

УДК681.32:638.562:51.65
УДК531.36

А.П. АЛПАТОВ

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРОБЛЕМ КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ, ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОБЪЕКТОВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Выполнен обзор методов системного анализа деятельности космической отрасли. Обсуждаются методы оценки проектов космических программ, алгоритмы формирования научно-технических программ.

Описаны результаты исследования динамики больших космических конструкций, космических трюсовых систем, а также микроспутников.

System analysis methods for space industry activities are reviewed. Methods of projects estimation of space programs, for scientific and technical programs algorithms are discussed.

Results of researches on the dynamics of the large space structures, space tethered systems as well as microsatellites are described.

Отдел системного анализа и проблем управления Института технической механики НАНУ и НКАУ был создан в 2000 году на базе отдела управляемых механических систем в результате объединения с отделом системного анализа. Основными научными направлениями отдела были определены:

- исследование свободных и управляемых режимов функционирования трансформируемых пространственно-развитых механических систем космического и наземного базирования в условиях широкого спектра воздействий;
- системный анализ проблем космической отрасли;
- исследование медицинских информационных систем, интеллектуальных модулей и технических средств, предназначенных для биомеханического мониторинга человека.

В развитии указанных направлений в различные периоды деятельности отдела принимали и принимают участие 39 научных сотрудников и 32 инженера и техника. Экспериментальная и методологическая база отдела содержит лабораторное оборудование для исследования элементов трюсовых космических систем, биомеханические стенды и измерительные устройства, а также программные комплексы для решения задач по основным направлениям исследовательской работы отдела. В последние годы основными заказчиками таких работ являются Национальная академия наук Украины, Национальное космическое агентство Украины, Государственное предприятие КБ «Южное», Государственное предприятие «Южный машиностроительный завод».

Базовые разработки отдела ориентированы на задачи ракетно-космической отрасли Украины и в своей основе содержат фундаментальные исследования, проводимые в соответствии с плановыми заданиями НАН Украины. Результаты фундаментальных исследований используются в процессе научно-методического сопровождения разработок ракетно-космической техники. Методические разработки также применяются для оценки эффективности проектов национальных космических программ и подготовки различных аналитических материалов для государственных органов управления.

Обзор исследований и разработок отдела, выполненных в последние десять лет, представлен далее по нескольким основным направлениям

Оптимизация управляемого движения ракет-носителей. Несмотря на накопленный опыт проектирования ракет-носителей различного назначения,

© А.П. Алпатов, 2008

продолжают оставаться актуальными задачи оптимизации проектных параметров таких объектов. Эти задачи возникают как при проектировании новых носителей, так и в процессе их модернизации и доработки существующих.

Для начального этапа проектирования сформулирована комплексная задача выбора облика (синтеза структуры), оптимизации основных проектных параметров и программ управления полетом жидкостных ракет-носителей (РН) различных классов, предназначенных для выведения космических аппаратов (КА) в околоземное космическое пространство. Задача относится к классу задач теории оптимального управления с ограничениями в виде равенств, неравенств и дифференциальных связей с непрерывно и дискретно изменяющимися оптимизируемыми параметрами. Методология решения подобного рода задач предполагает разделение всего состава оптимизируемых параметров, характеризующих РН, на две группы: структурные параметры (изменяющиеся дискретно), определяющие облик, структуру, конструктивно-компоновочную и аэродинамическую схемы РН; основные проектные параметры (изменяющиеся непрерывно), определяющие габаритно-массовые, баллистические и энергетические характеристики РН [64, 65].

Применительно к комплексной задаче оптимизации разработана математическая модель РН, построенная на физических и статистических соотношениях, которая позволяет в зависимости от исходных данных, значений структурных и основных проектных параметров определять габаритно-массовые характеристики РН различных классов. Баллистические, энергетические характеристики РН определяются для центрального гравитационного поля сферической Земли с учетом ее вращения и кривизны поверхности. Основой для построения методики и разработки алгоритма решения комплексной задачи является декомпозиция ее на две частные задачи: выбор структурных параметров, определяющих рациональный облик, конструктивно-компоновочную и аэродинамическую схемы РН; оптимизация основных проектных параметров и программ управления полетом для выбранного облика РН. Получение решения комплексной задачи оптимизации основано на взаимосвязанном решении первой и второй частных задач. Разработан подход, позволяющий свести задачу теории оптимального управления к задаче нелинейного математического программирования с ограничениями в виде равенств, неравенств и дифференциальных связей [62, 63]. В процессе поиска оптимального решения используется аппроксимация сечения функциональной поверхности в области, подозрительной на экстремум, что позволяет определить оптимальные значения оптимизируемых параметров из условия максимума (минимума) аппроксимирующей функции [65].

С использованием предложенного подхода были решены имеющие важное прикладное значение следующие задачи начального этапа проектирования объектов ракетно-космической техники: определены оптимальные программы управления движением и программа изменения тяговых характеристик управляемого ракетного объекта [63, 64]; определены оптимальные программы изменения направления вектора тяги двигательной установки космического аппарата, осуществляющего переход с одной круговой околоземной орбиты на другую орбиту [64, 65]; проведена оптимизация основных проектных параметров и программ управления для различных классов РН, в том числе для РН сверхлегкого класса и РН, сформированных по модульному принципу, целесообразность разработки которых диктуется потребностями

современного рынка транспортно-космических услуг по выведению мало-размерных КА в околоземное космическое пространство.

Динамика космических аппаратов. Современные подходы к исследованию динамики КА связаны с тенденциями развития и практического использования космической техники при решении задач дистанционного зондирования Земли, связи, навигации, научных исследований по изучению космического пространства [13, 23]. Особенности моделей динамики обусловлены спецификой решаемых космическими аппаратами задач. Продолжают оставаться актуальными задачи повышения точности ориентации, что влечет за собой необходимость учета новых факторов, оказывающих влияние на точность, а также задачи ориентации микроспутников, требующие специальных подходов к построению систем ориентации в условиях жестких весовых ограничений [68, 72]. Также и задачи предотвращения засорения космического пространства требуют своих подходов к исследованию задач динамики.

