементов (ЧЭ) радиоволновых датчиков. Предложены методы многопараметровых и инвариантных измерений с применением лишь одного ЧЭ [2], методы построения высокочувствительных многозондовых датчиков [3]. Получены зависимости резонансных частот ЧЭ датчиков, имеющих слоистую структуру, состоящую из совокупности диэлектриков и проводников. На основе зависимостей предложен синтез ЧЭ датчика уровня с линейной выходной характеристикой и принцип построения ЧЭ датчика для измерения уровня среды и толщины пленки на ее поверхности [4].

Способ определения объемного содержания компонентов эмульсии типа «диэлектрик — среда с переменной проводимостью» по параметрам электромагнитного резонатора. Получены и исследованы зависимости основных параметров (частоты, добротности, амплитуды) электромагнитных колебаний, устанавливаемых в ЧЭ (резонаторе специального типа, встраиваемого в трубопровод) радиочастотного датчика в режиме резонанса для потоков эмульсионных смесей. Эти зависимости положены в основу разработки алгоритмов определения объемного содержания компонентов нефтяной эмульсии (или смесей «нефтепродук-



ты — вода») с произвольной степенью минерализации воды [5].

Способы определения положения границ раздела сред в резервуарах на основе радиочастотных уровней. Рассмотрены возможности решения задачи измерения положения границ раздела слоистых сред в классе радиочастотных датчиков. Представлены принципы формирования ЧЭ на основе пространственно распределенных отрезков длинной линии. Разработаны ЧЭ и исследованы алгоритмы измерения для криогенных жидкостей, и для сред типа «воздух — топливо — вода» с инвариантностью к свойствам топлива. Полученные результаты могут быть применены для контроля количества топлива в баках транспортных средств [6] и массы сжиженных газов с инвариантностью к их фазовому состоянию в замкнутых объемах [7].

Способ определения объемного содержания трехслойных потоков в трубопроводах на основе многоканального радиочастотного датчика. Предложен способ бесконтактного измерения объемов компонентов трехслойного потока, разделенных между собой плоскими границами раздела. Способ основан на применении в качестве ЧЭ резонатора, в котором возбуждаются два перекрестных электромагнитных поля в режиме резонанса. Получены зависимости собственных частот, соответствующих этим полям, от объемов и диэлектрических проницаемостей компонентов. Зависимости входят в систему уравнений, из которой по измеренным собственным частотам определяются искомые объемы [8].

Принципы построения многоканального ЧЭ для измерения объема жидкости и ее положения в пространстве бака в условиях неопределенности. Предложен ЧЭ, в котором сформированы гибридные колебания полей, возбуждаемых в баке и дополнительном малогабаритном резонаторе. Результаты исследования такой структуры датчика легли в основу создания бортовой системы контроля запасов компонентов топлива в баках Международной космической станции [9]. Воплощение полученных результатов в конкретных разработках показано на рис. 1 (см. вклейку).

Показана возможность решения задачи измерения, в которой одновременно требуется инвариантное измерение объема жидкости при неопределенном ее положении и идентификация ее положения в пространстве бака. Предложена многозондовая система, состоящая из тонких проводников, фиксированных около стенки бака и возбуждаемых как отрезки длинной линии. Число проводников выбирается, исходя из требуемой точности измерения.

2.5. Лаборатория микро- и нанoeлектронных элементов и устройств систем управления

(заведующий д-р техн. наук Р.Р. Бабаян, ✉ robab@ipu.ru)

Обнаружен и исследован эффект накопления и быстрого переноса заряда в узлах аналого-цифровых интегральных микросхем, позволивший существенно повысить их быстродействие. На основе предложенного принципа разработана серия (более 10-ти типов) преобразователей «напряжение — частота» с погрешностью 0,01 % до частоты 150 МГц. На момент разработки такие устройства не имели зарубежных аналогов [1].

Обнаружен и исследован эффект тепловой обратной связи в аналого-цифровых интегральных схемах и предложено использовать этот эффект для повышения точности воспроизведения непрерывных сигналов [2].

Обнаружен новый физический эффект — односторонняя проводимость в тонких пленках бинарных сплавов никель-титан и алюминий-титан. Использование данного эффекта позволило разработать функциональные преобразователи непрерывных сигналов.

Предложен метод выделения полной погрешности воспроизведения непрерывного сигнала из выходного сигнала воспроизводящего линейного блока. Обоснована применимость метода для сигналов произвольной формы. На основе анализа погрешностей воспроизведения разработан принцип построения линейных воспроизводящих блоков повышенной точности и быстродействия [4].

Исследованы конвейерные арифметические устройства «волнового» типа на основе парафазных КМДП-макроэлементов субмикронного технологического диапазона. Разработаны новые схемные методы повышения быстродействия сумматоров (32 разряда) с последовательным переносом до 1,2 ГГц. Исследован эффективный алгоритм на основе бинарного принципа свертки на основе фундаментального оператора переноса. Разработаны 32-разрядные сумматоры с тактовой частотой до 4 ГГц и 64-разрядные до 3 ГГц. Разработаны матричные умножители комбинаторного типа с макроэлементом группового парафазного генератора частных произведений. Разработанные технические решения умножителя матричного типа позволяют применять их в конвейерных системах однотактного вида при разрядности операндов до 32-х с тактовой частотой до 1,5 ГГц и до 54-х с тактовой частотой до 0,8 ГГц [5].

Иллюстрации к статье

«Основные результаты по техническим средствам и системам автоматизации»

(см. стр. 42, 49)



Рис. 1. Радиочастотные датчики: новые разработки

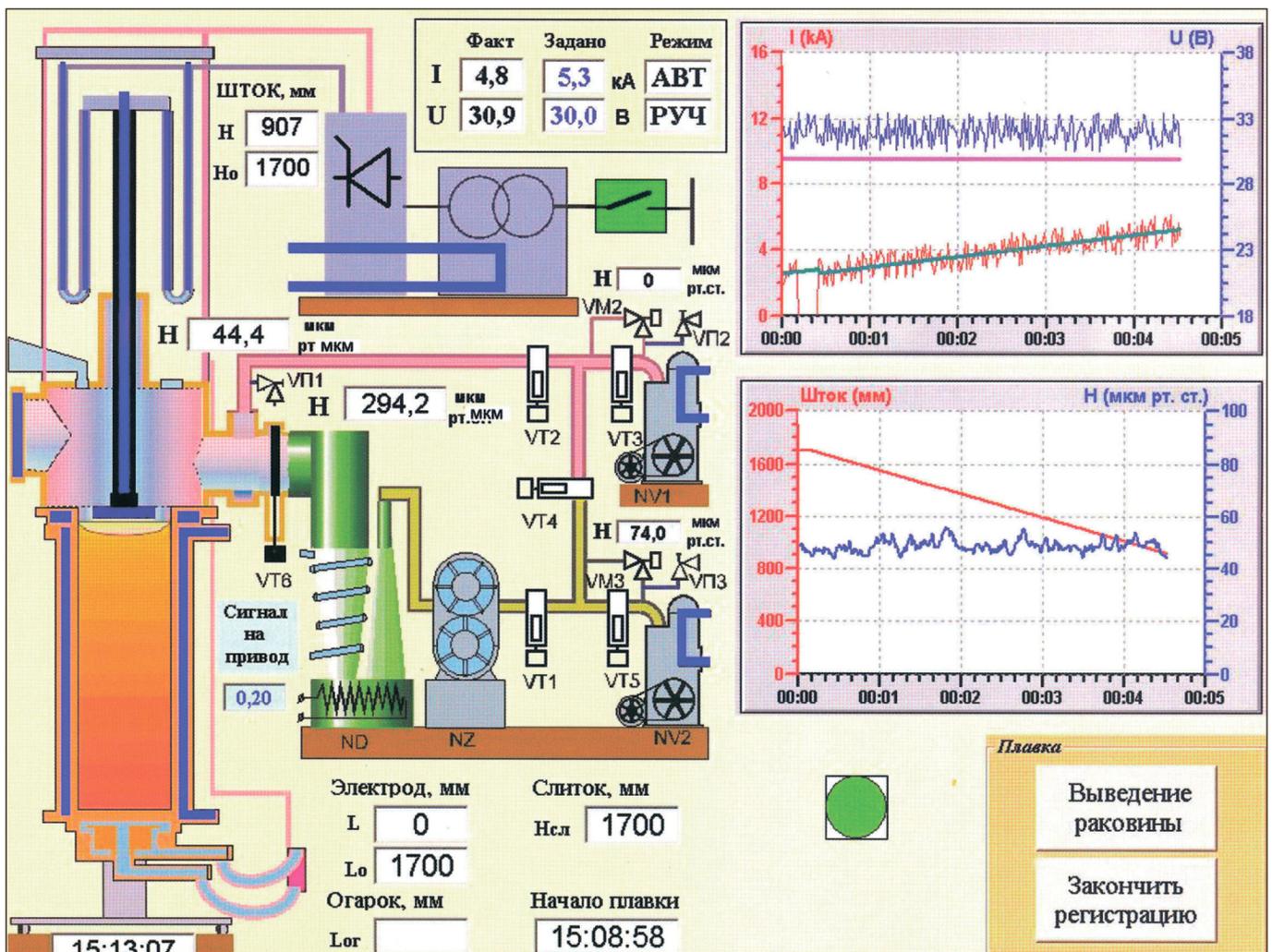


Рис. 2. Пульт управления вакуумной дуговой электропечью



2.6. Лаборатория преобразования измерительной информации

(заведующий д-р техн. наук В.Ю. Кнеллер, ✉ vkneller@ipu.ru)

2.6.1. Разработка теории и новых принципов построения перспективных средств преобразования величин переменного тока

Разработана концепция комплексного адаптивного подхода к построению и проверке сложных средств преобразования измерительной информации, и, конкретно, к построению и проверке, включая самопроверку в режиме «on-line», многофункциональных преобразователей иммитанса с гибкими алгоритмами функционирования и модульными структурами [1].

