

УДК 681.38:004.8

**Ю. М. ГУСЕВ****ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ОТКРЫВАЮТ НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
В ЭЛЕКТРОНИКЕ****(К 40-ЛЕТИЮ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ  
ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ  
ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ)****Гусев  
Юрий Матвеевич**

профессор, основатель и бессменный заведующий кафедрой промышленной электроники с мая 1968 по сентябрь 2005 г. Дипл. инж. (ЛПИ, 1960), Д-р техн. наук по управлению авиационными и космическими системами (защ. в ЦИАМ, 1980). Засл. деятель науки РФ, действ. чл. Междунар. Академии наук высшей школы. Трудовую деятельность начал инженером управления Башкирэнерго в 1960 г. и по совместительству — преподавателем УАИ. В 1965 г. окончил аспирантуру ЛПИ. После защиты канд. диссертации с 1965 г. постоянно работает в УАИ/УГАТУ. С 1968 г. заведует каф. промэлектроники. В 1970–1973 гг. — декан электромех. фак-та. В 1984 г. назначен дир.-нл. констр. НКБ «Вихрь». Научные исследования в области управления, многокритериальной оптимизации, автоматизации проектирования электронных установок. Автор свыше 350 научных трудов и 130 изобретений, при его личном участии был решен ряд научных проблем большой государственной важности, результаты которых доведены до практического применения. Один из создателей теории проектирования комплексных систем автоматического управления силовыми установками ЛА с максимальной степенью интеграции на схемном и аппаратном уровнях, что обеспечило возможность разработки электронных систем управления с полной ответственностью на основе идентификации математических моделей объекта управления, в том числе в закритической области режимов с обеспечением ликвидации критических ситуаций в условиях полета. Результаты этих исследований обобщены в монографиях «Проектирование систем автоматического управления газотурбинных двигателей (нормальные и нештатные режимы)» (изд-во «Машиностроение»), «Многоуровневое управление динамическими объектами» (изд-во «Наука»), «Автоматический контроль и диагностика систем управления силовыми установками летательных аппаратов» (изд-во «Машиностроение»). Опытный организатор науки и учебного процесса. Педагогический опыт нашел воплощение в 18 учебниках и учебных пособиях, из которых 4 выпущены в изд-ве «Высшая школа». За активную и плодотворную научную, учебно-воспитательную и организаторскую работу награжден медалями им. С. П. Королева и М. В. Келдыша Академии космонавтики СССР, Почетной грамотой РБ, Дипломом Почета, золотыми, серебряными и бронзовыми медалями ВДНХ СССР.

**Ш**ирокое внедрение средств информационной электроники не только привело к прогрессу во многих отраслях производства, но и вызвало качественную трансформацию самих электронных устройств. Суть этой трансформации состоит, в первую очередь, в том, что большинство типовых электронных схем стало выпускаться в виде функционально и конструктивно законченных микроэлектронных компонентов. Указанное обстоятельство изменило традиционные представления о принципах проектирования электронных информационно-измерительных и управляющих систем. Вместо расчетов электрических, тепловых и прочих режимов работы электронных схем на первый план вышли задачи исследования концептуальной структуры построения и организации вычислительных процессов, описания характеристик потоков данных и управляющей информации, а также задачи изучения состава и особенностей построения программных и микропрограммных средств обработки информации. Однако даже исчерпывающая характеристика архитектурных особенностей вычислительных комплексов, ориентированная на пользователей, оказывается недостаточной для решения задач повышения их производительности до сверхвысоких значений в несколько сот миллиардов операций в секунду; для гибкой адаптации вычислительных процессов к внешним условиям, в частности за счет динамического перераспределения вычислительной мощности в зависимости от приоритета решаемых задач и, кроме

того, для обеспечения живучести управляющих вычислительных комплексов реального времени, т. е. их способности продолжать работу при выходе из строя отдельных элементов. Успешное решение перечисленных задач требует детального изучения функциональной структуры и особенностей физической реализации отдельных электронных устройств, включая аппаратную организацию и логическую структуру процессорных элементов, конфигурацию регистров, управляющих схем, арифметико-логических блоков, запоминающих устройств и связывающих их информационных магистралей. Поэтому, несмотря на постоянно расширяющийся круг пользователей, приоритет в создании новейших программно-аппаратных средств обработки информации для различных предметных областей сохраняется за разработчиками соответствующей электронной аппаратуры.