Разработаны новые математические модели, развиты и адаптированы к практическим задачам существующие математические модели, разработаны алгоритмы и базовые модули компьютерных программ расчета динамики космических аппаратов с учетом факторов, которые влияют на качество получаемых снимков при дистанционном зондировании Земли. Предложены новые кинематические параметры вращения твердого тела как результата двух поворотов относительно опорного вектора и перпендикулярного к нему направления. Показана возможность эффективного использования этих параметров для задач управления ориентацией микроспутников.

Разработана схема тросовой системы гравитационной стабилизации спутника, использующей вместо традиционной жесткой штанги тонкий трос, что дает возможность технологически достаточно просто увеличить расстояние между спутником и стабилизирующим грузом до нескольких километров, увеличивая тем самым восстанавливающий момент гравитационных сил.

Подобные системы представляют собой перспективное направление космонавтики, находящееся на стыке традиционных задач стабилизации спутников и задач исследования динамики и стабилизации движения космических тросовых систем [57]. Анализ динамики спутника с рассматриваемой системой стабилизации позволил определить положения равновесия и построить аналитические зависимости частот колебаний системы от ее параметров [56, 57]. Это, в свою очередь, позволило разработать методику выбора конструктивных параметров системы, обеспечивающих минимальную длительность переходных процессов с учетом технической реализации параметров, а также влияния конструктивных и технологических погрешностей [11, 57]. Анализ динамики позволил также определить условия, обеспечивающие скорейшее затухание переходных процессов в системе. Оказалось, что оптимальные по быстрдействию переходные процессы стабилизации соответствуют резонансам между частотами колебаний парциальных систем. В связи с этим найден такой резонансный режим, который наиболее эффективен для использования в системах стабилизации [11].

Для целей практического использования результатов исследования построены оценки влияния конструктивных параметров системы на длительность переходных процессов, в частности оценки влияния неточности задания параметров. Построены модели и проведены оценки влияния на точность

стабилизации углового движения спутника с тросовой системой гравитационной стабилизации различных возмущающих факторов, в том числе аэродинамических, электромагнитных, солнечного давления, отклонения орбиты от круговой.

Динамика космических тросовых систем. Космические тросовые системы (КТС) являются перспективным направлением развития космической техники и технологий. Проекты использования КТС в настоящее время рассматриваются во многих странах. Эти проекты разнообразны по назначению и направлены на улучшение работы как микроспутников и традиционных космических аппаратов, так и международной космической станции и космических кораблей для межпланетных перелетов. Реализация проектов КТС предполагает получение существенного экономического эффекта и новых научных знаний [2, 3].

Относительно новым направлением в области КТС являются космические тросовые системы, стабилизированные вращением [2, 3, 18, 40]. Анализ возможности их использования показывает, что они позволяют получить дополнительные выгоды практически на всех направлениях использования КТС. В настоящее время новые проекты использования вращающихся на орбите КТС широко обсуждаются в научной печати.

В отделе ведутся исследования по ряду проектов КТС. В том числе, разработаны новые проекты использования тросов в космосе. Предложен проект автономного энергосилового модуля, несущего блоки панелей солнечных батарей и соединенного 1,5 – 6 км тросом с космической станцией (КС) [72]. При исследовании способов стабилизации концевых тел КТС предложена новая схема гравитационной стабилизации КТС, основанная на введении в систему дополнительного тела, прикрепленного к тросу и присоединенного к концевому телу КТС шарнирным соединением. Показана перспективность данной схемы для гравитационной стабилизации углового движения спутников [57].

Анализ динамических особенностей КТС, стабилизированных вращением [38 – 40, 77, 78, 86], позволил предложить проект малой автономной КТС для экспериментальных орбитальных исследований процессов развертывания и функционирования КТС. Подобная КТС может использоваться для исследования физики космической плазмы и физики высокой атмосферы и магнитосферы. Особый интерес представляет использование данной КТС в качестве интегрального датчика для исследований полей Земли. Малая вращающаяся КТС может служить эталоном длины для калибровки и измерений характеристик бортовых и наземных оптических и радиолокационных систем.

Основным отличием КТС от традиционных космических систем является их большая протяженность, которая обуславливает ряд особенностей задач их динамики. Следствием большой протяженности является низкая жесткость связей в системе и существенное увеличение сил и моментов, влияющих на ее движение. Это в свою очередь обуславливает связь исследований задач динамики КТС с решением ряда фундаментальных проблем нелинейной механики:

- проблемы влияния колебаний тел по внутренним степеням свободы на динамику систем в центральном поле сил;
- проблемы эволюции движения протяженных систем на околоземных орбитах;

- проблемы нелинейных резонансов, синхронизации и хаотических движений.

Анализ состояния названных проблем показал, что их исследование в первую очередь требовало построения качественной картины нелинейной динамики и определения основных закономерностей и возможных эффектов нелинейных взаимодействий.

С целью решения названных проблем был развит метод оскулирующих элементов [15, 16, 46 – 52, 73, 74]:

- сделано обобщение метода оскулирующих элементов как общего метода исследования нелинейной динамики;
- разработан метод вывода уравнений возмущенного движения системы, содержащей упруго присоединенную массу;
- разработана схема вывода уравнений возмущенного движения систем с колебательными звеньями;
- предложены новые схемы вывода уравнений возмущенного кеплерова движения и построены новые их формы для движения тел на близких к круговым орбитам и для движения тел на соседних орбитах.

