

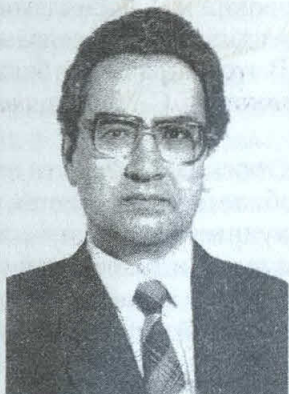
Б. Г. ИЛЬЯСОВ**НАУЧНАЯ ШКОЛА УГАТУ
ПО ТЕОРИИ СИСТЕМ
И УПРАВЛЕНИЮ СЛОЖНЫМИ
ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ****Ильясов
Барый Галеевич**

профессор, зав. кафедрой технической кибернетики УГАТУ. Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации и Республики Башкортостан. Действительный член Академии навигации и управления движением и Инженерной академии РБ.

Дипл. инженер-электромеханик по оборудованию ЛА (МАИ, 1962). Инженер-конструктор (УМКБ «Союз», 1962–67). Аспирантура в МАИ по кафедре академика Б. Н. Петрова по системам автоматического управления ЛА. Научно-педагогическая деятельность в УГАТУ (с 1971). Д-р техн. наук в области системного анализа и теории управления (Москва, ЦИАМ, 1983).

Исследования в области многосвязных, нелинейных, адаптивных и интеллектуальных систем управления динамическими объектами различной природы (техническими, производственными, экологическими, экономическими и др.). Научный руководитель и консультант семи докторов и более трех десятков кандидатов наук. Автор более 380 публикаций, в том числе 16 монографий и учебных пособий.

Тел: (3472) 23 78 35 E-mail: tk@admin.ugatu.ac.ru

**ВВЕДЕНИЕ**

Журнал «Вестник УГАТУ» предоставляет ученым нашего университета прекрасную возможность не только обсуждать те или иные актуальные научные проблемы, но и поделиться опытом организации и проведения научных исследований на отдельно взятых кафедрах, а также оценить вклад отдельных ученых или научных групп в становление и развитие тех или иных научных направлений. Пользуясь предоставленной возможностью, хотелось бы остановиться вкратце на некоторых научных результатах, которые получены учеными УГАТУ в области теории и практики управления.

Более четверти века назад в Уфимском авиационном институте академиком Б. Н. Петровым был заложен фундамент научной школы по теории систем и управления сложными динамическими объектами различной физической природы. Академик Борис Николаевич Петров (1913–1980) — выдающийся ученый, крупнейший специалист в области теории автоматического управления и создания пилотируемых авиационных и космических систем. Им внесен неоценимый вклад в развитие теории инвариантности, теории адаптивных, нелинейных, многосвязных и других классов систем, теории структур динамических систем и ряда других важных научных направлений.

Применение полученных теоретических результатов позволило академику Б. Н. Петрову и его ученикам впервые создать адаптивный автопилот для самолета-истребителя, космические пилотируемые системы, бортовые цифровые вычислительные машины для управления космическими аппаратами, планетоходами, а также высокоэффективные системы автоматического управления (САУ) авиационными и ракетными силовыми и энергетическими установками.

Б. Н. Петров был не только большим ученым, но и выдающимся организатором советской науки. Более 15 лет он возглавлял Отделение механики и процессов управления АН СССР, а последние годы работал в должности вице-президента АН СССР. Он создал Совет «Интеркосмос» при АН СССР и был первым его председателем, под его руководством были выполнены десятки международных проектов. Он внес большой вклад в реализацию проекта «Союз-Аполлон» (1975), был членом многих иностранных академий, в том числе Международной академии астронавтики. Родина высоко оценила заслуги Б. Н. Петрова: ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда, он был награжден пятью орденами Ленина, орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, Красной Звезды и медалями, был лауреатом Ленинской и двух Государственных премий. К тому же, был он человеком необычайно скромным, добрым и отзывчивым. Все, чего он достиг в жизни, достиг благодаря большому труду. Он был талантлив во всем, любил искусство и художественную литературу, прекрасно рисовал, был членом Академии художеств СССР. Несмотря на свою огромную занятость, он уделял большое внимание развитию науки и в других регионах Советского Союза. В УАИ в 1975 г. по его инициативе и поддержке была открыта отраслевая лаборатория Минавиапрома по проектированию электронных систем управления силовыми установками летательных аппаратов.

В 70-е годы развитие уфимской школы в области управления шло по направлению исследования многосвязных, инвариантных, адаптивных, нелинейных систем, структурных свойств динамических систем, надежности и отказоустойчивости сложных цифровых систем, поведения сложных (авиационных) систем в критических ситуациях. Становлению научной школы в этом направлении помогали и ученики Б. Н. Петрова профессора В. Ю. Рутковский и С. Д. Земляков. В прикладном плане научные работы шли по пути создания высокоэффективных САУ силовыми установками пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов. В это направление большой вклад внесли также профессора Б. А. Черкасов (МАИ), А. А. Шевяков, Т. С. Мартыанова, С. А. Сиротин (ЦИАМ).

В рамках данной научной школы за четверть века защищено 19 докторских, более пяти десятков кандидатских диссертаций. В настоящее время исследования в области теории систем и управления ведутся на 13 кафедрах университета и в многочисленных научных группах этих кафедр. Объем данной статьи, к сожалению, не позволяет проследить за научными достижениями всех коллег, работающих в области управления сложными системами. Поэтому ниже выделены некоторые из основных направлений с указанием наиболее важных публикаций в этой области.