Разработаны методы формализованного синтеза нулевых измерительных цепей (НИЦ) на базе графового и дескриптивного логико-математического подхода, основанного на обобщении уравнений равновесия НИЦ с помощью понятия иммитанса и представлении альтернативных вариантов НИЦ средствами булевой алгебры. Доказано фундаментальное для теории измерительных цепей положение о невозможности измерения с помощью пассивных НИЦ частотозависимых параметров иммитанса в непрерывном диапазоне частот и предложен путь синтеза активных НИЦ, позволяющих это реализовать [2].

Разработаны теоретические основы и принципы реализации дискретного гармонического анализа периодических сигналов на базе предложенного метода комбинированной (неравномерной и равномерной) дискретизации сигналов, названного методом расщепляющихся множеств. Решена задача раздельного измерения совокупности гармонических сигналов и впервые реализовано аддитивное дискретное преобразование Фурье периодических сигналов [3].

Разработаны новые методы аналого-цифровой фильтрации при фазочувствительном преобразовании (ФЧП) сигналов переменного тока. Предложен метод ФЧП сигналов, основанный на представлении их в виде массивов интегральных дискрет, допускающий гибкую адаптацию функции преобразования к частоте тестового сигнала и характеру помех при минимальных аппаратурных затратах на его реализацию [4]. Разработаны методы синтеза ФЧП, обеспечивающих эффективное подавление сетевой и экспоненциальных помех. Разработана концепция построения на основе помехоустойчивого ФЧП универсальных широкополосных виртуальных средств преобразования комплексных величин — нового подкласса средств измерений импеданса на основе ПК, обладающих характеристиками лучших автономных приборов

при гораздо больших возможностях обработки, хранения и представления измерительной информации и невысокой стоимости [5]. Разработаны и внедрены два поколения таких виртуальных приборов, которые по своим возможностям и характеристикам не имеют равных в мире.

Показана возможность повышения точности определения параметров объектов с дробно-иррациональной передаточной функцией путём учёта априорной информации [6].

Выявлены, систематизированы и проанализированы особенности и закономерности построения преобразователей среднеквадратического значения напряжения и преобразователей активной мощности, а также их специфических узлов. Разработан и исследован ряд новых принципов построения и способов совершенствования таких преобразователей [7].

2.6.2. Разработка общей теории структур преобразования физических величин

Разработаны основы построения общей теории синтеза и эквивалентных преобразований структур *параметрических* инвариантных нелинейных систем преобразования величин. Построена структурно-топологическая теория таких систем, охватывающая системы с абсолютной инвариантностью, с инвариантностью до ε и порожденные ими итерационные системы. Выполнен синтез *полного* множества структур с двумя и тремя сумматорами [8].

На основе выдвинутых принципов однозначного аналитического решения систем нелинейных уравнений с управляемыми параметрами разработан метод синтеза общих структур *тестовых* систем прямого инвариантного преобразования скалярных величин. Разработана концепция построения полной прогнозирующей иерархической системы знаний в области структур нелинейных тестовых систем, организованной в форме естественной классификации [8]. Разработаны принципы построения и реализована первая редакция программного продукта, ориентированного как на отыскание основополагающих идей, лежащих в основе класса структур, так и на предельно формализованный синтез полного множества решений в подклассе [9].

Разработаны основы выявления и систематизации методов осуществления преобразования физических величин (ПФВ) и других целенаправленных процессов (измерения, контроля, управления) с общей позиции организации причинных связей событий. С этой позиции проведен анализ упомянутых процессов, позволивший выявить их принципиальные внутренние взаимосвязи, уточнить



специфику каждого из них, обнаружить ряд проблем и «белых пятен». Выявлена целесообразность рассмотрения в качестве самостоятельной дисциплины знаний, относящихся к процессу ПФВ, определяемому как процесс реализации желаемой функциональной зависимости между величинами. Проанализированы составляющие задачи ПФВ: установление причинной связи величин и уменьшение влияния на нее нежелательных факторов [10]. Определен механизм выявления и систематизации методов путем построения классификаций, отражающих как содержание этих методов, так и их происхождение и взаимосвязи [10]. Создана перспектива для дальнейшей систематизации знаний в области ПФВ и других релевантных процессов.

3. СОЗДАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1. Лаборатория систем логического управления

(заведующий д-р техн. наук А.А. Амбарцумян, ✉ ambar@ipu.ru)

Начиная с 1999 г., основные усилия в этом научном направлении были сосредоточены на разработке теоретических основ событийного моделирования (СМ) объектов автоматизации и разработке на основе СМ методов проектирования систем управления технологическими процессами. В 2000—2008 гг. были разработаны концепция и методы управления информационными и материальными потоками на основе событийных моделей объектов автоматизации.

Выдвинута концепция, разработаны и исследованы основные понятия логического управления по схеме замкнутого контура: набор событийных моделей, включая модель агрегата, модель технологического процесса и модель структуры производства — технологическую сеть (ТС), достаточные для имитации структуры и поведения потоковой технологии. Каждая из моделей, наряду с определением структуры компонента, содержит динамическую составляющую — жизненный цикл. Он определяет набор технологически востребованных состояний компонента и событийную динамику. В предложенных моделях, атрибутах и жизненных циклах достаточно информации для событийного моделирования технологического объекта [1, 2].

Разработана схема управления технологическими процессами производств поточного типа на основе событийного моделирования, в которой вся функциональность системы управления направлена на обслуживание запросов процессов (по их моделям, «встроенным» в систему управления), т. е. на обеспечение выполнения динамики их жизненных циклов. Проведенное сравнение пред-

ложенной схемы с традиционным «функционально групповым управлением» показало ее преимущества, как в смысле сложности, так и в смысле технологичности программирования [3].

В целях повышения надежности оперативного управления технологическим процессом, автоматизированного контроля, координации служб и технических работ на объекте предложена концепция управления на основе активных технологических сценариев. Разработаны формальная модель технологического сценария и метод создания сценариев. Разработана модель диалога АСУ с персоналом. Событийная модель объекта и процессов, модель сценариев и модели диалогов объединены в сложносоставной событийной модели объекта автоматизации [4, 5].

На основе предложенной сложносоставной событийной модели объекта управления разработана новая схема управления, в которой сценарии используются как программы достижения технологических целей производства и обеспечивают совместно с событийными моделями переход от текущего состояния объекта к требуемому. Показано, что такое решение позволяет переложить ряд функций управления с человека на автоматизированную систему, а именно: контроль состояния оборудования, реакция на события, многошаговое управление, обеспечение и соблюдение режимов, координация работ и контроль соблюдения технологии [6].

Сформулированы принципы построения систем управления технологическими процессами, защищенными от ошибок персонала (НЕР-системы — human errors protected system). В качестве логической основы НЕР-систем управления процессами предложена схема функционирования и управления автоматизированного производства на основе сложносоставной событийной модели. Распределение функций управления между персоналом в рамках сложносоставной событийной модели позволяет повысить эффективность управления и безопасность ведения процессов путем ограничения человека в контуре управления в рамках только тех действий, которые от него ожидаются в конкретной ситуации [7].

Показана эффективность применения логических методов и моделей в задачах снижения аварийности потенциально-опасных объектов (аэрокосмических, энергетических, в объектах уничтожения химического оружия, в нефтегазодобывающих предприятиях и др.). Так, при проектировании системы противоаварийной защиты (ПАЗ) объекта управления центральная задача заключается в выборе состава и числа датчиков контроля в целях своевременного обнаружения и ликвидации развития аварийных ситуаций (АС) (пожар, взрыв, выброс ра-



диоактивных элементов и др.). Впервые предложен метод обеспечения разработчика системы ПАЗ полным множеством вариантов выбора датчиков, причем каждый вариант гарантирует полноту контроля процесса развития заданной АС [8].