Указанные обстоятельства повлияли на выбор тематики научных исследований, проводимых на кафедре промышленной электроники — старейшей кафедре такого профиля в Башкортостане, имеющей большой опыт разработки электронных промышленных устройств, которые успешно используются в информационно-измерительной и вычислительной технике, электронной автоматике, преобразовательной технике и в электронных технологиях. Кафедра промышленной электроники была создана нами в 1968 г. при большой поддержке ректора УАИ Р. Р. Мавлютова. Но еще за три года до этого была открыта подготовка инженеров по этой специальности. Следует заметить, что начиналась эта работа практически с нуля, в условиях жесткого дефицита материальных и людских ресурсов. Оборудование для первых лабораторий приходилось собирать буквально по крупицам. Также по крупицам подбирался первый коллектив кафедры, в состав которого вошли молодые перспективные выпускники ведущих вузов Москвы, Ленинграда, Новосибирска, Казани, Перми, а также ряд специалистов из ведущих предприятий авиапрома г. Уфы и выпускников нашей кафедры. Назову некоторые фамилии: Ю. М. Ахметов, Л. М. Басыров, В. И. Васильев, Т. П. Григорьева, Т. Ю. Гатиатуллина, Р. М. Даминов, Н. К. Зайнашев, А. И. Иванов, С. А. Ивановский, Б. Г. Ильясов, В. С. Кокшаров, Ю. С. Кабальнов, Э. М. Маликов, В. П. Семенов, И. М. Шакиров, Р. Х. Шакирова, Ф. А. Шаймарданов и др. Благодаря их участию были заложены основы фундаментальных научных исследований, которые сегодня связаны с разработкой архитектуры, алгоритмического и программного обеспечения многопроцессорных информационно-вычислительных и управляющих комплексов для сложных производственно-технических, социальных и экономических систем.

Ведущее место в проводимых исследованиях занимают те направления, которые не только сохраняют, но и увеличивают свою эффективность при использовании в критических технологиях или технологиях двойного применения. К их числу относятся задачи, связанные с повышением эффективности применения сложных ракетно-космических и авиационных систем.

Первое из этих направлений объединяет вопросы разработки мощных энергетических комплексов, эксплуатирующихся на борту авиационно-космических летательных аппаратов. В настоящее время эта тематика объединила творческие усилия целого ряда научных коллективов. Помимо нашей кафедры, в исследованиях принимают участие ученые кафедры авиационного приборостроения под руководством заведующего кафедрой, доктора технических наук, профессора В. Н. Ефанова, кафедры электромеханики под руководством доктора технических наук, профессора Л. Э. Рогинской и коллектив разработчиков в составе ФГУП НКТБ «Вихрь», возглавляемый главным инженером, кандидатом технических наук А. А. Шуляком.

Современные энергетические комплексы представляют собой конструктивное единство силового преобразователя и устройства управления. Они обеспечивают преобразование электрической энергии в требуемую форму (световую, тепловую, механическую и т. д.) в соответствии с условиями работы носителя. Проведенный нами анализ [1–5] позволяет отметить следующие ярко выраженные тенденции развития бортовых энергетических комплексов:

- разработка усовершенствованных видов силовых полупроводниковых приборов, имеющих малые потери мощности, простое управление с хорошей динамикой, возможности самозащиты при аварийных режимах, что позволяет совместить мегаваттный диапазон коммутируемых мощностей с управлением непосредственно от микроэлектронных схем;
- модульность, микроминиатюризация и масштабируемость встроенных систем управления энергетическими комплексами на базе силовых гибридных модулей;
- создание мощных однокристалльных систем управления, реализующих принцип прямого цифрового управления силовой частью энергетических комплексов;

- широкое внедрение интеллектуальных технологий управления и контроля процессов преобразования энергии;
- повышение качества преобразуемой электрической энергии и обеспечение электромагнитной совместимости вентиляльных преобразователей с бортовой сетью и другими потребителями электрической энергии.

Рассмотрим перечисленные тенденции более детально.

Непрерывное совершенствование устройств силовой электроники, особенно в направлении повышения КПД, улучшения динамических характеристик управления, снижения шума и массогабаритных показателей, обязано своим существованием постоянному появлению новых разработок в области силовых полупроводниковых приборов (СПП). Эти разработки проводятся в настоящее время, главным образом, применительно к двум структурным вариантам силовых приборов: транзисторному, включающему биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT — Insulated Gate Bipolar Transistors) и силовым транзисторам со структурой металл-оксид-полупроводник, управляемым электрическим полем (MOSFET — Metal-Oxid-Semiconductor-Field-Effect-Transistor), совместно с их разновидностью — CoolMOS MOSFET, а также тиристорному, в состав которого входят: GTO (запираемый тиристор), MCT (MOS-управляемый тиристор), FCT (тиристор с полевым управлением), MTO (MOS-запираемый тиристор), IGT (тиристор с изолированным затвором), IGTT (запираемый тиристор с изолированным затвором), GCT (коммутируемые тиристоры), IGCT (коммутируемые тиристоры с интегрированным управлением).

В дальнейшем на базе биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT) были созданы силовые модули, а также силовые интеллектуальные модули (IPM) с встроенными средствами защиты ключей и интерфейсами для непосредственного подключения к микропроцессорным системам управления. Рост степени интеграции в микропроцессорной технике и переход от микропроцессоров к микроконтроллерам с встроенным набором специализированных периферийных устройств сделали необратимой тенденцию массовой замены аналоговых систем управления энергетическими установками на системы прямого цифрового управления.

Модульный принцип построения энергетических комплексов на новой элементной базе существенно расширил возможности их микроминиатюризации и масштабируемости.