СТРУКТУРНАЯ ТЕОРИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В области структурной теории динамических систем ученые нашего университета продолжали исследования, основные идеи которых были заложены в классической работе [1] академика Б. Н. Петрова. Эти исследования проводились по двум направлениям. В основе первого направления развивался формализованный подход к решению задачи синтеза структур многосвязных систем [2,3]. Метод синтеза, разработанный учеными УГАТУ, получил название метода порядкового отображения. Суть метода заключается в переходе от матричных структурных преобразований к более простым алгебраическим операциям над порядками передаточных функций как элементов подсистем, так и многосвязной системы в целом. При этом задача структурного синтеза сводится к решению задачи целочисленного программирования на основе критерия минимальной сложности многосвязной системы. Теоретическое обоснование метода изложено в монографии [2]. Дальнейшие исследования были направлены на разработку метода синтеза структур многоуровневых децентрализованных систем управления динамическими объектами по векторному критерию эффективности и сложности [3]. Метод обеспечивает проектирование многоуровневой системы не только минимальной сложности, но и требуемой надежности и качества функционирования.

В основе второго направления развивалась структурная теория как абстрактных, так и динамических систем [4–8]. В частности, было уточнено понятие структуры как семейства абстрактных систем [4]. При этом аналитически структура системы задается дифференциальными уравнениями, коэффициенты которых представляют собой функции вектора параметров этого семейства. Графически структура задается в виде орграфа сигналов. Предложена процедура декомпозиции множества дуг орграфа на отдельные подмножества, соответствующие физическим подсистемам исходной сложной системы. Анализ структуры системы сводится к вычислению соответствующих функций вектора параметров. В работе [5] был предложен анали-

тический способ вычисления коэффициентов передаточных функций для класса многомерных систем и была установлена их связь со структурой системы. Выявление данной закономерности позволило синтезировать динамическую систему путем последовательного расширения ее структуры. В работе [9] предложено описывать структуру динамических физически реализуемых подсистем с помощью функциональных структурных чисел (ФСЧ). При этом были разработаны математические операции с ФСЧ и решена задача синтеза структур сложных динамических систем на основе ФСЧ. К сожалению, до сих пор остается нерешенной проблема выполнения операций над абстрактными структурами как математическими объектами, представленными в виде орграфов. Дальнейшие исследования в этом направлении ведутся в области решения прикладных задач, связанных с анализом и синтезом структур сложных нелинейных динамических систем, а также в области автоматизации решения этих задач на основе полученных теоретических результатов, позволяющих значительно упростить и более эффективно организовать вычислительный процесс.

ТЕОРИЯ МНОГОСВЯЗНЫХ СИСТЕМ

В области теории многосвязных систем продолжалось развитие методов анализа и синтеза различных классов многосвязных систем автоматического управления (МСАУ), основанных на предложенном в свое время в работе [10] способе описания динамических характеристик МСАУ через характеристики отдельных подсистем и множество многомерных элементов связи между ними. Подробнее эти результаты были изложены в разделах монографий [7,11] и учебного пособия [8]. В дальнейшем в работе [12] был предложен метод построения областей устойчивости МСАУ в плоскости амплитудно-фазовых характеристик (АФХ) ее подсистем и там же был сформулирован частотный критерий устойчивости МСАУ, коэффициенты характеристического уравнения которой представляют собой некоторые полиномы от комплексной переменной. Критерий позволяет выделить тот класс АФХ сепаратных подсистем, который обеспечивает устойчивость МСАУ в целом. Далее полученный результат был распространен на класс однотипных (гомогенных) МСАУ [13]. Здесь были предложены новые частотный и алгебраический критерии устойчивости для данного класса систем, основанные на возможном разделении уравнений связи и АФХ сепаратных подсистем с сохранением физичности содержания решаемой задачи. Полученные результаты имеют важное прикладное значение для проектирования МСАУ сложными динамическими объектами различной физической природы. В работах [14,15,16] предложенный подход использован для решения задач оптимизации многофункциональных МСАУ. В работе [17] предложен подход к построению систем управления с дополнительной информацией. Полученные в данной области результаты использовались при проектировании МСАУ летательными аппаратами и их силовыми установками. Дальнейшие исследования проводятся с целью использования полученных результатов для автоматизации процесса проектирования класса нелинейных и цифровых МСАУ техническими объектами. Кроме того, ведется поиск решения проблемы анализа устойчивости МСАУ, содержащей неустойчивые подсистемы или многомерные элементы связи.

ТЕОРИЯ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ

В области теории адаптивных систем управления разработана формализованная процедура синтеза физически реализуемых оптимальных корректирующих устройств (КУ) в контурах самонастройки адаптивных систем с моделью из условия минимума квадратичного функционала качества [18]. Первый член функционала учитывает ошибку адаптации, второй — косвенно характеризует ограничения на энергетические ресурсы регулятора. Поскольку параметры обобщенного настраиваемого объекта существенно меняются с изменением внешних условий и режимов функционирования системы, то параметры КУ в контурах адаптации должны быть выбраны таким образом, чтобы сохранить качество процесса управления. Методика синтеза основана на использовании линеаризованных эквивалентов беспоскоковой самонастраиваемой системы (БСНС). В работе [19] вышеизложенный подход используется для разработки метода оптимизации физически реализуемых многомерных КУ в контурах адаптации многомерных БСНС с эталонной моделью. При этом удалось существенно упростить процедуру синтеза, обеспечив возможность автономной отработки ошибок адаптации для каждой из подсистем БСНС. Полученные результаты нашли практическое применение при проектировании адаптивных систем управления газотурбинными двигателями летательных аппаратов, о чем из-

ложено в разделах монографии [20]. Другой подход к построению БНС основан на идентификации коэффициентов разложения импульсной переходной функции (ИПФ) желаемой модели по системе ортогональных функций Уолша [3,21,22,23]. Предлагаемая структура адаптивной многосвязной системы с идентификацией ИПФ использует комбинированный принцип управления: адаптивное управление при относительно медленном дрейфе параметров вследствие параметрических возмущений, изменение структуры управляющей части при скачкообразном изменении параметров вследствие отказов отдельных подсистем [22]. При этом текущее состояние контура адаптации системы управления описывается вектором идентифицируемых параметров, который непрерывно изменяется при наличии параметрических возмущений, а также может претерпевать скачкообразное изменение из-за возможных отказов отдельных подсистем. В настоящее время ведутся поиски более эффективных алгоритмов адаптации для сложных динамических систем, функционирующих в условиях неопределенности [24].