Разработан метод снижения аварийности объектов с поточной технологией (тепловые сети, нефтегазодобывающие предприятия и др.) на основе применения логических методов и моделей. Согласно этому методу транспортная сеть объекта структурируется на каналы перемещения материалов, моделируется системой логических функций, и затем строится схема управления не отдельными исполнительными механизмами, а целыми каналами. В этом случае правильное взаимодействие каналов в процессе эксплуатации можно обеспечить на этапе проектирования транспортной сети путем дополнения к логическим моделям каналов специальных логических блокировок, что устраняет возможность возникновения ложных путей и каналов в транспортной сети, а также обеспечивает корректное взаимодействие одновременно действующих каналов, тем самым снижает аварийность функционирования таких объектов [9].

Разработана и исследована новая модель структурированной динамической дискретно-событийной системы ($СД^2С^2$), определен ее состав. Исследован вопрос существования супервизора. Сформулированы и доказаны условия управляемости в рамках $СД^2С^2$ заданной спецификации поведения объекта управления. Сформулированы основные этапы технологии проектирования логического управления на основе модели анализа управляемости с помощью разработанного метода синтеза супервизора. Полученные результаты служат теоретической базой для проектирования супервизорного управления множеством автономных компонентов технической системы [10].

3.2. Лаборатория эффективности и надежности управляющих параллельных вычислительных систем

(заведующий д-р техн. наук В.В. Игнатущенко, ✉ ignatu@ipu.ru)

С конца 1990-х гг. исследования в этом научном направлении в основном сосредоточены на решении проблемы динамического управления надежным выполнением сложных наборов взаимосвязанных задач на основе математического (статического) прогнозирования времени их реализации в управляющих параллельных вычислительных системах (ВС) реального времени [1]. Под надежным выполнением конкретного набора задач, задаваемого пользователем, в параллельной ВС понимается выполнение задач набора за время, не превышающее заданное (пользователем) дирек-

тивное время T_{\max} с требуемой (удовлетворяющей пользователя) вероятностью [1, 2].

На основе современного математического аппарата обрывающихся марковских процессов, математической статистики и теории массового обслуживания, впервые была сформулирована, разработана и продолжает развиваться идеология высокоточного математического прогнозирования времен выполнения сложных наборов взаимосвязанных задач — комплексов взаимосвязанных работ (КВР) — со случайными временами их реализации; разработаны оригинальные математические методы, разнообразные (по точности и машинным затратам) алгоритмы и программные средства прогнозирования, формальные правила формирования и использования статических таблиц прогнозов для времен реализации каждого конкретного, задаваемого пользователем, КВР и (или) его фрагментов [3].

Были впервые разработаны формально обоснованные принципы и продолжают исследоваться методы динамического управления выполнением КВР на основе разработанных методов прогнозирования и динамического уточнения формируемых статических прогнозов в процессе реализации КВР. Разработана общая формальная методика и конкретные алгоритмы динамического управления выполнением КВР на основе статических таблиц прогнозов, в частности — для КВР с логическими ветвлениями как внутри задач, так и между задачами [1, 4].

Естественным продолжением указанных исследований является разработка *новой компьютерной технологии для управляющих параллельных ВС* [2, 5, 6]: обеспечение надежного выполнения КВР в режиме реального времени методами интеллектуального динамического управления резервированными взаимосвязанными параллельными процессами на основе не только математического прогнозирования, но и на основе перманентного анализа состояний процессов, динамического уточнения и оперативного использования статических прогнозов в процессе реализации задач в параллельной ВС, в частности, — условиях их сбоев или отказов ее вычислительных ресурсов. Динамическое управление надежным выполнением КВР названо *интеллектуальным*, поскольку алгоритмы управления процессами должны оперативно подтверждаться или переназначаться (в режиме реального времени) по многокомпонентному критерию, включающему в себя или учитывающему более 10 системных, структурных и программных параметров и факторов процессов выполнения КВР [5]. К настоящему времени разработаны унифицированная методология реализации предло-



женной компьютерной технологии, основные математические модели процессов выполнения КВР, структурированы и формализованы этапы использования таблиц прогнозов при выполнении произвольного КВР в ВС и пр. [5, 6].

В настоящее время упомянутая технология интенсивно развивается в направлении разработки и исследований различных методов и средств *резервирования программных модулей* (работ) КВР [5–8]. Разработаны оригинальные математические модели — графовые и систем массового обслуживания — представления и реализации различных вариантов синхронного и асинхронного резервирования работ КВР [6]. Формально обоснована, синтезирована и логически описана структура унифицированного (для различных методов и вариантов резервирования) программного блока диагностирования для определения «координаты» *одиночной* неисправности (номера неисправного процессора ВС), ее типа (сбой или отказ) и идентификатора работы КВР с искаженными результатами ее выполнения [7].

Впервые разработаны оригинальные принципы и формализована методика (комплекс математических моделей, алгоритмических и программных средств) организации *адаптивного* (настраиваемого в динамике по реальным событиям в системе) резервирования работ КВР в условиях одиночных ошибок процессоров параллельной ВС [8].

Разработан новый формальный подход к оценке отказоустойчивости управляющих параллельных ВС при выполнении *каждого конкретного* КВР со *случайными* временами реализации его программных модулей [8].

3.3. Лаборатория анализа свойств систем сложной структуры

(заведующий д-р техн. наук Б.Г. Волик, ✉ LFVLK@ipu.rssi.ru)

3.3.1. Разработка методов и моделей принятия решений при управлении противоборствующими силами в условиях неполноты информации

Разработаны структура систем имитационного моделирования военно-технических систем с различными видами вооружений и методология сравнительной оценки вариантов таких систем, сценарии и методика проведения машинных экспериментов для оценки их эффективности [1].

Разработана концепция двухконтурной системы имитационного моделирования военных действий, которая отличается появлением новых блоков интеллектуализации при выборе решения и созданием новых блоков учета неполноты и недостатка информации военных действий у каждой из противоборствующих сторон. Предложены алго-

ритмы принятия решений в условиях информационной неопределенности.

Разработана концепция автоматизированной системы поддержки принятия решений, методология оценки, сравнения и выбора наиболее предпочтительных решений из множества вариантов, полученных при моделировании различных ситуаций.

На базе теории полумарковских процессов и уравнений динамики боя разработаны математические модели функционирования боевых систем. Для решения задачи прогноза и расчета средних значений показателей боевых действий используются методы статистического моделирования. Для выбора решения при планировании операции по результатам статистического моделирования разработан алгоритм выработки решения по векторному критерию.

3.3.2. Развитие теории и разработка методов анализа эксплуатационной работоспособности систем сложной структуры

Развита теория моделирования надежности и безопасности сложных систем динамическими деревьями отказов, событий. Разработана методология агрегирования статических и динамических моделей анализа надежности и безопасности на основе деревьев отказа, событий; методы декомпозиции системы на основе односвязной и многосвязной структурной декомпозиции, логической декомпозиции, декомпозиции с использованием полной группы несовместных событий для специально выделенной совокупности элементов модели, декомпозиции по «быстрым» и «медленным» процессам для моделирования отказо- и сбоеустойчивых вычислительных систем (ОУВС); новые методы представления и преобразования деревьев отказа, ориентированные на автоматизацию агрегирования статических и динамических моделей надежности и получение ортогональной формы логического описания, минуя общепринятый подход с минимальными путями, сечениями [2].

Разработан ряд динамических надежностных моделей, учитывающих особенности функционирования и отказов систем. В их числе:

модели технологических систем с промежуточными накопителями; модели обработки неисправностей и деградации в ОУВС; модели анализа систем с несовершенным контролем и определения как частных характеристик полноты, глубины и видов отказов контроля, так и интегрального показателя достоверности контроля [3]; модели анализа производительности и эффективности; алгоритмы моделирования случайных событий для статистических моделей надежности; метод опреде-



ления, по критерию минимума удельных эксплуатационных затрат, оптимального периода функционирования объекта до плановой замены для двух видов стратегии замен с учетом разного рода затрат и потерь при отказах [4]; метод статистического анализа данных по наработкам на основе графоаналитических моделей и получения классов обобщенных распределений для описания распределений по малым выборкам; модель анализа техногенной безопасности систем с защитой; метод вычисления параметра потока отказов и оценка вероятности безотказной работы в логико-вероятностных моделях восстанавливаемых систем; метод вычисления дифференциальных показателей и моментов более высокого порядка, чем первый для наработки до отказа в марковских моделях с «доходами».

3.3.3. Решение проблем информатизации органов управления городским хозяйством

Работы выполнялись совместно с лабораторией автоматизации проектирования и управления многоцелевыми объектами [5]. В результате:

- предложена методология идентификации объектов энергетического хозяйства и разработана общая база данных систем энергетики Москвы;
- разработана система показателей для оценки состояния и развития элементов технологической и инженерной инфраструктуры отдельных предприятий и отрасли коммунального городского хозяйства (КГХ) в целом;
- разработана система классификации материальных объектов КГХ для решения задач учета и управления техническим состоянием объектов;
- разработано алгоритмическое и программное обеспечение для системы учета материальных объектов отрасли теплоэнергоснабжения Москвы;
- разработан метод выбора состава и видов показателей надежности автоматизированных информационных систем КГХ.