Развиты методы исследования и определены основные закономерности динамики КТС в нерезонансных режимах движения. Определено влияние продольных колебаний на движение системы, и получены новые результаты закономерностей движения КТС при воздействии аэродинамических сил и диссипации энергии в материале нити [52]. Построены модели, позволяющие проводить исследования либрационного движения КА с гравитационной системой стабилизации с учетом переменности аэродинамического момента [43]. Исследована взаимосвязь поступательного и вращательного движения КТС. Показано, что основной эволюционный эффект движения заключается во вращении плоскости, образованной векторами кинетических моментов, вокруг суммарного кинетического момента системы. При этом одна из составляющих угловой скорости этого вращения не зависит ни от масс тел, ни от линейных размеров системы, а пропорциональна отношению угловых скоростей орбитального и относительного движений.

Исследованы возможности использования резонансных режимов для управления движением КТС [46, 52]. Показаны и оценены возможности направленного изменения ориентации и скорости вращения КТС, параметров ее орбитального движения за счет резонансного изменения длины нити [46].

Предложены новые проекты КТС. Проект, предназначенный для перевода полезной нагрузки на более высокие орбиты, основан на раскачивании системы в гравитационном поле путем изменения момента инерции системы. Проект, предназначенный для управления орбитальным движением системы, основан на перераспределении кинетического момента между орбитальным и относительным движением.

Развиты методы исследований и получены новые результаты по проблеме хаотических движений в детерминированных системах [2, 3, 53 – 55, 76]. Предложен новый подход к исследованию проблемы и разработаны методы измерения характеристик отдельных траекторий и их семейств. На этой основе построен новый механический образ хаотических режимов движения и получено новое понимание механической сущности явления.

Разработаны схемы подготовки и проведения орбитальных экспериментов. Определены состав аппаратуры и требования к проведению измерений и

наблюдений. Разработаны методики и проведены серии наземных экспериментальных исследований процессов развертывания и функционирования КТС [2, 3, 20, 28]. В результате этих исследований получены следующие методики:

- определения начальных кинематических параметров в результате отстрела тел и возможных их отклонений от заданных величин;
- выбора троса и определения его свойств; определения способов укладки троса во втором теле, приемлемых для решения задачи;
- изучения влияния процесса разматывания троса на кинематические параметры движения первого тела, особенно процесса вскрытия узла фиксации троса (узла контровки);
- определения необходимой кинетической энергии движения первого тела для развертывания троса на полную длину;
- определения требований к тормозному устройству гашения скорости первого тела перед завершением разматывания троса и исследования динамики гашения скорости.

Исследования проводились как по плану фундаментальных исследований НАНУ, так и в рамках международных проектов INTAS-94-0644 “Experimental and Computational Analysis of Tethered Space Systems” и INTAS-99 – 01096 “Theoretical and experimental investigation of multibody space systems connected by hinges and tethers” в составе ученых из ИТМ НАНУ и НКАУ (проф. А.П. Алпатов, д.ф.-м.н. Пирожено А.В.), ГКБ “Южное” (член-корр. НАНУ В.И. Драновский, проф. В.С. Хорошилов), ИМ НАНУ (д.т.н. А.Е. Закржевский), ИПМ РАН (член-корр. РАН В.В. Белецкий), Венского технологического университета (проф. Г. Трогер), Штутгартского университета (проф. В. Шехлен), Карслруйского университета (проф. Й. Витенбург).

Крупногабаритные трансформируемые конструкции космического базирования. В конце 90-х годов были проведены работы, направленные на определение задач научных исследований по развитию космической гелиоэнергетики в Украине. Под космической гелиоэнергетикой понималась совокупность методов и технических средств сбора, преобразования и использования потребителем энергии солнечной радиации оптического диапазона в космическом пространстве. Исследовались задачи динамики, которые имеют место при развертывании КТС, создании систем управления орбитальным положением, ориентацией и формой поверхности элементов космических гелиоэнергетических систем. В результате анализа выделен перечень актуальных направлений работ в этой области исследований [1, 9, 18, 24, 35]:

- разработка методов расчета орбитальных переходов, алгоритмов коррекции орбитального положения с использованием сил давления солнечного излучения и электрореактивных двигателей и методов выбора распределения исполнительных органов систем управления орбитальным положением на крупногабаритных упругих конструкциях, обеспечивающего минимальные силовые нагрузки и колебания;
- разработка эффективных способов управления ориентацией и угловой стабилизации упругих крупногабаритных конструкций;
- разработка пассивных и активных вариантов компенсации искажения формы поверхности протяженных космических конструкций, методов рас-

пределения датчиков искажения формы, исполнительных органов и алгоритмов коррекции формы поверхности;

- исследование в области создания исполнительных органов систем управления для крупногабаритных космических конструкций (электрореактивные двигатели, гиродины, отражатели солнечного излучения).

Важное значение имеет решение задач экспериментальных исследований в области создания космических гелиоэнергетических систем. Сформулированы задачи проведения наземных экспериментов, экспериментов на борту орбитальной космической станции, исследований, связанных с проведением модельных и масштабных демонстрационных экспериментов [67, 69].

При создании антенных рефлекторов больших (десятки метров) диаметров перспективным является каркасно-опорный тип конструкции, отвечающий современным тенденциям развития космических антенн и требованиям к формообразованию их отражающих поверхностей. Конструктивные особенности выполнения каркаса рефлектора дают основание для изучения движения обособленной, то есть без учета связи с другими, меридиональной цепи стержней каркаса. Естественно, такая обособленность имеет место при определенных значениях параметров антенны, а также рабочих и возмущающих воздействий.

Следует также отметить исследования, связанные с разработкой в НПО "Энергия" и Институте космических сооружений (Грузия) крупногабаритных космических рефлекторов – радиотелескопов, антенн спутниковой связи. Исследования проводились, в том числе, в сотрудничестве со специалистами Института космических сооружений [35, 41, 44]. Выполнен расчет тепловых деформаций трансформируемого рефлектора кольцевой лепестковой конструкции [67, 83] (такая антенна была развернута в ходе эксперимента "Рефлектор", проведенного в 1999 году на станции "Мир") с учетом тепловых потоков на элементы конструкции в различных положениях на орбите. Разработана математическая модель динамики антенны, учитывающая конечное значение скорости механического взаимодействия. Предложен эффективный метод расчета смещений и деформаций конструкции [41, 70].