К наиболее перспективному способу решения задачи уменьшения массы и габаритов модулей преобразования энергии (МПЭ) сегодня относится разработка инверторов с бестрансформаторным входом и транзисторными сглаживающими фильтрами, а также создание унифицированных МПЭ.

Инверторы с открытым входом условно можно разделить на нерезонансные и резонансные. Принадлежность к тому или другому типу определяется наличием или отсутствием резонансной цепи в нагрузочном контуре инвертора. Достоинство резонансных инверторов заключается в том, что в таких инверторах значительно проще обеспечить режим работы силовых ключей с минимальными коммутационными потерями в широком диапазоне регулирования выходной мощности (тока, напряжения). Для достижения минимальности коммутационных потерь необходимо обеспечение «мягкой» коммутации работы силовых ключей, т. е. коммутации при нулевом напряжении (ZVS — zero voltage switching) или при нулевом токе (ZCS — zero current switching). Это может достигаться двумя путями. Первый из них предполагает совершенствование самой силовой преобразовательной ячейки и цепей ее управления путем подключения к силовому ключу вспомогательных цепей для повышения скорости переключения и обеспечения «мягкой» коммутации. Второй путь связан с выбором благоприятного момента для переключения работы силовых ключей, причем переключение тока с одной силовой ячейки на другую организуется как единый оптимальный процесс. Для инверторов напряжения допускается использование обоих этих способов.

Существует два основных принципа регулирования таких инверторов. Это широтно-импульсный и частотный методы регулирования. Первый, как правило, используется в нерезонансных инверторах напряжения, а второй — в резонансных. От способа регулирования также сильно зависит возможность сохранения режима «мягкой» коммутации работы силовых ключей во всем диапазоне изменения выходной мощности.

Второе направление микроминиатюризации комплексов преобразования энергии связано с унификацией всех, по возможности, модулей, составляющих систему. Унификация силовых модулей и модулей управления, интерфейсов и протоколов передачи данных между этими мо-

дулями, а также создание единого пользовательского интерфейса как в аппаратном, так и в программном смысле позволяет говорить о принципиально новом шаге в развитии энергетики авиационно-космических систем.

В первую очередь, открывающиеся перспективы связаны с возможностями масштабируемости энергетических комплексов, состоящих из унифицированных модулей, т. е. с их способностью варьировать мощность преобразователей за счет изменения числа задействованных модулей без существенной переделки схем согласования, контроля и управления. Процесс проектирования таких систем значительно облегчается благодаря широким возможностям использования САПР, позволяющих моделировать процессы, происходящие в цепях модулей.

Еще одно направление микроминиатюризации и унификации комплексов преобразования энергии связано с отказом от использования датчиков непосредственно выходных переменных и с переходом к системам бездатчикового управления, где для оценки выходных координат используются специальные цифровые наблюдатели. Это возможно только при высокой производительности центрального процессора, когда система дифференциальных уравнений, описывающих поведение преобразователя, может быть решена в реальном времени.

Таким образом, мы вновь возвращаемся к принципу прямого цифрового управления энергетическим комплексом. Под прямым цифровым управлением понимается не только непосредственное управление от микроконтроллера каждым ключом силового преобразователя (инвертора и управляемого выпрямителя, если он есть), но и обеспечение возможности прямого ввода в микроконтроллер сигналов различных обратных связей (независимо от типа сигнала: дискретный, аналоговый или импульсный) с последующей программно-аппаратной обработкой внутри микроконтроллера. В результате система прямого цифрового управления ориентируется на отказ от значительного числа дополнительных интерфейсных плат и создание одноплатных контроллеров управления преобразователями.

Появление новых схемных решений на базе микроконтроллеров позволило значительно упростить управление силовыми ключами: благодаря использованию процессоров для цифровой обработки сигналов (DSP) стал возможен «интеллектуальный» мониторинг состояния силовой части и нагрузки, поскольку весь процесс происходит в режиме реального времени. Расширение коммуникационных возможностей — тоже результат этих нововведений. Поскольку для цифровых компонентов характерна высокая степень интеграции, с их использованием печатные платы стали гораздо компактнее, уменьшились паразитные связи и улучшилась электромагнитная совместимость узлов преобразователя. Возросшие возможности микропроцессорной техники привели к тому, что при массовом производстве изделий оказывается возможным и экономически целесообразным создание мощных, однокристальных систем управления на базе DSP-микроконтроллеров.

Второе направление исследований связано с разработкой отказоустойчивых и живучих алгоритмов управления силовой установкой и летательным аппаратом с целью повышения топливной эффективности и увеличения дальности полета, в том числе в условиях недостоверной и неполной информации. При этом предусматривается формирование адаптивных траекторий движения, которые обеспечивают минимизацию риска невыполнения задачи. Проведенные нами исследования [6–8] показывают, что интеграция систем управления летательным аппаратом и его силовой установкой в рамках сингулярных периодических режимов позволяет снизить километровый расход топлива в зависимости от типа летательного аппарата и условий полета от 7 до 35%.