УПРАВЛЕНИЕ СЛОЖНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

В области управления сложными техническими объектами (СТО) в условиях неопределенности, дефицита ресурсов и возникновения критических ситуаций решалась проблема разработки концептуальных и математических моделей как поведения СТО в указанных условиях, так и моделей развития самих критических ситуаций [25–30]. На основе этих моделей была разработана информационно-управляющая система поддержки принятия решения, а также алгоритмы интеллектуального управления СТО в условиях неопределенности и дефицита времени [24,31–33]. Для этой системы в работе [31] на основе концепции ситуационного управления предложен алгоритм выбора момента переключения стратегии управления в условиях помех с учетом информации о располагаемом ресурсе времени. Полученные теоретические результаты использовались при проектировании систем управления летательными аппаратами [26,31,32] и комплексом бортовых систем [33] в критических ситуациях, а также систем управления редундантными (избыточными) роботами в условиях неопределенности [34].

Дальнейшие исследования предполагается развивать в направлении разработки интеллектуальных систем управления СТО в вышеуказанных условиях.

В рамках данного направления в УГАТУ проводятся активные исследования также в области создания методов анализа и синтеза динамических систем с интервальными параметрическими неопределенностями. В числе наиболее известных публикаций по этой тематике следует назвать обзорную статью [35,36], подготовленную в рамках плодотворного сотрудничества с Институтом проблем управления РАН. Авторы статьи выделили как нерешенные задачи, относящиеся к тематике конструирования интервальных моделей, так и наиболее перспективные пути анализа и синтеза систем с такого рода математическим описанием. Последующий вклад исследователей УГАТУ в данную проблематику может быть охарактеризован [24]:

а) созданием обобщенной методики синтеза МСАУ с неопределенными параметрами, исходя из требований к их интервальному характеристическим полиномам [37];

б) развитием эффективных частотных методов анализа свойств (в том числе устойчивости) САУ с интервальной неопределенностью [38,39];

в) распространением полученных результатов на новые классы задач (например, на случай рассмотрения систем со стохастическими возмущениями [40]).

В дальнейшем исследование интервальных моделей сложных САУ проводилось в УГАТУ с целью формирования универсального комплекса методов управления в условиях неопределенности. С этой точки зрения предложенный математический аппарат входит как составная часть в формируемую в настоящее время методологию проектирования сложных динамических систем по критериям риска [41].

УПРАВЛЕНИЕ ГИБКИМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

В области управления гибкими производственными системами (ГПС) рассматривалась проблема построения как динамических моделей ГПС, так и эффективных алгоритмов оперативного управления. В работе [42] предложено формализованное описание состояний ГПС как дискретного объекта управления с учетом изменения производственных ситуаций в дискретные моменты времени. Предложенный способ описания ГПС в виде графов позволил построить эффективную информационно-управляющую систему, оперативно распознающую произ-

водственную ситуацию и принимающую решение по целенаправленному изменению этой ситуации. При управлении ГПС на верхнем уровне возникает проблема сбыта готовой продукции с целью получения максимально возможной прибыли. В работах [43–45] предложена динамическая модель функционирования многономенклатурной ГПС в конкурентных условиях рынка. Здесь ГПС и рынок с конкурентами рассматриваются как единый динамический объект управления. Разработанный подход позволяет строить стратегию и тактику поведения ГПС в условиях неопределенности рынка с целью поддержания заданных темпов прибыли. В работах [46–48] предлагается комплексный подход к построению интеллектуальных алгоритмов управления производственно-сбытовой системой на основе результатов моделирования ее поведения в конкурентных условиях рынка. Принятие управленческого решения состоит в своевременном распознавании неблагоприятных рыночных ситуаций, в генерации для них возможных управлений и в выборе среди них наиболее эффективных в смысле сформированных критериев. Модель интеллектуального управления реализуется в виде семантической сети сложной структуры, которая позволяет на основе логического вывода осуществлять переход производственной системы от начального состояния к целевому в конкретной рыночной ситуации. Предлагается логико-динамическая модель управления производственно-рыночной системой, которая позволяет моделировать динамику функционирования системы и управлять ее переходом из одного равновесного состояния в другое, описывать плохо формализуемые закономерности функционирования системы в неопределенных условиях рынка, выполнять имитационные эксперименты с использованием данных по функционированию реальных систем и выдавать практические рекомендации по повышению эффективности функционирования.

В [49] обсуждаются вопросы разработки методологии моделирования и анализа процессов функционирования и развития региональных экономических систем. Предлагается метод комплексного анализа устойчивости региональных систем как сложных многофункциональных динамических объектов управления.

Дальнейшее развитие работ по этому направлению идет в сторону совершенствования систем интеллектуального управления мультиагентными многономенклатурными быстроманевренными ГПС в условиях неопределенности, дефицита ресурсов и возможных нарушений в функционировании отдельных подсистем.