Выполнен комплекс исследований процессов формообразования крупногабаритного вантового космического рефлектора. Предложен метод выделения формообразующего элемента, дискретная и континуальная расчетная схемы, разработаны математические модели. Создана комплексная методика исследования процессов формообразования. Разработаны активные и пассивные алгоритмы управления формой отражающей поверхности рефлектора [27, 30, 35, 36].

На основе методов подвижного управления, ранее развитых в отделе [1], продолжены исследования проблемы подвижного управления большими космическими конструкциями с использованием давления солнечного излучения [16].

Разработаны математические модели квазистатических и динамических процессов формообразования для больших вантовых каркасно-опорных космических рефлекторов. Разработана комплексная численно-аналитическая методика исследования квазистатических процессов формообразования, рассчитанная на использование при разработке систем управления формой вантовых каркасно-опорных космических рефлекторов.

Предложен новый подход к математическому описанию динамики большой космической конструкции как деформируемого тела [41]. В рамках этого подхода вводится понятие кинематических параметров применительно к движению деформируемого тела и учитывается конечная скорость распространения механического взаимодействия. Трёхмерная модель динамики заменяется эквивалентной четырехмерной моделью статики, для которой получены уравнения равновесия сил и моментов.

Основываясь на подходе, изложенном в [41], разработан численно-аналитический метод, позволяющий определить смещение, деформацию и температуру во всех точках большой космической конструкции. Суть его заключается в следующем [67]. Находится аналитическое описание силового взаимодействия между двумя бесконечно малыми частицами деформируемого тела (элементарное решение). С физической точки зрения – это третий закон Ньютона для частиц, расположенных на расстоянии одна от другой в упругой среде, передающей воздействие со скоростью звука. Предполагается, что взаимодействие частиц в деформируемом теле происходит в соответствии с принципом "каждая со всеми и все с каждой". При этом возникает проблема композиции смещений и деформаций, индуцированных в каждой точке воздействиями во всех остальных: из-за нелинейности задачи принцип суперпозиции в данном случае неприменим. Полученные в [41, 67] уравнения равновесия рассматриваются как условия, определяющие правила композиции смещений и деформаций. Используя найденное аналитическое решение, эти уравнения удается свести к системе алгебраических уравнений, из которых смещения и деформации находятся в явном виде.

Исследование динамики космического манипулятора. Начало работ по космическим манипуляторам было положено в 80-е годы по соответствующему заданию на выполнение фундаментальных НИР. Дальнейшее развитие эти работы получили по контрактам с ЦНИИ робототехники и технической кибернетики, который проектировал космический манипулятор для системы "Буран" по заданию РКК "Энергия". Разработанная для предложенной расчётной схемы математическая модель системы была использована для синтеза алгоритмов управления манипулятором, а также выбора программных траекторий перемещения полезного груза. Рекомендации по результатам выполненного анализа влияния конечной жёсткости элементов конструкции явились основанием для доработки проектировщиками манипулятора создаваемого механизма.

В настоящее время ведутся исследования по развитию методов эквивалентного конечномерного представления расчётных схем протяжённых упругих элементов механических систем при повышенных требованиях к условиям эквивалентности, учитывающих, в частности, динамику взаимодействия элемента с присоединёнными телами.

Опыт, накопленный при исследовании динамики манипулятора космического корабля, позволил решить некоторые задачи функционирования манипулятора, работающего в нестандартных ситуациях, когда условия его движения могут быть заранее неизвестны и, более того, меняться в процессе движения. Разработаны методы решения задачи [31, 33, 34] планирования программного движения манипулятора при наличии препятствий. Известные методы оптимизации, основанные на минимизации целевого функционала, позволяют планировать траекторию в реальном времени, но они не учитыва-

ют наличие препятствий движению. Была предложена модернизация метода, позволяющая учесть наличие геометрических препятствий движению схвата манипулятора путем изменения вида функционала таким образом, чтобы он отражал информацию не только о целевом положении схвата, но и о расположении препятствий. Также был разработан [33] базирующийся на понятии штрафной функции метод планирования траектории многозвенного механизма в среде с препятствиями. Штрафная функция записывается в виде, который учитывает препятствия как ограничение на движение схвата манипуляционного механизма. Для учета ограничений на движение всего механизма введены в модель фиктивные эквивалентные препятствия [34], задание которых предполагает зависимость их расположения от текущей конфигурации манипулятора.

Проблема космического мусора. В настоящее время проблемы предотвращения засорения околоземного космического пространства и безопасности полета становятся все более актуальными. Рассмотрены два аспекта безопасности: обеспечение безопасности объектов космической техники при их функционировании в условиях космического полета, связанных с рисками столкновения с фрагментами космического мусора (КМ); а также защита объектов для обеспечения их работоспособности в случае столкновения с фрагментами КМ. Кроме того, актуальной является разработка методов и средств, предотвращающих загрязнение околоземного космического пространства в процессе функционирования РН и КА и после окончания сроков их работы.

Выполнен комплекс работ по проблеме обеспечения безопасности космических летательных аппаратов, связанных с опасностью столкновения с фрагментами космического мусора, а также рассмотрены вопросы предотвращения роста облака космического мусора (ракеты-носители, космические аппараты). Исследован комплекс задач, связанных с уводом с рабочих орбит объектов РКТ, прекративших функционирование. Разработаны основные положения нормативных документов, обеспечивающих повышение безопасности космических полетов и предотвращение загрязнения околоземного космического пространства; эти положения гармонизированы с соответствующими международными документами.