3.4. Лаборатория автоматизированных систем массового обслуживания

(заведующий канд. техн. наук М.П. Фархадов, ✉ mais@ipu.ru)

По этому научному направлению развернута программа «АСМО нового поколения», нацеленная на то, чтобы информационное и сервисное обслуживание населения стало более дешёвым, более открытым и доступным широким слоям населения. Ключевую роль в этом направлении призваны сыграть компьютерные речевые технологии — распознавание и синтез речи, идентификация голоса, анализ речевого потока. Речевой портал, реализующий функции самообслужива-

ния в интерактивном режиме и предоставляющий интеллектуальные услуги, способен заменить собой десятки обученных операторов и диспетчеров, что даёт большую денежную экономию и владельцам систем. Основные полученные результаты состоят в следующем.

Разработаны принципы функционирования нового поколения систем массового обслуживания. Сформулированы отличительные свойства таких систем, которые включают в себя принципы открытости, использования сетей общего пользования, элементов естественного языка, многофункциональность, управление надёжностью и доходами. Разработана методология повышения эффективности и открытости систем массового обслуживания путем применения в них речевых технологий [1—3].

Исследованы особенности речевого человеко-машинного интерфейса и созданы модели для его анализа и оптимизации [4—5].

Разработаны модели управления диалогом в системах с распознаванием речи, которые могут быть использованы как при проектировании систем массового обслуживания с речевым интерфейсом, так и при оперативном управлении функционированием таких систем [6—10].

Созданы математические модели для расчета количественных характеристик речевых порталов и для оценки характеристик обслуживания вызовов [7—11].

Сформулированы принципы и разработаны методы обеспечения устойчивости систем обслуживания с ненадежным речевым вводом. Созданы принципы и методы обнаружения и коррекции ошибок в целях обеспечения устойчивости систем обслуживания с речевым вводом [1].

Рассмотрена модель электронного правительства как автоматизированной системы массового обслуживания населения (АСМО). Проанализированы официальные документы, ориентированные на предоставление государственных услуг гражданам. Показана преемственность топологических и функциональных параметров и критериев современных АСМО и системы электронного правительства [12].

Разрабатываются принципы создания, элементы и описание письменного языка для отображения жестов, используемых для общения людьми с нарушениями слуха [13, 14]. Сформулированы задачи и разработаны принципы управления и математические модели распределением ресурсов с целью оптимизации доходов на основе изучения рыночной ситуации и статистических данных о реализации распределяемого ресурса [15].



3.5. Лаборатория технической диагностики и отказоустойчивости

(заведующий д-р техн. наук М.Ф. Каравай, ✉ mkaravay@ipu.ru)

Предложено и исследовано новое семейство фигурно-решетчатых графов как моделей структур вычислительных систем и систем связей. Впервые предложено представление циклов в n -мерных гиперкубах в виде последовательности номеров измерений. На этой основе разработана классификация гамильтоновых циклов в гиперкубах и в графах Кэли. Разработан и исследован метод построения гамильтоновых циклов в двоичных гиперкубах с неисправными ребрами. Исследованы вопросы организации максимальных циклов в неисправных гиперкубовых структурах вычислительных систем [1].

Для моделей цифровых систем, заданных в виде целевых графов, впервые предложена и разработана математическая теория отказоустойчивости, основанная на нахождении групповых инвариантов графов отказоустойчивых систем. Доказано, что для k -отказоустойчивости n -вершинного графа его минимальное расширение до $(n + k)$ -вершинного графа должно иметь порядок группы симметрии пространства не ниже $n + k$. Разработаны алгоритмы построения отказоустойчивых графов, основанные на нахождении гамильтоновых циклов, их расширении и вращательной трансляции по группе C_{n+k} или D_{n+k} . Доказана минимальность полученных решений. Разработаны алгоритмы реконфигурации при возникновении отказов, позволяющие достаточно просто найти инвариант, изоморфный исходному целевому графу. При этом сохраняются исходная логическая структура и код задачи, изменяются только адресные таблицы [2–4].

Проведены (и продолжаются) принципиально новые оригинальные исследования по созданию универсальной сетевой структуры, эквивалентной по своим характеристикам полному N -вершинному графу, но имеющей в \sqrt{N} раз меньше связей, чем полный граф. Исследования ведутся на основе комбинаторной теории неполных уравновешенных блок-схем. Результаты позволяют естественным образом отображать структуру решающего поля на любую структуру задачи. Решены проблемы отказоустойчивости и реконфигурации, масштабирования и уменьшения энергопотребления [4–7].

Разработаны принципиально новые методы построения системных сетей для многопроцессорных вычислительных систем на основе комбинаторной теории неполных уравновешенных блок-схем. Эти методы обеспечивают возможность инвариантного (с сохранением маршрутных свойств)

произвольного расширения любых системных сетей [5].

Разработана теория и методы повышения быстродействия локальных сетей и распределенных систем управления путем совмещения процессов вычисления и передачи данных в канале [8].

Выполнены исследования по проектированию логических схем в ПЛИС на основе принципов отказоустойчивой упаковки. Разработаны новые оригинальные алгоритмы реконфигурации ПЛИС при отказе ячеек кристалла.

3.6. Лаборатория системной интеграции средств управления

(заведующий канд. техн. наук Ю.С. Легович, ✉ legov@ipu.ru)

Исследованы принципы построения и разработана структура программно-аппаратного комплекса имитационного моделирования вооруженной борьбы противодействующих группировок. Построена стохастическая модель боевого столкновения противоборствующих группировок, включающая в себя алгоритм расчета соотношения сил группировок, представленных в графическом виде, принятом в штабах вооруженных сил РФ, и систему управления базой данных боевых соединений.

Разработана концепция системы управления процессом имитационного моделирования на основе картографического интерфейса, обеспечивающего взаимодействие имитационной системы непосредственно с офицерами высшего звена без необходимости привлечения операторов.

Разработана методология получения и обработки результатов лазерного зондирования атмосферного воздуха. На основе параметрических методов решения обратной задачи атмосферной оптики разработаны алгоритмы получения количественных оценок концентрации и размеров аэрозольных частиц загрязняющих веществ, источником которых являются выбросы промышленных объектов [1].

Исследована устойчивость алгоритмов измерения параметров атмосферных аэрозолей к влиянию параметров точности и помехоустойчивости измерительного тракта лазерного локатора (лидара). Проведен синтез цифровых фильтров для решения задачи частотной селекции в целях упорядочивания спектра модели и подавления шума в экспериментальных данных, получаемых в процессе дистанционных измерений параметров атмосферных аэрозолей [2].

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований лучших зарубежных образцов технических и программных средств автоматизации управления технологическими объектами разработана концепция построения типовой



системы автоматического управления новыми вакуумными дугowymi электропечами (рис. 2, см. вклейку к с. 42) [3].

Разработан алгоритм косвенного измерения параметров частоты капель расплавленного металла, которые возникают в процессе плавки. Алгоритм обеспечивает минимальное запаздывание, что позволяет применять его в системах прямого цифрового управления процессом плавки [4, 5].

Разработана и исследована структура комплекса технических средств информационно-аналитического центра экологического мониторинга и беспроводной сети сбора информации от территориально распределенных автоматических пунктов контроля (включая каналы сбора и передачи данных). Основу центра обработки составляет трехсерверный кластер с возможностью горячей замены всех узлов серверов. В качестве каналов передачи данных впервые использованы беспроводные каналы на основе технологии WiFi и GSM. Выбранные решения стали типовыми для всех объектов по уничтожению химического оружия и позволили обеспечить безотказную работу систем в течение всего срока эксплуатации объекта [6, 7].

Разработаны методы и средства проектирования беспроводных каналов связи технологии WiFi повышенной дальности, учитывающие конкретные параметры передающих и принимающих антенн, реального рельефа местности и типа подстилающей поверхности. Основу методики составляет разработанная модель радиоканала передачи данных на основе квантовой теории поля [8 — 10].

Разработана цифровая модель переноса загрязняющих веществ в атмосфере с учетом метеорологических условий и рельефа местности. Основу модели составляет разработанный алгоритм численного решения уравнения атмосферной диффузии, обеспечивающий моделирование и расчет концентраций атмосферных примесей антропогенного происхождения при заданных внешних условиях. Алгоритм учитывает изменяющиеся во времени метеорологические параметры (температура, влажность, давление, скорость и направление ветра), оперативно получаемые от метеостанций, расположенных в ближней от источника загрязнения зоне [11].

3.7. Лаборатория распределенных информационно-аналитических и управляющих систем (заведующий канд. техн. наук А.Г. Полетыкин, ✉ poletik@ipu.ru)

3.7.1. Методы и программные средства для распределенных информационно-управляющих систем управления (АСУТП АЭС)

На основе теории нечетких множеств и нечетких интегралов разработан новый метод автоматической генерации правил диагностики технологических процессов. Разработан метод нечеткого ло-

гического вывода для интеллектуальных языков программирования.

Сформулированы принципы, разработана и исследована новая универсальная информационная технология создания информационно-управляющих систем верхнего уровня для АСУТП различного назначения, к которым предъявляются повышенные требования по надежности, отказоустойчивости и непрерывному режиму работы в течение неограниченного срока [1].