МИКРОРОБОТОТЕХНИКА

В области микроробототехники в настоящее время практически во всех странах мира ведутся разработки по созданию мобильных микророботов, которые позволяют выполнять манипуляции под микроскопом с точностью до десятков нм. Благодаря высокой точности, микророботы могут найти применение для решения широкого круга задач: сборки микросистем, тестирования микродатчиков и интегральных схем, манипулирования биологическими объектами на уровне клеток, изучение свойств композитов на уровне наноструктур и т. д.

В учебно-научной лаборатории «Микроробототехника» кафедры технической кибернетики в рамках международных грантов ведутся работы по созданию микросборочной станции, в которой в качестве сборочных единиц используются мобильные пьезоэлектрические микророботы. Концепция построения таких станций описана в совместных с партнерами из Университета Карлсруэ (ФРГ) работах [50–58]. В рамках данного направления разработаны новые конструкции пьезоэлектрических мобильных микророботов и изготовлены три типа роботов семейства МИКРОБ. Кроме того, разработаны системы планирования микросборочной станции и обобщенная логическая модель процесса микросборки, учитывающая основные особенности данного процесса и ограничения существующих микроманипуляционных систем (ММС). При этом процесс планирования базируется на методах искусственного интеллекта. Также были разработаны алгоритмы управления микророботами и элементами микросборочной станции. Для управления микророботами используется визуальная обратная связь с CCD-камер. Для распознавания микрообъектов и инструментов микроробота под микроскопом планируется использование искусственной нейронной сети и системы обработки стереоизображений. Дальнейшие исследования в области микроробототехники направлены на совершенствование конструкции ММС, на расширение их функций и на применение методов искусственного интеллекта для управления ими. Ведутся исследования и в области разработки новых технологий на базе ММС.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ

В области автоматизированных систем обработки изображений проводятся исследования по трем направлениям [59–65]. В рамках первого направления осуществляется разработка методов и алгоритмов обнаружения аномальных проявлений на фоне стохастических текстур различной природы и диапазонов длин волн. Оригинальным является способ обнаружения аномальных проявлений с использованием методов поиска «разладки» случайных процессов. Второе направление — это разработка систем имитационного моделирования процессов дистанционного зондирования при наблюдении поверхности Земли и Океана из космоса. Актуальность данного направления исследований подтверждается тенденцией проведения предполетных космических исследований и построением имитационных информационных систем с целью создания математического полигона для апробации алгоритмов обнаружения и идентификации различных аномальных явлений на поверхности Земли и Океана. В результате многолетних исследований была создана информационная система имитационного моделирования поверхности Океана в оптическом диапазоне, внедренная как на ряде предприятий военно-промышленного комплекса, так и в Единую государственную систему мониторинга Республики Башкортостан.

Третье направление научных исследований связано с созданием гибридных оптоэлектронных систем обработки изображений с использованием элементов Фурье-оптики. Исследования в данном направлении позволяют решить ряд задач, связанных с построением нового класса оптоэлектронных устройств, производящих трудоемкие математические операции типа преобразования Фурье, свертки и т. д. Результаты исследований в этом направлении открывают перспективы использования их на борту космических аппаратов, снабженных сканирующими системами высокого разрешения.

Дальнейшие исследования по всем направлениям ведутся в рамках международных и региональных проектов по созданию аэрокосмических систем обработки изображений. Сюда входит создание моделирующего комплекса для имитации процессов наблюдения поверхности Земли и Океана с регистрирующей аппаратурой, установленной на борту малых спутников различного назначения (спутников наблюдения и спутников связи).

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Состояние проблемы построения интеллектуальных систем управления с использованием нечеткой логики, нейронных сетей и генетических алгоритмов проанализировано в работах [66–69]. Здесь изложены теоретические основы и принципы построения интеллектуальных систем, а также приведены многочисленные примеры, иллюстрирующие преимущества и особенности реализации данного класса систем. В работе [24] показано, что интеллектуальные системы управления позволяют эффективно управлять сложными динамическими объектами в условиях неопределенности. Практическое применение интеллектуальных систем для обработки информации, контроля и управления летательными аппаратами, газотурбинными двигателями, автономными мобильными системами, объектами аэрокосмической техники и производственными системами изложено в работах [24, 48, 70–73]. Одним из перспективных направлений в теории интеллектуальных систем являются исследования в области «мягких вычислений», где реализуется попытка интеграции идей нечеткой логики, нейронных сетей, генетических алгоритмов и вероятностных рассуждений с целью построения более эффективных интеллектуальных систем обработки информации, контроля и управления.

Хотелось бы упомянуть и о других научных направлениях, развиваемых в рамках данной научной школы. Это прежде всего направление, связанное с разработкой методов и систем автоматического контроля и диагностики состояния систем управления СУЛА с целью повышения их надежности и отказоустойчивости [24, 70, 74–81]. Другое интересное и перспективное научное направление связано с развитием систем автоматизированного управления процессом бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин. Полученные здесь результаты носят как теоретический, так и прикладной характер [82–87]. Представляет интерес и проблема управления производственными системами в условиях сильного взаимодействия с окружающей природной средой на основе современных информационных технологий [88].

Многие исследования в области теории систем и управления осуществляются в рамках ФЦП «Интеграция», Российских грантов и программ, грантов НАТО, международных проектов по программам Copernicus, INTAS.