Исследована электродинамическая космическая тросовая система (ЭДКТС), использующая для торможения объектов РКТ явление электродинамического торможения. Теоретические исследования возможности использования электродинамического торможения для увода КА показывают, что использование ЭДКТС позволяет существенно уменьшить массу системы увода в сравнении с системами, основанными на реактивном движении. Представляется, что использование ЭДКТС позволит создать эффективную, недорогую систему для очистки космического пространства на низких орбитах от мусора [20, 23, 45, 75].

Системный анализ проблем космической отрасли. Общемировые тенденции развития космической техники связаны в значительной мере с усиливающейся коммерциализацией космической деятельности, а также с активным внедрением новых подходов к развитию технологической базы, созданию новой элементной базы, возникновением новых задач. В связи с этим актуальны задачи разработки новых концепций развития космической

отрасли Украины, системного анализа новых проектов, а также анализа результатов работы отрасли по основным направлениям деятельности. Задачи прогнозирования развития отрасли по критериям комплексной эффективности также остаются актуальными [8].

Разработан и исследован метод системного регрессионного анализа, предназначенный для моделирования в классе систем регрессионных уравнений структурно-неопределенных объектов различной природы по данным наблюдений их функционирования [7, 84, 85, 91 – 94]. Проведены исследования космических систем с учетом коммерциализации космической деятельности. На основе системного подхода разработана общая методология, математические модели и методики оценки конкурентоспособности транспортных космических систем; разработан иерархический многокритериальный подход к анализу эффективности проектов космических систем различного назначения; создано информационно-аналитическое обеспечение исследований. Выполнен системный анализ развития космических систем – спутниковых и транспортных, определены основные мировые тенденции, даны предложения по перспективным направлениям развития украинских транспортных космических систем [24 – 26, 42, 79 – 82].

ИТМ НАНУ и НКАУ осуществлял разработку и на базе системных исследований выполнял научно-техническое сопровождение Общегосударственной (Национальной) космической программы Украины на 2002 – 2007 годы, а также разработку проекта Общегосударственной целевой научно-технической космической программы Украины на 2008 – 2012 годы. Эта Программа является четвертой космической программой Украины. Каждая из предыдущих программ успешно решала неотложные текущие проблемы космической деятельности Украины (сохранение научного и производственного потенциала, формирование внутреннего рынка космических услуг, выход на международный космический рынок, интеграция Украины в международное космическое сообщество).

В процессе разработки Национальной космической программы Украины на 2003 – 2007 г.г. разработаны методические подходы к определению целесообразных направлений работ в Украине в области спутниковых и транспортных космических систем. Разработана математическая модель, которая позволяет оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность транспортных космических систем. Разработана и апробирована на проектах «Січ-1», «Океан-О», «Січ-1М» и «Микроспутник» методика оценки эффективности целевых проектов по дистанционному зондированию Земли космической программы Украины. Разработан статистический метод классификации объектов, которые описываются системами регрессионных уравнений. Метод адаптирован к задачам системного анализа ракетно-космической техники. Системный анализ проектов четвертой космической программы Украины выполнялся с учетом следующих приоритетных задач:

- создать постоянно действующую группировку отечественных космических аппаратов для наблюдения Земли и геофизического мониторинга "Січ", обеспечить ее эксплуатацию и использование;
- создать национальную систему геоинформационного обеспечения как часть европейской системы GMES и мировой GEOSS;
- усовершенствовать систему координатно-временного и навигационного обеспечения Украины с участием Российской Федерации и ЕС;

- создать условия для коммерческого использования украинских ракет-носителей в проектах "Циклон-4", "Наземный старт", "Днепр-М";
- создать спутниковую телекоммуникационную сеть связи и вещания общего пользования и специальные телекоммуникационные сети с использованием национального спутника связи;
- обеспечить производство ракет-носителей "Зенит", "Циклон", "Днепр", разработку перспективных космических ракетных комплексов и космических аппаратов нового поколения;
- провести космические исследования в области солнечно-земных связей, астрофизики, космической биологии и материаловедения, в частности в рамках международных проектов "Спектр-Р", "Международная космическая станция", EXPLORATION, AURORA.

Разработаны методические основы построения и развития информационно-аналитического обеспечения для системных исследований спутниковых и транспортных космических систем.

Биомеханические системы. Биомеханические исследования направлены на создание технических и интеллектуальных программных средств диагностики и коррекции функционального состояния опорно-двигательного аппарата человека. Актуальность этого цикла работ обусловлена необходимостью создания точных информационных и биомеханических системных моделей нарушений в работе опорно-двигательного аппарата человека. В указанном цикле работ представлен значительный арсенал методов моделирования функционального состояния опорно-двигательного аппарата человека, а также методов проектирования программно-технических средств мониторинга и реабилитации [4 – 6, 10, 12].

На основе обобщения результатов исследований, проведенных ИТМ НАНУ и НКАУ вместе с медицинскими научно-исследовательскими институтами, а также исследований других авторов показано, что в условиях патологии двигательная система человека ведет себя как единая система, где нарушения периферического опорно-двигательного аппарата (условно – объекта управления) неотделимы от нарушений в центральной нервной системе (условно – системе управления). Методологическое и методическое единство исследования патологии опорно-двигательной и нервной систем с помощью разработанного информационно-аналитического обеспечения создало возможность познания врачами-исследователями глубоких механизмов адаптивного самоуправления двигательной системы в условиях патологии и в процессе реабилитации после травм и заболеваний [58, 65].

Доказано, что анализ биомеханики макродвижений человека является адекватной и эффективной технологией управления двигательной реабилитацией больных и инвалидов с патологией опорно-двигательного аппарата. Анализ микродвижений оказался наиболее точной и эффективной технологией управления реабилитацией неврологических больных.

Чрезвычайно важным является то, что основные программно-технические комплексы прошли многолетнюю апробацию в ведущих лечебных учреждениях Днепропетровской области и показали свою эффективность. Результаты исследований внедряются в экспериментальной и практической медицине.