На основе этих результатов разработана система верхнего блочного уровня (СВБУ) для АСУТП АЭС. Общее руководство работами вел академик НАН Грузии И.В. Прангишвили. Разработанная СВБУ интегрирует и координирует работу всех подсистем АСУТП, централизует и архивирует информационные потоки и предоставляет оперативному персоналу АЭС удобные, надежные и быстрые средства управления АЭС. Система передана заказчику и в настоящее время поставляется в ряд зарубежных проектов АЭС (Иран, Индия, Китай).

В ходе работ был создан ряд новых информационных технологий, которые могут применяться в различных областях, включая предприятия ТЭК, химические и другие производства. К ним, в частности, относятся:

- высоконадёжная операционная система семейства UNIX (аттестована для применения в атомной энергетике, стопроцентная лицензионная чистота, неограниченная гарантия и поддержка, документация, соответствующая ГОСТ);
- рабочее программное обеспечение и конфигуратор — SCADA-система для атомной энергетике (разработана по заказу Минатома, разрешена для применения в системах, важных для безопасности, стопроцентная лицензионная чистота, тестирована тремя независимыми организациями, документация по ГОСТ, открытые исходные коды).

3.7.2. Исследование и разработка корабельных систем управления

Были исследованы и разработаны оптимальные методы программно-аппаратной реализации корабельных систем управления техническими средствами. К этому циклу относятся работы по функционально-топологическому анализу и синтезу корабельных систем управления, по разработке методов динамической реконфигурации сетей, по созданию отказоустойчивых систем с использованием предложенных принципов асимметричного мультипроцессинга [2].

3.7.3. Компьютерные основы структурно-сложных распределенных вычислений с управлением

Сформирован новый научный подход к решению проблем организации распределенных вычислений и процессов управления в глобальных



компьютерных средах на основе оригинальной модели исчисления древовидных структур, а именно: разработаны принципы формирования в ресурсах локальных и глобальных сетей математически однородного функционального пространства, в котором свойство универсальной программируемости распространяется с внутренних ресурсов компьютеров на распределенные вычислительные ресурсы; разработан и обоснован базис программирования свободно масштабируемых распределенных вычислений и процессов управления в сетевой архитектуре «Peer-to-Peer»; разработаны и математически обоснованы модели организации высоконадежных распределенных вычислений в изначально недетерминированных компьютерных средах [3].

Полученные теоретические результаты не имеют аналогов и получены с опережением мирового уровня. Растущий неудовлетворенный спрос на массово доступные распределенные системы обработки и управления позволяет утверждать, что индустриальное воплощение разработанных принципов откроет перспективы возрождения конкурентоспособного отечественного компьютеростроения и выхода на мировой компьютерный рынок.

3.7.4. Дискретная обработка данных

Разработана теория кратных вычислений и найден новый способ их структурной организации — параллельные вычисления во времени. Предложена методология понятийного анализа и контекстная технология обработки данных, позволяющие путем построения понятийной модели предметной области и определения специализированного предметного языка на основе выявления четырех видов отображений понятий, задания форм их выражения и описания семантики каждой такой формы методом математической индукции получать эффективные высокоуровневые формальные спецификации предметной области, имеющие низкоуровневую реализацию на различных вычислительных платформах, а также на основе обобщения декомпозиции дискретных функций на бигруппоидах, позволяющих решать системы линейных уравнений, разрабатывать эффективные методики синтеза формульных представлений, находить оценки достигаемой сложности и определять эффективность низкоуровневой реализации дискретной обработки данных при конечной размерности задачи [4].

3.7.5. Мониторинг и управление крупномасштабными системами

Разработаны кластерные модели и методы ситуационного подхода к управлению крупномасштабными процессами. На их основе сформирована методология экспертного наблюдения как инстру-

мента адаптивного мониторинга крупномасштабных процессов, поддержки принятия и контроля эффективности управляющих решений иерархической структуры (в том числе на микро-, макроуровне и в целом). В обобщенном виде полученные теоретические результаты сформулированы в виде концепции перестраиваемого виртуального управляющего СИГМА-хранилища, осуществляющего системную интеграцию данных в интересах глобального мониторинга и анализа приоритетных объектов, процессов и задач управления [5].

3.7.6. Информационные системы анализа и распознавания изображений для управления медико-биологическими объектами

Создан формальный аппарат, обеспечивающий единообразное и компактное описание изображений объектов; разработана методика формализации и структурирования знаний биологов о диагностируемых объектах (клеточных и тканевых структур), основанная на их структурном, семантическом и параметрическом описаниях; разработан новый метод сегментации цветных изображений разнотипных объектов на основе интерактивного порогового преобразования в пространстве цветовых признаков HSV и RGB; разработан новый метод обработки, анализа и параметризации изображений кометоподобных объектов — «комет» (объектов, синтезированных из флуоресцирующих точек разной яркости), позволяющий автоматически оценивать степень повреждения «ДНК-комет», вызванных канцерогенными факторами окружающей среды [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Руководство секции «Технические средства автоматики и вычислительной техники» Ученого совета Института, опираясь на данные по результатам исследований отдельных лабораторий, провело анализ реальных сфер интересов научных коллективов лабораторий и их потенциальных возможностей. Результаты приведены в таблице.

В строках таблицы перечислены конкретные направления теоретических и прикладных исследований, относящиеся к области технических средств и систем автоматизации. Знаки «+» в клетках таблицы отражают интересы лабораторий к работам по соответствующим направлениям. Совпадение этих интересов к отдельным направлениям говорит о возможности участия групп лабораторий в крупных проектах.

Следует обратить внимание на направления, объединяющие большинство лабораторий:

- системы и устройства измерения;
- системы управления;



Анализ направлений деятельности лабораторий

| Направления деятельности | Заведующие лабораториями | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-------------|---------------|------------|---------------|--------------|--------------|---------------|-------------|-------------|--------------|
| | А.М. Касимов | А.А. Амбарцумян | В.В. Игнатушченко | Б.Г. Воллик | С.И. Касаткин | В.Д. Зотов | М.П. Фархадов | М.Ф. Каравай | Ю.С. Легович | А.Г. Поляткин | Б.В. Лункин | Р.Р. Бабаян | В.Ю. Кнеллер |
| Элементы и датчики | + | | | | + | | | | | | + | + | + |
| Приборы | | | | | + | | | | | | + | + | + |
| Пневмоавтоматика | + | | | | | | | | | | | | |
| Надежность | | | + | + | + | | + | + | | | | | |
| Диагностика | | + | + | | + | | | + | | | | | |
| Системы измерения | + | + | | | + | | | | + | | + | + | + |
| Системы контроля | | + | | | | | + | | + | | + | | + |
| Системы управления | + | + | + | + | | | + | + | + | | | | |
| Вычислительные системы | | + | + | | | | + | + | + | | | + | |
| Системы телекоммуникаций | | + | | | | | + | | + | | | | |
| Системы массового обслуживания | | | + | | | | + | | | | | | |
| Системы моделирования | | + | + | + | | | + | | + | | | + | |
| Системы обучения | | | | + | | | + | | + | | | | |

- системы моделирования;
- вычислительные системы.

Приведенные в § 3 основные научные результаты последних 10 лет, имеющиеся в Институте материалы по результатам внедрения, приведенные результаты анализа научного потенциала лабораторий и публикационной активности их сотрудников позволяют утверждать: *лаборатории, входящие в исторически сложившийся пул, удачно дополняют друг друга в смысле системной интеграции и способны к успешному выполнению крупных наукоемких проектов автоматизации объектов национальной экономики*, а практика обсуждения научных результатов в рамках секции Ученого совета Института служит гарантией качества научно-технических решений в проектах.

ЛИТЕРАТУРА

К Введению и § 1

1. Гаврилов М.А. Теория релейно-контактных схем. — М.: Изд. АН СССР, 1950.
2. Трапезников В.А. Принципы построения промышленных приборов автоматического контроля и регулирования // Изв. АН СССР. — 1950. — № 10. — С. 1450—1460.
3. Коган Б.Я. Электронные моделируемые устройства и их применение для исследований систем автоматического регулирования. — М.: Физматгиз, 1963.
4. Сотсков Б.С. Основы расчета и проектирования элементов автоматических и телемеханических устройств. — М.: Госэнергоиздат, 1953.

5. *Карибский В.В., Сотсков Б.С.* Общая государственная система приборов и технических средств автоматизации // Стандартизация. — 1962. — № 10. — С. 10—14.
6. *Сотсков Б.С.* Тенденции и перспективы развития основ построения ГСП // Приборы и системы управления. — 1972. — № 8. — С. 4—7.
7. *Агейкин Д.И., Костина Е.Н., Кузнецова Н.А.* Датчики автоматического контроля и регулирования. — М.: Машиностроение, 1965.
8. *Принцип инвариантности в измерительной технике / Б.Н. Петров, В.А. Викторов, Б.В. Лункин, А.С. Совлуков.* — М.: Наука, 1976.
9. *Айзерман М.А.* Пневмоавтоматика и гидравлика (сборник статей). — М.: Наука, 1964.
10. *Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации / Под ред. Г.И. Кавалерова.* — М.: ЦНИИТЭИПриборостроения, 1981.
11. *Прангишвили И.В., Виленкин С.Я., Медведев И.Л.* Параллельные вычислительные системы с общим управлением. — М.: Энергоатомиздат, 1983.
12. *Прангишвили И.В., Амбарцумян А.А.* Научные основы построения АСУТП сложных энергетических систем. — М.: Наука, 1993.
13. *Прангишвили И.В., Амбарцумян А.А.* Основы построения АСУ сложными технологическими процессами. — М.: Энергоатомиздат, 1994.