Дальнейшее развитие уфимской школы по теории систем и управления нацелено как на решение фундаментальных проблем, так и на применение полученных результатов при решении прикладных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров Б. Н. О построении и преобразовании структурных схем // Изв. АН СССР. ОТН. 1945. № 12. С. 1146–1162.
2. Васильев В. И., Шаймарданов Ф. А. Синтез многосвязных автоматических систем методом порядкового отображения. М.: Наука, 1983. 126 с.
3. Многоуровневое управление динамическими объектами / В. И. Васильев, Ю. М. Гусев, В. Н. Ефанов и др. М.: Наука, 1987. 309 с.
4. Петров Б. Н., Ильясов Б. Г., Бабак С. Ф., Юсупов И. Ю. О структурах линейных стационарных систем // Докл. АН СССР. 1980. Т. 250, № 1. С. 55–53.
5. Бабак С. Ф., Ильясов Б. Г., Рутковский В. Ю. Способ аналитического вычисления коэффициентов передаточных функций многомерных систем // Докл. АН СССР. 1986. Т. 290, № 3. С. 557–559.
6. Ильясов Б. Г., Бабак С. Ф., Кабальнов Ю. С. Об одном подходе к построению структурной теории систем // Изв. РАН. Теория и системы управления. № 2. 1995. С. 15–21.
7. Оптимизация многомерных систем управления ГТД ЛА. Системный подход / А. А. Шевяков, Б. Г. Ильясов, Т. С. Мартынова и др.: Под ред. проф. А. А. Шевякова и Т. С. Мартыновой. М.: Машиностроение, 1989. 256 с.
8. Основы теории многосвязных систем автоматического управления летательными аппаратами: Учеб. пособие / С. Ф. Бабак, В. И. Васильев, Б. Г. Ильясов и др.; Под ред. М. Н. Красильщикова. М.: МАИ, 1995. 288 с.
9. Ильясов Б. Г., Мунасыпов Р. А., Мунасыпова Э. С. Синтез структур сложных динамических систем методом функциональных структурных чисел // Изв. РАН. Теория и системы управления, № 3. 1997. С. 5–11.
10. Петров Б. Н., Черкасов Б. А., Ильясов Б. Г., Куликов Г. Г. Частотный метод анализа и синтеза многомерных систем автоматического регулирования // Докл. АН СССР. 1979. Т. 247, № 2. С. 304–307.
11. Проектирование САУ ГТД. Нормальные и нештатные режимы / Под ред. акад. Б. Н. Петрова. М.: Машиностроение, 1981. 400 с.
12. Ильясов Б. Г., Кабальнов Ю. С., Колушов В. В. К построению областей устойчивости МСАУ в плоскости АФХ ее сепаратных подсистем // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. 1990. № 1. С. 18–25.
13. Ильясов Б. Г., Кабальнов Ю. С. Исследование устойчивости однотипных многосвязных систем автоматического управления с голономными связями между подсистемами // Автоматика и телемеханика. 1995. № 8. С. 82–90.
14. Губайдуллин Г. Г., Ильясов Б. Г., Кабальнов Ю. С. Оптимизация многофункциональных МСАУ с использованием методологии системного подхода // Изв. РАН. Теория и системы управления. № 3. 1995. С. 34–43.
15. Pyasov B. G., Vasilyev V. I., Kabalnov Yu. S. System approach to design of multifunctional multivariable control Systems // Proc. of Int. Conf. CONTROL. Swansea, UK. P. 1569–1574.
16. Ильясов Б. Г., Кабальнов Ю. С., Перельман В. И. Векторная оптимизация МСАУ ГТД с учетом требований к сепаратным подсистемам // Автоматическое регулирование двигателей ЛА / Под ред. А. А. Шевякова. Тр. ЦИАМ, вып. 25, 1986. № 1217. С. 89–98.
17. Петров Б. Н., Ильясов Б. Г. О проблеме принятия решения в системах управления с дополнительной информацией // Петров Б. Н. Избранные труды. М.: Наука, 1983. Т. 2. Управление авиационными и космическими аппаратами. 328 с.
18. Ильясов Б. Г., Кабальнов Ю. С., Распопов Е. В., Рутковский В. Ю. Оптимизация корректирующих устройств в контурах самонастройки адаптивных систем с моделью // Изв. АН СССР. Автоматика и телемеханика. № 12. 1987. С. 131–142.
19. Ильясов Б. Г., Кабальнов Ю. С., Мунасыпов Р. А., Рутковский В. Ю. Оптимизация корректирующих устройств в контурах самонастройки многомерных адаптивных систем с моделью на основе линеаризованных элементов // Изв. АН СССР. Автоматика и телемеханика. № 7. 1991. С. 97–109.
20. Адаптивные системы управления ГТД ЛА / Б. Г. Ильясов, В. Ю. Рутковский, Ю. С. Кабальнов и др. М.: МАИ, 1994. 224 с.
21. Гусев Ю. М., Ильясов Б. Г., Семеран В. А. Адаптивный алгоритм управления с контролем коэффициентов разложения импульсной переходной функции по системе ортогональных функций Уолша // Автоматика и телемеханика. 1978. № 5. С. 185–187.
22. Петров Б. Н., Гусев Ю. М., Семеран В. А. К построению одного класса адаптивных систем автоматического регулирования с возможными нарушениями // Докл. АН СССР. 1980. Т. 254, № 5. С. 1088–1091.
23. Vasilyev V. I., Pyasov B. G., Semeran V. A., Sun Jian-Guo. Application of Sequential Analysis Theory in Automatic Control Systems // Proc. of 1992 American Control Conf. Chicago, June 1992. Omnipress. P. 822–825.
24. Управление динамическими системами в условиях неопределенности / С. Т. Кусимов, Б. Г. Ильясов, В. И. Васильев и др. М.: Наука, 1998. 452 с.