Разработка медицинских информационных систем, интеллектуальных модулей и технических средств, предназначенных для исследования биомеханических систем, является важной составляющей комплексных биомеханических исследований [87 – 90]. На этой основе разработаны методические принципы проектирования программно-технических комплексов, которые базируются на биомеханических моделях и применяются для диагностики, лечения и реабилитации опорно-двигательного аппарата человека [10].

Разработаны многоуровневые модели естественных предметных областей и методы их компьютерной реализации: рассмотрен класс математических моделей для представления многоуровневых моделей предметных областей; рассмотрен состав таких моделей; рассмотрены примеры предметных областей и их многоуровневых моделей; рассмотрены методы компьютерной реализации таких моделей.

Разработана концепция многоцелевого банка знаний для поддержки научных исследований, образования и практики в области клинической медицины – рассмотрена архитектура, предназначенная для представления и редактирования информации различных уровней общности, в частности: языков спецификации онтологий, онтологий различных уровней общности, знаний и данных различных предметных областей.

Разработан и программно реализован метод распознавания типа взаимодействия нейронов по наблюдаемой кросскорреляционной гистограмме их активности. Задача распознавания типа взаимодействия нейронов актуальна в научных и медицинских нейрофизиологических исследованиях. Работа выполнялась в 1998 – 2000 гг. в рамках проекта INTAS-OPEN “Computer Assisted Neurophysiology by Distributed Java Program” – “Виртуальная нейролаборатория” (INTAS Ref. No: INTAS 97 – 0168, Институт нейрофизиологии, Университет, г. Лозанна, Швейцария).

1. Аллатов А. П. Подвижное управление механическими системами / А. П. Аллатов. – К. : Наукова думка, 1998. – 246 с.
2. Аллатов А. П. Госпитальные информационные системы: архитектура, модели, решения / А. П. Аллатов, Ю. А. Прокопчук, В. В. Костра. – Днепропетровск : УГХТУ, 2005. – 257 с.
3. Аллатов А. П. Динамика космических систем с тросовыми и шарнирными соединениями / А. П. Аллатов, В. В. Белецкий, В. И. Драновский, А. Е. Закржевский, А. В. Пироженко, Г. Трогер, В. С. Хорошилов. – Москва – Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2007. – 560 с.
4. Аллатов А. П. Информационные технологии в образовании и здравоохранении / А. П. Аллатов, Ю. А. Прокопчук, О. В. Ющенко, С. В. Хорошилов. – Днепропетровск : ИТМ НАНУ, 2008. – 287 с.
5. Аллатов А. П. Ротационное движение космических тросовых систем / А. П. Аллатов, В. В. Белецкий, В. И. Драновский, А. Е. Закржевский, А. В. Пироженко, Г. Трогер, В. С. Хорошилов. – Днепропетровск – Вена – Киев – Москва : Институт технической механики НАН Украины и НКА Украины, 2001. – 404 с.
6. Прокопчук Ю. А. Интеллектуальные медицинские системы : формально-логический уровень / Ю. А. Прокопчук. – Днепропетровск : ИТМ НАНУ, 2007. – 259 с.
7. Сарычев А. П. Идентификация состояний структурно-неопределенных систем / А. П. Сарычев. – Днепропетровск : ИТМ НАНУ и НКАУ, 2008. – 268 с.
8. Эффективность научно-технических проектов и программ. / Под ред. Переверзева Е. С. – Днепропетровск : Пороги, 2008. – 509 с.
9. Аллатов А. П. Оптимизация конструкции геостационарного космического аппарата, содержащего два элемента большой парусности / А. П. Аллатов, Р. Н. Науменко // Космічна наука і технологія. – 1997. – Т. 3, № 5/6. – С. 43 – 46.
10. Аллатов А. П. Разработка методов диагностики, моделирования и реабилитации опорно-двигательного аппарата человека в ИТМ НАН Украины / А. П. Аллатов, А. Д. Кулик, Ю. А. Прокопчук, С. В. Тарасов // 5-я Всероссийская конференция по биомеханике: сб. трудов. – Нижний Новгород, 2002. – С. 96 – 97.
11. Аллатов А. П. Резонанс тросовой системы гравитационной стабилизации спутника / А. П. Аллатов, А. В. Пироженко, Д. А. Храмов // Техническая механика. – 2005. – № 2. – С. 90 – 98.
12. Аллатов А. П. Решение проблем реабилитации опорно-двигательного аппарата человека методами биорезонансной стимуляции / А. П. Аллатов, Ю. А. Прокопчук, П. А. Белоножко, А. Д. Кулик,