К п. 2.1

1. *Касимов А.М., Шубин А.Н.* Некоторые результаты исследований в области пневмогидроавтоматики // Приборы и системы управления. — 1994. — № 11. — С. 44—46.
2. *Струйные и компенсационные методы измерения покомпонентного расхода текущих сплошных сред / А.В. Ахметзянов, А.М. Касимов, Б.В. Лункин, А.И. Попов // Материалы Росс. конф. с междунар. участием (10—12.11.2008, Москва) «Технические и программные средства управле-*



- ния, контроля и измерения» УКИ'08 / Ин-т пробл. упр. — М., 2008. — С. 254—256.
3. *Радикальное* повышение быстродействия элементной базы резервных систем управления летательными аппаратами / А.М. Касимов, Э.М. Мамедли, А.И. Попов, Л.Т. Чернявский // Датчики и системы. — 2005. — № 4. — С. 29—33.
 4. *Струйная* пневмоавтоматика воздушно-реактивных двигателей в авиационной практике / Г.П. Степанов, А.М. Касимов, Н.В. Вологодский, А.А. Белуков // Избран. труды Междунар. конф. по проблемам управления (29 июня — 2 июля 1999, г. Москва). — М.: Наука. — Т. 2. — С. 220—232.
 5. *Касимов А.М.* Состояние и перспективы развития струйной пневмоавтоматики // Материалы Росс. конф. с междунар. участием (10 — 12.11.2008, Москва) «Технические и программные средства управления, контроля и измерения» УКИ'08 / Ин-т пробл. упр. — М., 2008. — С. 259—260.
- К п. 2.2**
1. *Касаткин С.И., Васильева Н.П., Муравьев А.М.* Спинтронные магниторезистивные элементы и приборы на их основе. — М.: ЭЛЕКТРОНИНФОРМ, 2005.
 2. *Магнитные* и магнитооптические свойства магнитополупроводниковых наноструктур ферромагнетик-полупроводник / В.Е. Буравцова и др. // Физика твердого тела. — 2004. — № 5. — С. 864—874.
 3. *Вагин Д.В., Касаткин С.И., Поляков П.А.* Анализ работоспособности датчика магнитного поля на основе микроэлемента кольцевой формы // Датчики и системы. — 2005. — № 11. — С. 24—28.
 4. *Частотные* характеристики однослойных анизотропных магниторезистивных наноэлементов / С.И. Касаткин, Д.В. Вагин, О.П. Поляков, П.А. Поляков // Автоматика и телемеханика. — 2008. — № 10. — С. 168—175.
- К п. 2.3**
1. *А. с. 1739402 СССР.* Полупроводниковые структуры и методы управления их проводимостью / В.Д. Зотов и др. 1992.
 2. *Пат. 5742092 USA.* Semiconductor Structures, Methods for controlling Their Conductivity and Sensing Elements Based on These Semiconductor Structures / Zotov V.D., et al. 1998.
 3. *Зотов В.Д.* Полупроводниковые многофункциональные сенсоры широкого применения (Z-сенсоры) // Chip News. — 1998. — № 4. — С. 22—24.
 4. *Зотов В.Д.* Z-термисторы — новый класс температурных сенсоров // Chip News. — 1999. — № 1. — С. 37—39.
 5. *Зотов В.Д.* Z-термисторы в приборах и системах контроля, регулирования и измерения температуры // Chip News. — 2004. — № 9. — С. 44—45.
 6. *Зотов В.Д., Виноградова Е.П., Миронова П.В.* Теоретические исследования Z-эффекта в Z-термисторах // Датчики и системы. — 2004. — № 5. — С. 18—22.
 7. *Зотов В.Д.* Z-термисторы // Электронные компоненты. — 2005. — № 1. — С. 70—71.
 8. *Десова А.А.* Принципы формирования диагностически значимых признаков ритмической структуры пульсового сигнала // Проблемы управления. — 2006. — № 1. — С. 69—75.
 9. *Бабиков В.М., Панасенко И.М.* Учет человеческого фактора при обеспечении надежности человеко-машинных систем // Человеческий фактор в управлении / Под ред. Н.А. Абрамовой, К.С. Гинсберга, Д.А. Новикова. — М.: КомКнига, 2006. — С. 135—150.
- К п. 2.4**
1. *Лункин Б.В.* Диагностирование датчиков на объектах контроля и управления // Автоматика и телемеханика. — 2003. — № 11. — С. 183—194.
 2. *Викторов В.А., Совлуков А.С., Терёшин В.И.* Методы построения радиочастотных однозондовых устройств для многопараметровых и инвариантных измерений // Датчики и системы. — 2004. — № 5. — С. 8—13.
 3. *Викторов В.А., Совлуков А.С.* Многозондовые датчики // Датчики и системы. — 2005. — № 3. — С. 57—68.
 4. *Лункин Б.В.* Основы теории чувствительных элементов слоистой структуры радиоволновых датчиков // Тр. ИПУ. — М., 2002. — Т. XVI. — С. 7—20.
 5. *Лункин Б.В., Мишенин В.И., Криксунова Н.А.* Определение объемного содержания компонентов эмульсии типа «нефть—вода» по параметрам электромагнитного резонатора // Измерительная техника. — 2007. — № 9. — С. 60—65.
 6. *Лункин Б.В., Криксунова Н.А.* Определение положения границ раздела слоистых сред с помощью радиочастотного датчика // Датчики и системы. — 2007. — № 1. — С. 8—12.
 7. *Совлуков А.С., Терёшин В.И.* Радиочастотный метод измерения количественных параметров сжиженных углеводородных газов в резервуарах // Измерительная техника. — 2005. — № 10. — С. 68—71.
 8. *Лункин Б.В., Криксунова Н.А.* Определение объемного содержания трехслойных потоков в трубопроводах на основе радиоволнового датчика // Тр. 4-й Междунар. конф. по проблемам управления / Компакт-диск. — М.: ИПУ РАН, 2009. — С. 1448—1453.
 9. *Дацко А.П., Лункин Б.В., Фатеев В.Я.* Использование гибридных колебаний для измерения количества жидкости в баках с подвижными вытеснителями // Измерительная техника. — 2008. — № 1. — С. 33—37.
- К п. 2.5**
1. *Бабаян Р.Р.* Микроэлектронные устройства для обработки непрерывной информации. — М.: Наука, 2003.
 2. *Бабаян Р.Р.* Схемотехнические методы повышения термостабильности диодных нелинейных элементов // Датчики и системы. — 2001. — № 10. — С. 33—36.
 3. *Бабаян Р.Р.* Технология получения тонких пленок металлических сплавов с аморфной структурой // Датчики и системы. — 2002. — № 2. — С. 28—33.
 4. *Бабаян Р.Р.* Оценки погрешности аналоговых умножителей на квадраторах // Датчики и системы. — 2001. — № 4. — С. 22—25.
 5. *Пат. 2239227 РФ.* Многоразрядный сумматор / В.А. Лементуев // Бюл. — 2004. — № 30.
- К п. 2.6**
1. *Агамалов Ю.Р.* О построении средств измерений на основе принципа адаптации // Автоматика и телемеханика. — 2007. — № 7. — С. 166—179.
 2. *Агамалов Ю.Р.* Формализация синтеза пассивных четырехплечих мостовых цепей переменного тока на основе дескриптивного логико-математического подхода // Измерительная техника. — 2008. — № 10. — С. 18—23.
 3. *Агамалов Ю.Р.* Метод неравномерной дискретизации сигналов переменного тока с адаптацией к их частотам и его приложение к задачам фильтрации и гармонического анализа // Тр. ИПУ. — 2002. — Т. XVI. — С. 39—47.
 4. *Бобылев Д.А.* Эффективное подавление сетевой помехи в измерителях-анализаторах импеданса с широким динамическим диапазоном значений тестового сигнала // Датчики и системы. — 2006. — № 12. — С. 31—36.
 5. *Агамалов Ю.Р., Бобылев Д.А., Кнеллер В.Ю.* Виртуальные измерители-анализаторы параметров импеданса // Датчики и системы. — 2004. — № 5. — С. 14—18.
 6. *Боровских Л.П.* Использование априорной информации для повышения точности измерения параметров объектов



- с многоэлементной схемой замещения // Датчики и системы. — 2006. — С. 22—25.
7. Попов В.С., Смирнов К.И. Способы компенсации погрешности измерительных преобразователей с помощью комбинированной обратной связи // Автоматика и телемеханика. — 2004. — № 4. — С. 185—203.
 8. Скоморохов В.А. Концептуальные основы построения научной картины мира измерительного приборостроения // Материалы Росс. конф. с междунар. участием (10—12.11.2008, Москва) «Технические и программные средства управления, контроля и измерения» УКИ'08 / Ин-т пробл. упр. — М., 2008. — С. 173—174.
 9. Разбегин В.П., Скоморохов В.А., Фаянс А.М. Подход к построению автоматического открывателя знаний в области преобразовании величин. Основные принципы и требования // Там же. — С. 561—565.
 10. Кнеллер В.Ю. Преобразование физических величин: специфика, связи с другими процессами, пути решения основных задач // Датчики и системы. — 2007. — № 12. — С. 58—67.