25. **Ильясов Б. Г., Миронов В. В., Юсупова Н. И.** Иерархические модели процессов управления: описание, интерпретация и лингвистическое обеспечение. Уфа: УГАТУ, 1994. 151 с.
26. **Ильясов Б. Г., Миронов В. В., Юсупова Н. И.** Модели критических ситуаций при управлении техническими объектами: Препринт. Уфа: УНЦ РАН, 1996. 46 с.
27. **Ijjasov B. G., Yusupova N. I., Mironov V. V.** Models of critical situations for intelligent control // Proc. of the 2nd Asia-Pacific Conf. on Control and Measurement. Wuhan-Chong-Ging, China: Aviation Industry Press, 1995. P. 274–278.
28. **Yusupova N. I., Mironov V. V.** User and application system decision coordination and intelligent control in critical situations // Proc. of the IFIP 13th World Computer Congress. Vol. 3. Hamburg, Germany, 1994. P. 376–381.
29. **Ijjasov B. G., Jusupova N. I., Mironov V. V.** An intelligent control for an autonomous system using models of critical situations // Proc. of the Int. Conf. "Intelligent Autonomous Systems" (IAS-4). Karlsruhe, Germany. March 27–30, 1995. IOS Press, Amsterdam-Oxford-Washington DC-1995. P. 553–560.
30. **Ijjasov B. G., Vasilyev V. I., Yusupova N. I., Mironov V. V.** Intelligent object-oriented hierarchical model for control algorithms design // 3rd IFAC Symp. on Intelligent Components and Instruments for Control Applications. Annecy, France, June 9–11, 1997. P. 485–490.
31. **Юсупова Н. И.** Критические ситуации и принятие решений при управлении в условиях помех. Уфа: Гилем, 1997. 112 с.
32. **Ijjasov B. G., Jusupova N. I., Mironov V. V.** Spacecraft risk management using critical situation models // Space safety and rescue 1995. Vol. 93. Science and Technology series of American astronautical society publication, 1997. P. 125–137.
33. **Ijjasov B. G., Jusupova N. I., Mironov V. V.** Spacecraft risk management using critical situation models: Preprint // 46th Int. Astronautical Congress. Oslo, Norway, Oct. 1995. IAF. P. 1–9.
34. **Юсупова Н. И., Никифоров Д. В., Рембольд У.** и др. Эвристический алгоритм планирования траекторий редундантного манипулятора в неопределенном пространстве // Интеллектуальные автономные системы: Международное научное издание. Уфа-Карлсруэ, 1996. С. 33–47.
35. **Гусев Ю. М., Ефанов В. Н., Крымский В. Г., Рутковский В. Ю.** Анализ и синтез линейных интервальных динамических систем (стоящие проблемы) // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. 1991. № 1. С. 3–24.
36. **Гусев Ю. М., Ефанов В. Н., Крымский В. Г., Рутковский В. Ю.** Анализ и синтез линейных интервальных динамических систем (стоящие проблемы) // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. 1991. № 2. С. 3–30.
37. **Ефанов В. Н., Крымский В. Г., Гляшов Р. З.** Синтез алгоритма управления многосвязным объектом с интервальными параметрами // Изв. вузов СССР. Приборостроение. 1991. № 8. С. 48–54.
38. **Akhmedjanov F. M., Gusev Yu. M., Krymsky V. G.** The robustness analysis for dynamic systems with interval parametric uncertainty: frequency domain technique development // ICI&C Conf. Extended Abstracts. St.-Petersburg: St.-Petersburg Inst. for Informatics and Automation. Vol. 3. 1997. P. 1032–1041.
39. **Ахмеджанов Ф. М., Крымский В. Г.** Частотный подход к исследованию динамических свойств многомерных систем, содержащих интервальные параметры // Вычислительные технологии. 1997. Т. 2, № 2. С. 5–9.
40. **Akhmedjanov F. M., Krymsky V. G.** Frequency domain technique application to interval dynamic system analysis: time-invariant stochastic processes investigation // SCAN'97 Extended Abstracts. Lyon: Ecole Normale, 1997. P. 123–126.
41. **Akhmedjanov F. M., Krymsky V. G.** Risk-based methodology for analysis of large-scale stochastic dynamic systems with parametric uncertainty // PSAM-IV Int. Conf. Proc. Vol. 4. Springer-Verlag, New York, 1998. P. 2275–2280.
42. **Ильясов Б. Г., Исмагилова Л. А., Валеева Р. Г.** Формализованное описание состояний гибкой производственной системы как объекта управления // Механизация и автоматизация управления. Киев, 1987. № 3. С. 29–32.
43. **Ильясов Б. Г., Исмагилова Л. А., Валеева Р. Г.** Моделирование производственно-рыночных систем. Уфа: УГАТУ, 1995. 321 с.
44. **Ильясов Б. Г., Исмагилова Л. А., Валеева Р. Г.** Моделирование динамических производственно-экономических систем // Экономика и управление: Научно-практический журнал. № 2. 1995. Уфа: Баш. акад. госслужбы и управления, 1995. С. 64–69.
45. **Ильясов Б. Г., Исмагилова Л. А., Валеева Р. Г.** Проблемы управления производственно-экономической системой // Экономика и управление: Научно-практ. журнал № 4(8). Уфа: Баш. академия гос. службы и управления, 1996. С. 56–59.
46. **Ijjasov B. G., Ismagilova L. A., Valeeva R. G. et al.** Intelligent control for dynamic organizational production-market systems // Proc. of Int. Conf. on Informatics and Control. June 9–13, 1997. St. Peterburg, Russia. С. 606–612.
47. **Groumpos P. P., Ilyasov B. G., Ismagilova L. A., Valeeva R. G.** Production control as of a complex dynamic object // Prep. of the 8th IFAC Symposium on Large Scale systems: Theory and Applications. Rio Patras, Greece, 1998. Vol. 1, P. 527–530.
48. **Groumpos P. P., Ilyasov B. G., Ismagilova L. A., Valeeva R. G.** Intelligent control algorithms of dynamic manufacturing systems // Proc. of ASI'98 Life Cycle Approaches to Production Systems: Management, Control and Supervision. Bremen, 1998. P. 151–156.
49. **Groumpos P. P., Ilyasov B. G., Ismagilova L. A., Valeeva R. G.** Methodological aspects