Полученные результаты имеют широкие перспективы внедрения при проектировании систем управления промышленными энергетическими установками. При разработке эскизного проекта по заказу компании SAMSUNG AEROSPACE INDUSTRIES, LTD (Республика Корея) было установлено наличие глубокой физической аналогии в динамическом взаимодействии силовой установки с летательным аппаратом и газотурбинной установки с генератором, нагруженным на электрическую сеть. Данная аналогия обуславливает существование оптимальных периодических режимов для энергетической установки, реализация которых позволит сократить расход топлива на 20–45%.

Внедрение отказоустойчивых и живучих алгоритмов управления промышленными энергетическими установками создает предпосылки для реализации новой технической концепции построения сложных систем управления, целью которой является обеспечение способности объекта контроля и управления не допускать таких изменений своих состояний и физических

свойств, а также не вызывать изменений состояний и физических свойств связанных с ним объектов, которые были бы опасны для людей или наносили бы ущерб окружающей среде сверх установленных норм. Особое значение концепция безопасности приобретает при разработке систем управления потенциально опасными техническими объектами, предназначенными для длительного автономного функционирования. К числу таких объектов относятся, например, перекачивающие станции нефте- и газопроводов. Помимо повышения безопасности эксплуатации, реализация изложенной концепции приведет к снижению эксплуатационных расходов в связи с увеличением периодов между очередными проверками и обслуживанием, а также в связи со снижением затрат на выполнение планово-предупредительных ремонтов.

Дальнейшее развитие концепция управления промышленными предприятиями по критериям безопасности получила при разработке программно-аппаратных средств экологического мониторинга [9–11]. Выбор этого направления диктуется результатами анализа последствий внедрения новых технологий в условиях усложнения технических систем и увеличения риска возникновения крупных аварий: число крупных экологических катастроф за последнее десятилетие в 10 раз превысило аналогичный показатель для 60–70-х годов. В связи с этим большинство развитых промышленных государств провело комплексные исследования закономерностей возникновения и развития чрезвычайных экологических ситуаций, на основе которых были сформулированы предложения, направленные на профилактику крупных аварий и минимизацию их социальных последствий.

Республика Башкортостан является крупнейшим центром нефтехимической промышленности, обладает развитой системой нефте- и продуктопроводов. Следует также отметить, что общая экономическая ситуация, обуславливающая неудовлетворительное состояние систем предупреждения и локализации аварий, ухудшение уровня подготовки и снижение квалификации специалистов и персонала, усугубляет риск возникновения техногенных аварий на территории РБ. В связи с этим особую актуальность приобретает задача создания программно-аппаратных комплексов экологического мониторинга с полной ответственностью, способных регистрировать и контролировать параметры стоков и выбросов в атмосферу, а также прогнозировать тенденции развития производственных ситуаций.

В рамках исследований [12–14], проведенных в данной области коллективом ученых под руководством доктора технических наук, профессора кафедры В. Г. Крымского, были разработаны структура и функциональный состав Государственного реестра опасных объектов на территории нашей республики. Создание информационного фонда, позволяющего хранить данные об опасных объектах, а также ранжировать последние по степени опасности, является важным шагом на пути формирования системы управления экологической обстановкой в РБ. Сравнение предлагаемого варианта реестра с аналогичными информационными фондами РФ и РБ показывает, что разрабатываемый реестр является более полным, позволяет более достоверно судить о возможности возникновения чрезвычайных ситуаций на территории РБ.

Деятельность этой научной группы была поддержана грантами Министерства образования РФ (1992–1993, 1994–1995, 1998–2000, 2003–2004), Координационного совета по науке при правительстве Дании (2002–2003), Российско-американского общества «Культурная инициатива» (1991), Европейского отделения Международного научного общества по анализу риска (1995), Министерства иностранных дел Франции (1997), Международной ассоциации руководителей университетов (2001), а также и других международных фондов и инстанций, обеспечивающих финансирование поездок на научные конференции, симпозиумы, совещания. Эта поддержка способствовала организации ряда крупных международных проектов. Так, В. Г. Крымский в течение 6 месяцев участвовал в совместных научных исследованиях в Дании, Ф. М. Ахмеджанов также прошел краткосрочные научные стажировки в Дании, а А. Р. Юнусов проходил 10-месячную стажировку в Нидерландах.

Использование новых информационных технологий меняет сложившиеся представления о традиционных подходах к проектированию электронных устройств. Применение автоматизированных систем научных исследований, включающих базы знаний и интеллектуальные инструментальные средства поддержки принятия решений, позволяет формализовать такие этапы расчетов, как проблемный анализ и концептуальные исследования, в том числе формирование облика комплексов преобразования энергии и информации, выбор микро- и макроархитектуры информационно-вычислительных систем и т. д. [15–17]. Алгоритмические методы анализа и расчета электронных схем позволяют существенно сократить объем экспериментальных ис-

следований проектируемых устройств и тем самым в десятки раз ускорить процесс их создания. Исследования в области создания новых информационных технологий применительно к различным классам электронных устройств составляют основное содержание научных работ ведущих сотрудников кафедры.