К п. 3.1

1. Амбарцумян А.А., Казанский Д.Л. Управление технологическими процессами на основе событийных моделей // Автоматика и телемеханика. — 2001. — № 10. — С. 188—202; № 11. — С. 165—182.
2. Ambartsumian A., Kazansky D. An approach to technological process control systems based on model with technological coalitions // 20th Int. Conf. Systems Engin. (ICSEng'08). Las Vegas, USA. August 19 — 21, 2008. — P. 219—224.
3. Ambartsumian A., Kazansky D. Complex automation of technological processes with involving event model in feedback control scheme // 17th IFAC World Congr., Seoul, Korea. July 6 — 11, 2008. — P. 28—33.
4. Амбарцумян А.А., Браништов С.А. Модели профильного включения персонала в управление сложными технологическими процессами. // Человеческий фактор в управлении / Под ред. Н.А. Абрамовой, К.С. Гинсберга, Д.А. Новикова. — М.: КомКнига, 2006. — С. 110—134.
5. Амбарцумян А.А., Браништов С.А. Формальная модель технологического регламента в АСУТП // Проблемы управления. — 2008. — № 2.
6. Амбарцумян А.А., Браништов С.А. Событийные модели управления технологическими процессами, ориентированные на защиту от ошибочных действий персонала. — М.: ООО «Гринвич», 2006. — 168 с.
7. Амбарцумян А.А. НЕР-истемы управления технологическими процессами — новый тип систем, ориентированный на технологическую безопасность и защиту от ошибок персонала // Проблемы управления. — 2007. — № 3. — С. 35—47.
8. Потехин А.И. Метод нахождения точек контроля для систем противоаварийной автоматики // Автоматика и телемеханика. — 2005. — № 7.
9. Потехин А.И. Логические модели транспортной сети объектов с поточной технологией // Автоматика и телемеханика. — 2008. — № 2.
10. Амбарцумян А.А. Супервизорное управление структурированными динамическими дискретно-событийными системами // Материалы Росс. конф. с междунар. участием (10—12.11.2008, Москва) «Технические и программные средства управления, контроля и измерения» УКИ'08 / Ин-т пробл. упр. — М., 2008. — С. 32—56.

К п. 3.2

1. Игнатущенко В.В., Подшивалова И.Ю. Динамическое управление надежным выполнением параллельных вычислительных процессов для систем реального времени // Автоматика и телемеханика. — 1999. — № 6. — С. 142—157.

2. Игнатущенко В.В. Новая компьютерная технология: управление надежным выполнением сложных наборов задач в параллельных управляющих вычислительных системах реального времени // Тр. II междунар. конф. «Параллельные вычисления и задачи управления» (РАСО'2004). Москва, окт. 2004. — М., 2004. — С. 395—412.
3. Иванов Н.Н., Игнатущенко В.В., Михайлов А.Ю. Статическое прогнозирование времени выполнения комплексов взаимосвязанных работ в многопроцессорных вычислительных системах // Автоматика и телемеханика. — 2005. — № 6. — С. 89—103.
4. Игнатущенко В.В., Елисеев В.В., О проблеме надежного выполнения сложных наборов задач в управляющих параллельных вычислительных системах // Проблемы управления. — 2006. — № 6. — С. 6—18.
5. Игнатущенко В.В., Исаева Н.А., Подшивалова И.Ю. Проблема адаптивного резервирования вычислительных процессов для их надежного выполнения в управляющих параллельных вычислительных системах // Третья междунар. конф. по проблемам управления (20—22 июня 2006 г.). Пленарные доклады, избранные труды / Компакт-диск. — М.: ИПУ, 2006. — С. 775—781.
6. Игнатущенко В.В., Елисеев В.В., Подшивалова И.Ю. Оценка отказоустойчивости управляющих параллельных вычислительных систем: новый подход // Автоматика и телемеханика. — 2007. — № 6. — С. 166—185.
7. Исаева Н.А. Логический синтез процедур резервирования взаимосвязанных программных модулей в параллельных вычислительных системах // Тр. XXXV междунар. конф. «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации, бизнесе» (IT+SE'2008). Украина, Гурзуф, май 2008 г. — С. 64—69.
8. Игнатущенко В.В., Исаева Н.А. Резервирование взаимосвязанных программных модулей для управляющих параллельных вычислительных систем: организация, новый подход к оценке отказоустойчивости, формализованное описание // Автоматика и телемеханика. — 2008. — № 10. — С. 142—161.

К п. 3.3

1. Буянов Б.Б., Лубков Н.В., Поляк Г.Л. Система поддержки принятия управленческих решений с применением имитационного моделирования // Проблемы управления. — 2006. — № 6. — С. 43—49.
2. Викторова В.С., Волик Б.Г., Степанянц А.С. Анализ надежности вычислительного управляющего комплекса методом комбинации моделей // Надежность. — 2006. — № 2. — С. 53—59.
3. Викторова В.С., Степанянц А.С. Моделирование и анализ контролепригодности бортовых систем самолетов // Надежность. — 2007. — № 3. — С. 62—71.
4. Лубков Н.В. Оптимизация срока службы оборудования по критерию эксплуатационных затрат // Надежность. — 2008. — № 5. — С. 180—190.
5. Гребенюк Г.Г., Лубков Н.В., Никишов С.Н. Оценка состояния и функционирования систем энергоснабжения // Надежность. — 2006. — № 5. — С. 151—162.

К п. 3.4

1. Применение распознавания речи в автоматизированных системах массового обслуживания / В.А. Жожикашвили, А.В. Жожикашвили, Н.В. Петухова, М.П. Фархадов // Автоматизация и современные технологии. — 2003. — № 11.
2. Открытые системы массового обслуживания с распознаванием речи / В.А. Жожикашвили и др. // Проблемы управления. — 2003. — № 4. — С. 55—62.