- А. Н. Авдеев, А. В. Кравченко // VII всероссийская конф. по биомеханике, май, 2004 г., Нижний Новгород : сб. докладов. – Нижний Новгород : ИПФ РАН, 2004. – Т. 2 – С. 9–11.*
13. *Алпатов А. П. Применение оптимальной фильтрации для повышения точности определения ориентации космических аппаратов с использованием астродатчиков / А. П. Алпатов, Е. В. Хорошилов, С. В. Хорошилов // Техническая механика. – 2003. – № 2. – С. 62–68.*
 14. *Алпатов А. П. Об эволюции ротационного движения связки двух тел на орбите / А. П. Алпатов, П. А. Белоножко, А. В. Пироженко, В. А. Шабохин // Космические исследования. – 1990. – Т. 28, Вып. 5. – С. 692–701.*
 15. *Алпатов А. П. Космические тросовые системы. Обзор проблемы / А. П. Алпатов, В. И. Драновский, А. Е. Закржевский, А. В. Пироженко, В. С. Хорошилов // Космічна наука і технологія. – 1997. – Т. 3, № 5/6. – С. 21–29.*
 16. *Алпатов А. П. Анализ способов управления ориентацией космической солнечной электростанции / А. П. Алпатов, С. В. Хорошилов // Техническая механика. – 2005. – № 1. – С. 3–12.*
 17. *Алпатов А. П. Динамика малых космических тросовых систем, стабилизированных вращением / А. П. Алпатов, В. В. Белецкий, В. И. Драновский, А. Е. Закржевский, А. В. Пироженко, В. С. Хорошилов // Техническая механика. – 2001. – № 1. – С. 85–100.*
 18. *Алпатов А. П. Большие отражающие поверхности в космосе / А. П. Алпатов, П. А. Белоножко, П. П. Белоножко, А. А. Витушки, А. А. Фоков // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2007. – Випуск 3 (50). – С. 73–87.*
 19. *Алпатов А. П. Экспериментальное определение кинематических параметров тел при их отделении толкателем / А. П. Алпатов, П. А. Белоножко, А. В. Пироженко // Техническая механика. – 1998. – № 8. – С. 33–44.*
 20. *Алпатов А. П. Исследования на наноспутниках взаимодействия электродинамической тросовой системы с ионосферной плазмой / А. П. Алпатов, В. П. Гусынин, А. В. Миценко, А. В. Пироженко // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2007. – Спецвипуск. – С. 154–157.*
 21. *Алпатов А. П. Теоретические и экспериментальные исследования космических тросовых систем / А. П. Алпатов, А. В. Пироженко // Космічні дослідження в Україні 2002–2004. – Київ : Національне космічне агентство України, 2004. – С. 85–90.*
 22. *Алпатов А. П. Резонанс тросовой системы гравитационной стабилизации спутника / А. П. Алпатов, А. В. Пироженко, Д. А. Храмов // Техническая механика. – 2005. – № 2. – С. 90–98.*
 23. *Алпатов А. П. Электродинамическая тросовая система увода космических аппаратов с орбит. Постановка задач исследований на наноспутниках / А. П. Алпатов, Ф. Н. Гребенкин, А. В. Миценко, А. В. Пироженко // Вісник Дніпропетровського національного університету. – 2006. – № 2/2. – С. 5–10.*
 24. *Алпатов А. П. Минимизация момента солнечного давления в задачах ориентации космического аппарата / А. П. Алпатов, Р. Н. Науменко, Ю. Д. Салтыков, В. С. Хорошилов, В. Н. Шичанин // Техническая механика. – 1998. – № 7. – С. 27–33.*
 25. *Антоненко М. Е. Страхование космических запусков / М. Е. Антоненко, Т. Ф. Визер, В. К. Дорошкевич, И. А. Ломакин, В. И. Орешкин, Н. П. Сазина // Информационно-аналитический бюллетень "Ракетная и космическая техника. Транспортные космические системы". Препринт, ИТМ НАНУ и НКАУ, 2003. – № 4. – С. 12.*
 26. *Астапенко В. Н. Оценка объема спроса национального рынка на информацию дистанционного зондирования Земли высокого разрешения / В. Н. Астапенко, Е. И. Буцуев, В. П. Зубко, В. И. Иванов, П. П. Хорольский // Космічна наука і технологія. – 2002. – Т. 8, № 1. – С. 15–22.*
 27. *Белоножко П. А. Моделирование динамики обособленной меридиональной цепи рефлекторной антенны каркасно-опорного типа / П. А. Белоножко, П. П. Белоножко, А. А. Фоков // Проблемы управления и информатики. – 2005. – № 1. – С. 115–125.*
 28. *Белоножко П. А. Оценка влияния конструктивных особенностей толкателя на кинематические параметры отделения тел / П. А. Белоножко, А. В. Пироженко // Техническая механика. – 1997. – № 6. – С. 62–73.*
 29. *Белоножко П. А. Об особенностях стабилизации формы поверхности предварительно напряженной большой космической конструкции / П. А. Белоножко, В. Н. Шичанин, Л. Ш. Даташвили // Крупногабаритные космические конструкции: Научно-практическая конференция : тезисы докладов. – Севастополь, 1990. – С. 28–29.*
 30. *Белоножко П. П. Алгоритмы стабилизации формы отражающей поверхности вантового рефлектора // Техническая механика. – 2004. – № 2. – С. 50–55.*
 31. *Белоножко П. А. Алгоритм планирования программной траектории многозвенного механизма в среде с препятствиями / П. А. Белоножко, П. П. Белоножко, А. А. Фоков // Техническая механика. – 2000. – № 2. – С. 63–70.*
 32. *Белоножко П. А. Моделирование динамики обособленной меридиональной цепи рефлекторной антенны каркасно-опорного типа / П. А. Белоножко, П. П. Белоножко, А. А. Фоков // Проблемы управления и информатики. – 2005. – № 1. – С. 115–125.*
 33. *Белоножко П. А. Особенности обхода препятствий при планировании пути по критерию минимума времени движения / П. А. Белоножко, А. А. Витушкин, А. А. Фоков // Техническая механика. – 2006. – № 1. – С. 32–38.*
 34. *Белоножко П. А. Планирование программной траектории манипулятора с учетом обхода препятствий / П. А. Белоножко, А. А. Фоков, В. В. Костра // Техническая механика. – 1999. – № 1. – С. 55–63.*