Тематика научных исследований кандидата технических наук, доцента *О. Е. Данилина* связана с управлением, контролем и диагностикой сложных многосвязных динамических нелинейных систем [18–19]. Разрабатываются принципы построения нелинейной модели в виде конечного отрезка ряда Вольтерра, в общем случае применительно к многосвязным системам. Особенности данного подхода связаны с матрично-векторным представлением ряда, его ядер, с использованием системы ортогональных функций Уолша, по которым осуществляется разложение искомого ядра, а также с использованием принципа активной идентификации, что предполагает применение тестовых сигналов. В качестве таких сигналов применяются псевдослучайные трехуровневые сигналы (ПСТС). Применение функций Уолша обеспечивает важное следствие — задача в вычислительном плане приобретает дискретный характер. В итоговом виде модель, представленная в матрично-векторной форме с большим количеством коэффициентов, является достаточно громоздкой. Чтобы в этих условиях обеспечить необходимую точность, упрощение процедуры идентификации, адаптацию модели к изменяемым характеристикам системы, разрабатывается специальный класс генетических алгоритмов.

Конечная цель исследований состоит в совместном использовании методов идентификации, с максимальным приближением структуры алгоритмов к дискретным, цифровым способам обработки результатов с методами оптимизации на основе генетических алгоритмов для построения систем управления, контроля, диагностики. В качестве объектов управления могут рассматриваться различные системы, в частности, силовые установки, преобразователи электрической энергии, технологические процессы, информационные потоки и т. д. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- исследование свойств ПСТС в плане их применения для задач нелинейной идентификации;
- исследование свойств и способов получения псевдослучайных сигналов (ПСС) с числом уровней более трех, включая число уровней, кратное двум в целой степени;
- разработка схем многофункциональных генераторов псевдошумовых сигналов;
- повышение надежности при работе с массивами цифровой информации (передача, хранение) на основе свойств ПСС.

Новые принципы структурной и параметрической организации высокоточных информационно-измерительных электронных комплексов, способных обеспечивать получение, обработку и преобразование информации в тяжелых условиях эксплуатации, в частности, на борту летательных аппаратов, предложенные профессором кафедры *А. И. Ивановым* и доцентом *Т. Ю. Гатиатуллиной*, в значительной степени повлияли на техническую политику отечественной промышленности при конструировании и производстве электронных систем управления силовыми установками летательных аппаратов с полной ответственностью. Результаты проведенных исследований были реализованы в ряде серийно выпускаемых электронных регуляторов для авиационных и ракетных двигателей. Характеризуя результаты проведенных исследований, следует отметить, что впервые в мировой практике авиадвигателестроения были разработаны подходы к выбору оптимального способа программирования цифровых динамических звеньев, реализующих алгоритмы управления с максимальным уровнем интеграции на схемном и аппаратном уровнях. Проработка вопросов конверсии разработок в части их применения в качестве автоматизированных телеметрических систем контроля и управления процессами нефтедобычи, а также в качестве высокоэффективных устройств медицинской диагностики раскрывает новые перспективы для этого научного направления кафедры.

Изучение методов оптимального синтеза систем с распределенными параметрами, включая тиристорно-индукционные комплексы, стало темой диссертационной работы докторанта кафедры, ныне доктора технических наук, профессора *Р. А. Бадамшина*. Особенностью развиваемых подходов для данной сложной теоретической проблемы, связанной с повышением вычислительной эффективности и общности моделей, является использование сглаживающих и спектральных свойств оператора задачи, т. е. построение приближенных полуаналитических методов на базе аппроксимации решения сложной нелинейной краевой задачи собственными функциями более простых линейных операторов. В результате удалось осуществить многоуровне-

вую декомпозицию задачи распределенного подвижного (пространственно-временного) управления и обеспечить регуляризацию обратных некорректных задач оптимизации на основе оригинальных принципов вложенных математических моделей и итерационной регуляризации.

Разработанные приближенные методы являются «открытыми» математическими структурами в смысле создания на их основе усиливающих блоков к ряду известных классических методов, таких как принцип максимума, метод конечных интегральных преобразований, методы возмущений и др. В этом смысле разработанные методы являются гибким научным инструментарием, позволяющим сделать реализуемыми сложные нелинейные 3–5-мерные задачи на доступных вычислительных средствах. Их использование позволяет проводить оптимизацию режимов нагрева и конструкции индукторов с тем, чтобы уменьшить затраты на натурные эксперименты и пусконаладочные работы в процессе восстановительной термообработки на электростанциях, при изготовлении кварцевых опорных трубок для производства волоконно-оптических кабелей, при индукционном нагреве сосудов и химических реакторов.