- of system modelling and analysis of a stable development of regional systems // *Life Cycle Approaches to Production Systems: Management, Control and Supervision: Preprints of ASI'99*. Leuven, Belgium, 1999. P. 21–22.
50. **Fatikow S. W., Munassypov R. A., Rembold U.** Assembly planning and plan decomposition in an automated microrobot-based microassembly desktop station // *J. of Intelligent Manufacturing*. 1998. Vol. 9, No 1. P. 73–92.
 51. **Mardanov A. Z., Seyfried J., Fatikow S. W.** An automated assembly environment in a micro-assembly station // *Proc. of Int. Conf. ASI'97*. Budapest, Hungary, 1997. P. 207–210.
 52. **Santa K., Seyfried J., Fatikow S. W., Munassypov R. A.** Control of a three-leg piezoelectric microrobot with two friction-driven manipulators // *Proc. of the 8th Workshop on Micromachining, Micromechanics and Microsystems (MME'97)*. Southampton, England, 1–2 September, 1997. P. 207–210.
 53. **Seyfried J., Fatikow S. W., Mardanov A. Z.** An automated microassembly environment // *Proc. of IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS'97)*. Grenoble, France, 7–11 September, 1997. P. 20–26.
 54. **Даринцев О. В., Ильясов Б. Г., Мунасыпов Р. А.** и др. Пьезоэлектрический мобильный микроробот // *Интеллектуальные автономные системы: Международное научное издание*. Уфа–Карлсруэ, УГАТУ, 1996. С. 63–68.
 55. **Мунасыпов Р. А., Даринцев О. В., Фатиков С. В.** Управление движением мобильного пьезоэлектрического микроробота по заданной траектории // *Интеллектуальные автономные системы: Международное научное издание*. Уфа–Карлсруэ: УГАТУ, 1996. С. 69–76.
 56. **Мунасыпов Р. А., Фатиков С. В., Зайфред И.** Генерирование на основе геометрического представления достижимых последовательностей микросборки в системе планирования микросборочной станции // *Интеллектуальные автономные системы: Международное научное издание*. Уфа–Карлсруэ: УГАТУ, 1996. С. 83–92.
 57. **Munassypov R. A., Grossman B., Mag-nussen B., Fatikow S. W.** Development and control of piezoelectric actuators for a mobile micromanipulation system // *Proc. of the 5th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR'96)*. Bremen, Germany, 26–28 June, 1996. P. 213–216.
 58. **Munassypov R. A., Fatikow S. W.** An Intelligent Micromanipulation Cell for Industrial and Biomedical Applications Based on Piezoelectric Microrobots // *Proc. of the 5th Int. Conf. on Micro Electro, Opto, Mechanical Systems and Components (MICRO SYSTEM Technologies'96)*. Potsdam, Germany, 17–19 September, 1996. P. 826–828.
 59. **Багманов В. Х., Кусимов С. Т., Султанов А. Х.** Моделирование и синтез аэрокосмических изображений при дистанционном зондировании. Уфа: УНЦ РАН, 1995. 48 с.
 60. **Кусимов С. Т., Султанов А. Х., Черных В. В.** Применение некогерентного источника света и светочувствительной матрицы с произвольной адресацией в схемах быстродействующих оптоэлектронных специализированных, предназначенных для автономных объектов // *Интеллектуальные автономные системы: Международное научное издание*. Уфа–Карлсруэ: УГАТУ, 1996. С. 95–104.
 61. **Султанов А. Х., Черных В. В.** Оптоэлектронный Фурье-спектроанализатор с использованием фотодиодной светочувствительной матрицы с произвольной выборкой // *Оптическая техника*. 1996. № 2 и 3. С. 15–23.
 62. **Бакиров Н. К., Султанов А. Х.** Непараметрический метод поиска многомерной разладки // *Изв. РАН. Автоматика и телемеханика*. 1997. № 7. С. 20.
 63. **Bagmanov V. H., Sultanov A. H., Hamitov R. Z.** Simulation modelling system for space investigation of aquatic media: Preprint of 45th Int. Astronautical Congress. Jerusalem, Israel, 1994. 5 p.
 64. **Bagmanov V. H., Sultanov A. H.** Information system for simulation of ocean surface image in optical remote sensing: Preprint of IAF 43rd Congress. Washington, DC, 1992. 5 p.
 65. **Моделирование и обработка изображений в оптических системах космического видения / С. Т. Кусимов, А. Х. Султанов, В. Х. Багманов, В. Г. Крымский.** М.: Наука, 1999. 216 с.
 66. **Васильев В. И., Ильясов Б. Г.** Интеллектуальные системы управления с использованием нечеткой логики. Уфа: УГАТУ, 1995. 100 с.
 67. **Интеллектуальные системы управления с использованием нейронных сетей: Учебное пособие / В. И. Васильев, Б. Г. Ильясов, С. С. Валеев, С. В. Жернаков.** Уфа: УГАТУ, 1997. 92 с.
 68. **Васильев В. И., Ильясов Б. Г.** Интеллектуальные системы управления с использованием генетических алгоритмов: Учебное пособие. Уфа: УГАТУ, 1999. 105 с.
 69. **Куликов Г. Г., Брейкин Т. В., Арьков В. Ю.** Интеллектуальные информационные системы: Учебн. пособие. Уфа: УГАТУ, 1999. 129 с.
 70. **Проблемы проектирования и развития систем автоматического управления и контроля ГТД / Под ред. проф. С. Т. Кусимова, проф. Б. Г. Ильясова, проф. В. И. Васильева.** М.: Машиностроение, 1999. 609 с.
 71. **Автоматизированное проектирование информационно-управляющих систем. Проектирование экспертных систем на основе системного моделирования / Г. Г. Куликов, А. Н. Набатов, А. В. Речкалов и др.** Уфа: УГАТУ, 1999. 223 с.
 72. **Ильясов Б. Г., Васильев В. И., Валеев С. С.** Управление полетом низколетящего ЛА на базе нечеткой логики // *Труды междунар. семинара «Мягкие вычисления 96» (SC'96)*. Казань, 3–6 окт. 1996. Каз. гос. ун-т., 1996. С. 67–71.
 73. **Ilgasov B. G., Vasilyev V. I., Valeyev S. S.** Fuzzy fault-tolerant control of aeroengines // *1997 China-Russia Symp. on Aero-Engines*. June