3. *The first voice recognition applications in Russian language for use in the interactive information systems* / V.A. Zhozhikashvili, M.P. Farkhadov, N.V. Petukhova and A.V. Zhozhikashvili // Proc. Of the Ninth International Conference «Speech and Computer» SPECOM'2004. — Saint-Petersburg, 2004. — P. 304—307.
 4. *Построение структуры человеко-машинного интерфейса для автоматизированных систем массового обслуживания* / В.А. Жожикашвили и др. // Автоматизация и современные технологии. — 2000. — № 3. — С. 5—9.
 5. *Новый человеко-машинный интерфейс для автоматизированных систем массового обслуживания* / В.А. Жожикашвили, А.В. Жожикашвили, Н.В. Петухова, М.П. Фархадов // Тр. ИПУ. — 2000. — Т. IX. — С. 5.
 6. *Фархадов М.П., Жожикашвили А. В.* Математическая модель для расчета среднего числа переспросов при компьютерном распознавании речи // Проблемы управления. — 2006. — № 2. — С. 38—41.
 7. *Математические модели для выбора сценария в информационных системах с распознаванием речи* / Р.В. Билик, З.П. Мясоедова, Н.В. Петухова, М.П. Фархадов // Тр. междунар. науч.-практич. конф. «Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании (ИНФОТЕХ-2007)». — Севастополь: СевНТУ, 2007. — С. 134—136.
 8. *Анализ речевого интерфейса при взаимодействии клиента с автоматизированной системой массового обслуживания* / Р.В. Билик, З.П. Мясоедова, Н.В. Петухова, М.П. Фархадов // Под ред. В.А. Жожикашвили. — М.: МАКС Пресс, 2007. — 112 с.
 9. *Bilik R., Petukhova N., Farkhadov M.* Creation of mathematical models for research of the speech interface // The Second International Conference «Problems of Cybernetics and Informatics PCI'2008». Sept. 10 — 12, 2008. — Baku, 2008. — P. 155.
 10. *Анализ речевого интерфейса в интерактивных сервисных системах. I* / Р.В. Билик, В.А. Жожикашвили, Н.В. Петухова, М.П. Фархадов // Автоматика и телемеханика. — 2009. — № 2. — С. 80—89.
 11. *Петухова Н.В., Фархадов М.П., Троценко А.Ю.* Анализ эффективности голосовой системы самообслуживания с распознаванием речи // Автоматизация и современные технологии. — 2008. — № 10. — С. 21—27.
 12. *Вертлиб В.А., Фархадов М.П., Петухова Н.В.*, «Электронное государство» как автоматизированная система массового обслуживания населения. — М.: МАКС Пресс, 2008. — 116 с.
 13. *Создание виртуального сурдопереводчика с применением технологии распознавания речи* / В.А. Вертлиб, З.П. Мясоедова, Н.В. Петухова, М.П. Фархадов // V Всеросс. школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами». Региональная конференция молодых ученых. — Липецк, 2008. — Т. 2. — С. 12—13.
 14. *Мясоедова З.П., Петухова Н.В., Фархадов М.П.* Сурдосервер на основе речевых и мультимедийных технологий // IX междунар. форум «Высокие технологии XXI века — 2008» / Материалы конференции. — М., 2008. — С. 248—251.
 15. *Зутлер И.А., Фархадов М.П.* Стратегия управления сверхбронированием и сверхпродажами // Тр. ИПУ. — 2000. — Т. IX. — С. 54—58.
- К п. 3.5**
1. *Пархоменко П.П.* Фигурно-решетчатые графы как модели многопроцессорных вычислительных систем // Автоматика и телемеханика. — 2005. — № 3. — С. 169—180.
 2. *Каравай М.Ф.* Минимизированное вложение произвольных гамильтоновых графов в отказоустойчивый граф и реконфигурации при отказах. Часть I. 1-отказоустойчивые структуры // Автоматика и телемеханика. — 2004. — № 12. — С. 174—189.
 3. *Каравай М.Ф.* Минимизированное вложение произвольных гамильтоновых графов в отказоустойчивый граф и реконфигурации при отказах. Часть II. Решетки и k -отказоустойчивость // Автоматика и телемеханика. — 2005. — № 2. — С. 175—189.
 4. *Пархоменко П.П.* Построение максимальных циклов в неисправных двоичных гиперкубах // Автоматика и телемеханика. — № 4. — С. 141—155.
 5. *Николаев А.Б., Подлазов В.С.* Отказоустойчивое расширение системных сетей многопроцессорных вычислительных систем // Автоматика и телемеханика. — 2008. — № 1. — С. 162—170.
 6. *Каравай М.Ф., Пархоменко П.П., Подлазов В.С.* Комбинаторные методы построения двудольных однородных избыточных квазиполных графов (симметричных блок-схем) // Автоматика и телемеханика. — 2009. — № 2. — С.153—170.
 7. *Каравай М.Ф., Пархоменко П.П., Подлазов В.С.* Простые методы построения квазиполносвязных графов (симметричных блок-схем) // Пленарные и избранные доклады четвертой междунар. конф. «Параллельные вычисления и задачи управления» РАСО'2008. г. Москва, 27—29 окт. 2008. — М., 2008. — С. 34—42.
 8. *Стецюра Г.Г.* Совмещение вычислений и передачи данных в системах с коммутаторами // Автоматика и телемеханика. — 2008. — № 5. — С. 170—179.
- К п. 3.6**
1. *Журавлева Н.Г.* Обработка сигналов в системе лазерного зондирования // Материалы Росс. конф. с междунар. участием (10 — 12.11.2008, Москва) «Технические и программные средства управления, контроля и измерения» УКИ'08 / Ин-т пробл. упр. — М., 2008. — С. 193—195.
 2. *Рождественский Д.Б.* Восстановление непрерывной функции по выборке конечного числа равноотстоящих отсчетов // Радиотехника. — 2006. — № 2. — С. 23—27.
 3. *Автоматизация вакуумно-дугового переплава с использованием персональных компьютеров* / С.М. Нехамин, С.В. Мулин, Ю.С. Легович, М.А. Киссельман // Сталь. — 2000. — № 10. — С. 62—67.
 4. *Рождественский Д.Б.* Методы экстраполяции на основе алгоритма восстановления непрерывного процесса по конечному числу равноотстоящих отсчетов // Автоматика и телемеханика. — 2008. — № 1. — С. 183—189.
 5. *Рождественский Д.Б.* Автоматический регулятор с алгоритмом экстраполяции // Информационно-измерительные и управляющие системы. — 2008. — № 5. — Т. 6. — С. 29—33.
 6. *Ефремов А.Ю., Куделин А.Е., Легович Ю.С.* Система визуализации экологической информации объектов уничтожения химического оружия. В кн.: Ивери Варламович Прангишвили: более полувека в науке управления. — М., 2007. — С. 109—116.
 7. *Анисимова Н.Г., Ефремов А.Ю.* Оценка состояния атмосферного воздуха в районе объекта уничтожения химического оружия методами теории нечетких множеств // Экологические системы и приборы. — 2009. — № 2. — С. 59—61.
 8. *Максимов Д.Ю.* Синтез нейросети для задачи формирования сети беспроводной передачи данных экологического мониторинга объекта уничтожения химического оружия // Нейрокомпьютеры. — 2007. — № 1. — С. 54—58.
 9. *Легович Ю.С., Максимов Ю.В., Максимов Д.Ю.* Методы расчета затухания сигнала в беспроводных системах передачи данных с учетом рельефа местности и параметров ан-



тенн // Автоматика и телемеханика. — 2008. — № 2. — С. 180—189.

10. *Легович Ю.С., Максимов Ю.В., Максимов Д.Ю.* LabVIEW в расчетах радиолиний систем передачи данных // Междунар. науч.-практ. конф. «Образование, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments» / Сб. докл. — М., 2007. — С. 84—88.
11. *Легович Ю.С., Ефремов А.Ю., Масимов Д.Ю.* Расчет переноса и осаждения аэрозоля в реальном времени // Экологические системы и приборы. — 2008. — № 6. — С. 32—34.

К п. 3.7

1. *Полетыкин А.Г.* Программное обеспечение для АСУТП АЭС ИПУ РАН // Тр. отраслевого семинара «Современные программно-технические средства и технологии в АСУТП». — Обнинск: ФГОУ «ГЦИПК», 2008. — С. 89—98.
2. *Иванов А.И., Лазутина Н.А.* Особенности мониторинга сложных систем управления // Труды второй междунар. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2008) (1—3 октября 2008, г. Москва, Россия). — М., 2008. — С. 196—200.
3. *Затуливетер Ю.С., Фищенко Е.А.* Управление в графоцифровых системах на основе компьютерного исчисления

древовидных структур // Труды второй междунар. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2008) (1—3 октября 2008, г. Москва, Россия). — М., 2008. — С. 33—41.

4. *Выхованец В.С.* Описание семантики контекстно-свободных языков методом математической индукции // НТИ, сер. 2: Информационные процессы и системы. — 2008. — № 7. — С. 6—14.
5. *Стратегическое управление промышленными предприятиями и корпорациями: методологические и инструментальные средства* / А.И. Буравлев, Г.И. Горчица, В.Ю. Саламатов, И.А. Степановская. — М.: Физматлит, 2008. — 176 с.
6. *Программно-аппаратный комплекс оценки индивидуальной радиочувствительности онкологических больных с использованием метода «комет»* / Г.М. Попова и др. // Альманах клинической медицины. — 2008. — Т. XVII. — Ч. 1. — С. 368—371.

*П.П. Пархоменко,
А.А. Амбарцумян,
Ю.С. Легович*



Пархоменко Павел Павлович — д-р техн. наук, профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник ИПУ, специалист в области теории дискретных устройств и систем, комбинаторики и технической диагностики, технической диагностики. С 1964 по 1994 г. зав. лабораторией технической диагностики ИПУ. Председатель секции «Технические средства автоматизации и вычислительной техники» Ученого совета ИПУ. С 1969 г. и до перестройки он организатор и научный руководитель ежегодных школ-семинаров, организатор регулярных всесоюзных совещаний по технической диагностике. Внес основной вклад в становление и развитие методологии технической диагностики как новой дисциплины в теории надёжности. Автор и соавтор более 100 публикаций, награжден медалью «За победу над Германией», орденами Отечественной войны второй степени и Трудового Красного Знамени, а также юбилейными медалями. Член редколлегии журнала «Проблемы управления». ☎(495) 334-90-00.



Амбарцумян Александр Артемович — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией методов проектирования систем логического управления ИПУ. Видный представитель признанной в мире научной школы по теории дискретных устройств и логическому управлению, основанной в Советском Союзе чл.-корр. АН СССР М.А. Гавриловым. Область научных интересов — исследование и разработка моделей, методов и информационных технологий логического управления и системотехника АСУ с приложением к автоматизации управления технологическими и, в том числе, потенциально опасными процессами. Опубликовал 110 научных работ, из них 4 монографии. Член редколлегии журнала «Проблемы управления». ☎(495) 334-87-89, ✉ ambar@ipu.ru.



Легович Юрий Сергеевич — канд. техн. наук, зав. лабораторией системной интеграции средств управления ИПУ, ученый секретарь секции «Технические средства автоматизации и вычислительной техники» Ученого совета ИПУ. Автор более 100 научных работ по теории построения и методике проектирования многоуровневых информационно-управляющих комплексов. ☎(495) 334-93-61, ✉ legov@ipu.ru.