Исследования в области диагностики пламен и низкотемпературной плазмы проводятся под руководством доктора физико-математических наук, профессора кафедры А. Х. Шарфштейна. Использование передовых достижений в этой области позволяет создавать коррозионностойкие, термостойкие покрытия для нефтехимического оборудования, повышать эксплуатационные качества машин и механизмов за счет их плазменного восстановления, проводить бесконтактную пирометрию деталей авиадвигателей на стадии как разработки, так и эксплуатации. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что разработанные изделия не только конкурентоспособны, но и часто не имеют аналогов в мире (например, устройство для бесконтактной пирометрии пламен).

Перспективные исследования в области разработки архитектуры, алгоритмического и программного обеспечения многопроцессорных информационно-вычислительных систем с элементами искусственного интеллекта для управления траекторией бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин проводит доцент, кандидат технических наук И. Ф. Нузев.

Результаты исследований, выполненных на кафедре промышленной электроники, обобщены в монографиях «Проектирование систем автоматического управления газотурбинных двигателей (нормальные и нештатные режимы)» (издательство «Машиностроение»), «Многоуровневое управление динамическими объектами» (издательство «Наука»), «Автоматический контроль и диагностика систем управления силовыми установками летательных аппаратов» (издательство «Машиностроение»), «Разработка и проектирование тиристорных источников питания» («Энергоатомиздат»). Учеными кафедры опубликовано свыше 1000 научных работ, получено более 200 авторских свидетельств и патентов. Научный коллектив кафедры плодотворно взаимодействует с крупнейшими академическими и отраслевыми научными учреждениями, в том числе с Институтом проблем управления РАН (Москва), Центральным институтом авиационного моторостроения им. П. И. Баранова (Москва), Московским государственным авиационным институтом (техническим университетом), Институтом теплофизики (Киев), Институтом тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова (Минск), Московским энергетическим институтом.

Качественно новый характер приобрели в последние годы международные научные связи кафедры. Исследования в области безопасности, живучести и отказоустойчивости сложных технических систем проводятся в соответствии со следующими международными программами:

- программой PSAM — Probabilistic Safety Assessment and Management — Международной Ассоциации по вероятностному оцениванию безопасности и управления (IAPSAM) и Европейской Ассоциации по надежности и безопасности (ESRA);
- программой FESSP — Fission Energy and Systems Safety Program — Американского Общества инженеров-механиков (ASME);
- программой RSA — Risk and Safety Assessments — Европейского общества анализа риска (EAM).

Налажена координация исследований с крупнейшими мировыми центрами по математическому моделированию задач индукционного нагрева и теплофизики: Ильменау (ФРГ, Технический университет Ильменау); Кельце (Польша, Святокшентский политехнический институт); Тель-Авив (Израиль, Департамент энергетики).

Один из последних крупных международных проектов кафедры, реализуемых совместно с кафедрой ВТиЗИ, предусматривает сотрудничество с корпорацией Intel в рамках международной программы поддержки российского высшего образования.

Данная программа предполагает развитие партнерских отношений в области научных исследований и в организации учебного процесса.

Первое направление сотрудничества связано с совместными научными исследованиями по созданию новых технологий в области электроники, приложений и интерфейсов, средств связи и обработки информации, оптоэлектроники, специализированных контроллеров, интеллектуальных систем управления с целью их дальнейшего внедрения в авиации, нефтедобывающей, нефтехимической и других отраслях промышленности.

Второе направление предусматривает совершенствование и модернизацию учебного процесса по подготовке высококвалифицированных специалистов в области электроники и вычислительной техники, отвечающих требованиям современных быстро развивающихся технологий.

В рамках реализуемого проекта предполагается:

- создание проблемной научно-исследовательской лаборатории по разработке и исследованию перспективных технологий в области электроники и вычислительной техники;
- создание учебной лаборатории по изучению технологий Intel;
- изучение в учебных курсах и внедрение на предприятиях республики современных микроконтроллеров, процессоров ввода-вывода, специальных процессоров, новых технологий беспроводных сетей;
- разработка новых учебных дисциплин, модернизация учебных лабораторий и компьютерных классов с целью расширения знаний студентов в области передовых технологий Intel и развития навыков проведения научных исследований;
- организация в регионе конференций, выставок, семинаров, конкурсов грантов и стипендий с целью стимулирования студенческих инновационных исследовательских проектов;
- организация регионального представительства корпорации Intel с целью развития рынка продаж и маркетинга, налаживания прямых контактов с региональными системными интеграторами, содействия развитию информационной инфраструктуры региона, активизации продвижения ИТ-решений, основанных на новейших технологиях Intel;
- организация на базе нашего университета постоянно действующих курсов повышения квалификации специалистов предприятий с привлечением региональных представителей корпорации Intel.