- 28–30, 1997. Symposium Papers. Nanjing, China.
74. **Автоматический** контроль и диагностика систем управления силовыми установками летательных аппаратов / В. И. Васильев, Ю. М. Гусев, А. И. Иванов, В. А. Семеран, С. А. Сиротин. М.: Машиностроение, 1989. 240 с.
 75. **Vasilyev V. I., Ijasov B. G., Semeran V. A.** Design and provision of fault tolerance of multi-functional digital control systems for flying vehicle propulsions // Proc. of Third China-Russia-Ukraine Symp. on Astronautical Science and Technology. Xi'an, China. Sept. 16–20, 1994. P. 258–260.
 76. **Васильев В. И., Валеев С. С., Жернаков С. В.** Применение нейросети для диагностирования состояния САУ ГТД в условиях неопределенности // Принятие решений в условиях неопределенности: Межвуз. науч. сб. Уфа: УГАТУ, 1996. С. 92–95.
 77. **Sun Jian-Guo, Ijasov B. G., Vasilyev V. I., Valeev S. S.** Fuzzy Fault-Tolerant Control of Aeroengines // Proc. of the 1997 China-Russia Symposium on Aero-Engines. June, 28–30, 1997. Nanjing, China. P. 72–76.
 78. **Васильев В. И., Уразбахтина Л. Б.** Стратегия допустимого риска в интеллектуальных средствах измерений // Труды междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM'98, Санкт-Петербург, 22–26 июня 1998. Том 2. СПб: СПГЭУ, 1998. С. 87–90.
 79. **Vasilyev V. I., Urazbakhtina L. B.** Decomposition of mathematical model of complex dynamic object for integrated testing of 1st technical condition // Proc. of Int. Conf. LSS'98. IFAC. Patras, Greece, 1998. Vol. 1. P. 65–72.
 80. **Валеев С. С., Васильев В. И., Ильясов Б. Г.** Отказоустойчивые системы управления сложными динамическими объектами с использованием искусственных нейронных сетей // Труды V Всеросс. конф. «Нейрокомпьютеры и их применение». М., 17–19 февраля 1999. С. 169–172.
 81. **Vasilyev V. I., Urazbakhtina L. B.** Functional organization of intelligent tools of observation for complex objects parameters: Preprint of ASI'99 Conf. "Life Cycle Approaches to Production Systems: Management, Control, and Supervision". Sept. 22–24, 1999. Leuven, Belgium, 1999. 2 p.
 82. **Проблема автоматизации управления траекторией ствола наклонно направленных скважин** / Р. И. Алимбеков, В. И. Васильев, В. А. Семеран и др. // Проблемы механики и управления: Сб. тр. ин-та механики УНЦ РАН. Уфа, 1994. С. 153–158.
 83. **Vasilyev V. I., Nugaev I. F., Agzamov Z. V.** Automatic control with prediction for autonomous robot-drill // Proc. of 4th Int. Conf. on Intelligent Autonomous Systems. Karlsruhe, Germany. March 27–30, 1995. P. 461–464.
 84. **Алимбеков Р. И., Васильев В. И., Нугаев И. Ф., Агзамов З. В.** Автоматическое управление с прогнозированием для автономного робота-бура // Интеллектуальные автономные системы: Междунар. науч. издание. Уфа-Карлсруэ, 1996. С. 51–56.
 85. **Алимбеков Р. И., Васильев В. И., Нугаев И. Ф., Агзамов З. В.** Система автоматизированного управления траекторией движения бурового инструмента // Проблемы машиноведения, конструкционных материалов и технологий: Сб. науч. тр. Уфа: Гилем, 1997. С. 122–130.
 86. **Автоматизация** управления нефтяным бурением на основе новых информационных технологий / В. И. Васильев, И. Ф. Нугаев, З. В. Агзамов и др. // Вычислительная техника и новые информационные технологии: Межвуз. науч. сб. Уфа: УГАТУ, 1997. С. 146–151.
 87. **Алимбеков Р. И., Васильев В. И., Агзамов З. В. и др.** Задачи многоуровневого управления траекторией бурения наклонно направленных нефтяных скважин // Проблемы нефтегазового комплекса России: Тр. междунар. конф. Т. II. Автоматизация технологических процессов, электротехнические устройства. Уфа: УНГТУ, 1998. С. 195–199.
 88. **Ильясов Б. Г., Васильев В. И., Хамитов Р. З.** Развитие системных исследований в области управления природоохранной деятельностью в Республике Башкортостан // Башкирский экологический вестник. Уфа: Экология, 1998. С. 14–19.