Активные научные исследования служат базой для организации учебной работы на кафедре, которая охватывает все без исключения уровни подготовки специалистов: бакалавриат, выпуск дипломированных специалистов (инженеров), магистратуру, аспирантуру и докторантуру. Привлечение студентов к выполнению реальных научно-технических задач с использованием передовых технологий и современного электронного оборудования обеспечило формирование высокого творческого потенциала за счет ранней специализации и развития навыков научных исследований. Основными формами участия студентов в проведении научных исследований служат: разработка комплексных курсовых и дипломных проектов, выполнение индивидуальной научно-исследовательской работы (в том числе в рамках индивидуальных планов обучения), работа по хозяйственной тематике кафедры. В результате был достигнут 100%-й охват студентов специальности «Промышленная электроника» различными формами активизации творческой деятельности. Этому в немалой степени способствовал созданный нами впервые в УГАТУ учебно-научно-производственно-воспитательный комплекс (УНПВК), который объединил кафедры промышленной электроники, авиационного приборостроения, электрических машин и аппаратов, филиал нашей кафедры в НИИ «Солитон», Отраслевую лабораторию электронной автоматики авиационных силовых установок МАП СССР и НКТБ «Вихрь». В результате в УГАТУ были реализованы основные принципы физтеховской системы подготовки специалистов в области промышленной электроники. Эта система, долгое время вызывавшая восхищение мировой педагогической общественности, все шире внедряется в практику работы ведущих западных университетов. Нам же предлагают перейти к далеко не бесспорной американской системе образования, требующей длительного и дорогостоящего доучивания выпускников в учебных центрах корпораций, которых нет и еще долгое время не будет в реальном секторе нашей экономики. В то же время знания и умения, полученные нашими студентами в период обучения, обуславливают один из самых высоких в УГАТУ процентов выпускников, оканчивающих институт с отличием, а также обеспечивают дальнейшую высокую эффективность их



научно-исследовательской работы: около двухсот выпускников защитили кандидатские и свыше двадцати — докторские диссертации.

Особую гордость у нас вызывают наши выпускники, талантливые ученые, получившие звания заслуженных деятелей науки: заведующий кафедрой вычислительной техники и защиты информации В. И. Васильев — заслуженный деятель науки РБ и РФ, заведующий кафедрой авиационного приборостроения В. Н. Ефанов, заведующий кафедрой информатики Ю. С. Кабальнов, профессор кафедры промэлектроники В. Г. Крымский — заслуженные деятели науки РБ. Мы также гордимся успехами наших выпускников, посвятивших себя государственной деятельности: представителя РБ в Совете Федерации РФ И. В. Измestьева, вице-премьера Правительства РБ Ф. А. Ямалтдинова, мэра Уфы П. Р. Качкаева.

Важную роль в повышении качества подготовки специалистов играет плодотворная работа преподавателей кафедры над совершенствованием методики обучения. Опыт этой работы способствовал успеху популярных учебников «Электроника», подготовленного совместно с кафедрой информационно-измерительной техники УГАТУ и выдержавшего уже три издания [20], и «Электронные промышленные устройства», который явился результатом сотрудничества с кафедрой промышленной электроники Московского энергетического института, а также десятков других учебных и методических пособий. Постоянный творческий поиск профессоров и преподавателей кафедры получает поддержку со стороны Международной Академии наук высшей школы.

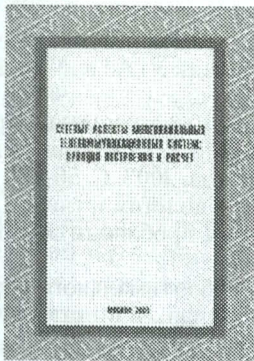
Мы надеемся, что российская высшая школа сумеет преодолеть все невзгоды переходного периода и в обновленной России окажется востребованным богатым научным и педагогическим потенциалом, накопленным научной школой подготовки специалистов по промышленной электронике за 40 лет ее существования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка и проектирование тиристорных источников питания / А. К. Белкин, С. А. Горбатков, Ю. М. Гусев и др. М.: Энергоатомиздат, 1994. 272 с.
2. Тиристорные преобразователи частоты / Л. Э. Рогинская, А. К. Белкин, Т. П. Костюкова, А. А. Шуляк. М.: Энергоатомиздат, 2000. 263 с.
3. Gusev Yu. M., Efanov V. N., Zvonarev D. V. Intelligent support of decision making of circuit design for complicated technical objects // Proc. of the 3<sup>rd</sup> Int. Workshop CSIT'2001. Ufa: USATU, 2001. V. 3. P. 339–347.
4. Ефанов В. Н., Кожев А. В. Принципы координирующего управления локальными энергетическими системами на базе промышленных газотурбинных установок // Вестник УГАТУ. Уфа, 2002. Т. 3, № 1. С. 127–136.
5. Ефанов В. Н., Старцев С. А., Шуляк А. А. Применение информационных технологий при проектировании устройств силовой электроники и электроэнергетики // Силовая электроника и энергоэффективность (СЭЭ-2003): Матер. междунар. науч.-практ. конф. Харьков, 2003. С. 56–59.
6. Ефанов В. Н., Суяргулов Т. Р. Интегрированные системы управления полетом и тягой для сверхзвуковых крейсерских режимов // Матер. междунар. симп. по актуальным проблемам создания авиационных двигателей. 12–13 апреля 1999. Уфа, 1999. С. 165–171.
7. Ефанов В. Н., Перетина В. В. Регуляризация процедуры синтеза субоптимального управления полетом с использованием ортогонального базиса экспоненциального вида // Мехатроника. 2001. № 6. С. 10–15.
8. Ефанов В. Н., Бодрунов С. Д. Исследовательский стенд для оптимизации траекторий полета // Авиационные технологии XXI века: Новые концепции летательных аппаратов и моделирование полета (ASTEC'02): Тез. докл. VII Междунар. симп. Берлин, 2002. С. 35–36.
9. Гусев М. Ю., Ефанов В. Н., Кусимов Б. С. Вопросы проектирования систем управления технологическими процессами по критериям отказоустойчивости и экологической безопасности // Тез. докл. тематического сем. междунар. ассоциации систем и кибернетики. Уфа, 1993. С. 79–81.
10. Ефанов В. Н., Жданов О. Э. Интеллектуальная информационно-измерительная система экологического мониторинга // Новые методы, технические средства и технологии получения измерительной информации: Матер. Всерос. науч.-техн. конф. Уфа, 1997. С. 122–123.
11. Ефанов В. Н., Журавлева В. В., Карачурин И. Р. Синтез систем управления потенциально опасными производственными объектами по критерию безопасности // Наука. Промышленность. Оборона: Матер. Сибирск. науч.-техн. конф. (19–29 апреля 2001, Новосибирск). Новосибирск, 2001. С. 70–71.
12. Akhmedjanov P. M., Krymsky V. G., Kudayarov R. A. Fast algorithm for search of complex control system defective component // Publication of CONTROL'98 Int. Conf. London: IEE Proceedings, 1998. No. 455. Vol. 1. P. 319–323.

13. **Khamitov R. Z., Krymsky V. G., Akhmedjanov F. M., Yunusov A. R.** The creation of regional safety management system structure: Bashkortostan Republic experience // Risk-Informed and Performance-Based Regulation in the New Millennium: Proc. of the Int. Topical Meeting on Probabilistic Safety Assessment (PSA'99). American Nuclear Society, Inc. Publ., La Grange Park, Illinois, USA, 1999. Vol. 2. P. 816–822.
14. **Kusimov S. T., Krymsky V. G., Akhmedjanov F. M.** Frequency domain technique for the analysis of stochastic processes in dynamic systems with interval parametric uncertainty // Symp. i Anvendt Statistik. Kobenhavn: Institut for Oekonomi, Skov og Landskab, KVL, 2003. P. 149–157.
15. **Гусев Ю. М., Ефанов В. Н., Крымский В. Г.** О синтезе многосвязных систем автоматического управления по векторному критерию эффективности и сложности // Изв. вузов СССР. Приборостроение. 1984. № 9. С. 30–36.
16. **Гусев Ю. М., Ефанов В. Н., Крымский В. Г.** Синтез децентрализованного управления подвижным объектом в условиях неопределенности // Тез. докл. XI Всесоюзн. совещ. по проблемам управления. М.: ИПУ АН СССР, 1989. С. 445–446.
17. **Ефанов В. Н., Старцев С. А., Шевяхов Е. Н.** Синтез архитектуры параллельных вычислительных комплексов на основе мобильного генетического алгоритма // Вычислительная техника и новые информационные технологии: Межвуз. науч. сб. Уфа: УГАТУ, 2001. С. 42–49.
18. **Семеран В. А., Даминов Р. У., Данилин О. Е.** Применение ряда Вольterra и функций Уолша для идентификации нелинейных динамических объектов с использованием псевдослучайных сигналов // Кибернетические системы управления подвижными объектами: Межвуз. науч. сб. Уфа: УАИ, 1983.
19. **Даминов Р. У., Данилин О. Е.** Об одном подходе к построению многорежимной нелинейной модели СУ ЛА // Автоматизированное проектирование авиационных двигателей: V отрасл. науч.-техн. конф. М.: ЦИАМ, 1987.
20. **Гусев В. Г., Гусев Ю. М.** Электроника и микропроцессорная техника: Учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2005. 790 с.

*Сигнальная информация*



## **Сетевые аспекты многоканальных телекоммуникационных систем: Принцип построения и расчет**

**Учебное пособие**

**А. Х. Султанов, В. Н. Акульшин,  
И. Л. Виноградова, А. А. Лощенков,  
Р. М. Шарафутдинов, А. Д. Снегов**

**Научный редактор  
д-р техн. наук, проф. А. Х. Султанов**

**Москва: Изд-во МАИ, 2005**

200 с. Табл. 20. Ил. 78. Библиогр.: 25 назв. ISBN 5-7501-0248-3

Учебное пособие содержит теоретические сведения и практические рекомендации, необходимые для освоения принципов и методов расчета многоканальных волоконно-оптических систем передач, рассматриваемых в разделе, посвященном волновому уплотнению. Рассмотрены широко используемые сетевые протоколы систем с волновым уплотнением и приведены методы расчета их конструктивных параметров.

Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию в области телекоммуникаций в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 071700 «Физика и техника оптической связи», 200900 «Сети связи и системы коммутации», 201000 «Многоканальные телекоммуникационные системы»