35. Белоножко П. П. Исследование формообразования больших трансформируемых космических рефлекторов каркасно-опорного типа // *Техническая механика*. – 2003. – № 2. – С. 69 – 78.
36. Белоножко П. П. Моделирование конфигурации формообразующих элементов вантовых конструкций в условиях возмущений // *Системные технологии*. – 2004. – № 2 (31). – С. 35 – 48.
37. Волошенко О. Л. Анализ частот и характеристик переходных процессов космической тросовой системы, стабилизированной вращением / О. Л. Волошенко, А. В. Пироженко // *Техническая механика*. – 2005. – № 1. – С. 13 – 21.
38. Волошенко О. Л. К расчету затухания существенно нелинейных продольных колебаний космической тросовой системы, стабилизированной вращением / О. Л. Волошенко, А. В. Пироженко // *Техническая механика*. – 2000. – № 2. – С. 3 – 12.
39. Волошенко О. Л. Математическая модель динамики космической тросовой системы, стабилизированной вращением / О. Л. Волошенко, А. В. Пироженко // *Техническая механика*. – 2004. – № 2. – С. 17 – 27.
40. Волошенко О. Л. Методика исследования возмущенного движения космических систем / О. Л. Волошенко, А. В. Пироженко // *Техническая механика*. – 2000. – № 1. – С. 18 – 27.
41. Делямуре В. П. Математическая модель динамики большой космической конструкции / В. П. Делямуре, Д. А. Храмов // *Космічна наука і технологія*. – 1998. – Т. 4, № 1. – С. 83 – 86.
42. Дорошкевич В. К. Выбор носителей и сценариев развертывания и восполнения низкоорбитальной спутниковой системы связи / В. К. Дорошкевич, Б. А. Ковалев, В. И. Кузнецов, Ю. М. Гольдштейн // *Спутниковая связь: 3-я международная конференция: сб. докладов*. – М.: 1998. – Т. 1. – С. 23 – 26.
43. Маслова А. И. Построение аналитических приближений аэродинамического момента, действующего на гравитационно-стабилизированный КА / А. И. Маслова, А. В. Пироженко // *Вісник Дніпропетровського університету. Ракетно-космічна техніка*. – 2007. – № 9/2. – С. 72 – 77.
44. Медзмаришвили Э. В. О некоторых особенностях развертываемых конструкций / Э. В. Медзмаришвили, Л. Ш. Даташвили, М. М. Санкиндзе, В. Н. Шичанин // *Вопросы динамики многоэлементных систем*. – К.: Наукова думка, 1999. – С. 31 – 35.
45. Мищенко А. В. Взаимодействие электродинамической космической тросовой системы с ионосферной плазмой / А. В. Мищенко, А. В. Пироженко, В. А. Шувалов // *Вісник Дніпропетровського національного університету*. – 2008. – № 1. – С. 40 – 47.
46. Пироженко А. В. Управление движением связки двух тел относительно траектории центра масс / А. В. Пироженко // *Техническая механика*. – 1993. – № 1. – С. 31 – 37.
47. Пироженко А. В. Уравнения возмущенного движения материальной точки на упругой связи / А. В. Пироженко // *Прикладная механика*. – 1990. – Т. 26, № 5. – С. 126 – 129.
48. Пироженко А. В. Пространственное движение связки двух тел с упругой неударяющей связью / А. В. Пироженко // *Прикладная механика*. – 1989. – Т. 25, № 11. – С. 100 – 106.
49. Пироженко А. В. К построению новых форм уравнений возмущенного кеплерова движения / А. В. Пироженко // *Космічна наука і технологія*. – 1999. – Т. 5, № 2/3. – С. 103 – 107.
50. Пироженко А. В. К расчету первого приближения систем с существенно нелинейными колебательными звеньями / А. В. Пироженко // *Прикладная математика и механика*. – 1993. – Т. 57, Вып. 2. – С. 50 – 56.
51. Пироженко А. В. О влиянии диссипации энергии в материале нити на эволюцию ротационного движения космической тросовой системы / А. В. Пироженко // *Космічна наука і технологія*. – 1998. – Т. 4, № 5/6. – С. 1 – 9.
52. Пироженко А. В. Управление движением связки двух тел в гравитационном поле изменением длины связи / А. В. Пироженко // *Космические исследования*. – 1990. – Т. 30, № 4. – С. 473 – 482.
53. Пироженко А. В. Хаотические режимы движения в динамике космических тросовых систем. 2. Механический образ явления / А. В. Пироженко // *Космічна наука і технологія*. – 2001. – Т. 7, № 2/3. – С. 90 – 99.
54. Пироженко А. В. Хаотические режимы движения в динамике космических тросовых систем. 3. Влияние диссипации энергии / А. В. Пироженко // *Космічна наука і технологія*. – 2001. – Т. 7, № 5/6. – С. 13 – 20.
55. Пироженко А. В. Хаотические режимы движения в динамике космических тросовых систем. 1. Анализ проблемы / А. В. Пироженко // *Космічна наука і технологія*. – 2001. – Т. 7, № 2/3. – С. 83 – 89.
56. Пироженко А. В. Анализ частот колебаний космической тросовой системы со сферическим шарниром / А. В. Пироженко, Д. А. Храмов // *Техническая механика*. – 2004. – № 1. – С. 110 – 118.
57. Пироженко А. В. Схема гравитационной стабилизации космической тросовой системы со сферическим шарниром / А. В. Пироженко, Д. А. Храмов // *Техническая механика*. – 2001. – № 1. – С. 136 – 148.
58. Прокопчук Ю. А. Компьютерный анализ логических ошибок врача / Ю. А. Прокопчук // *Укр.ж. телемедицины мед. телематики*. – 2007. – Т. 5, № 1. – С. 85 – 88.
59. Прокопчук Ю. А. Концепция многоцелевого банка знаний в области клинической медицины / Ю. А. Прокопчук // *Укр.ж. телемедицины мед. телематики*. – 2007. – Т. 5, № 3. – С. 262 – 264.
60. Прокопчук Ю. А. Проведение врачебных консилиумов с участием интеллектуальных систем / Ю. А. Прокопчук // *Вестник ХНТУ*. – 2007. – № 4 (27). – С. 198 – 202.
61. Сенькин В. С. Выбор программы управления движением космического аппарата при переходе с начальной круговой орбиты на заданную конечную круговую орбиту / В. С. Сенькин // *Техническая механика*. – 2003. – № 2. – С. 79 – 87.

62. *Сенькин В. С.* Оптимизации программ управления полетом и изменения тяги маршевой двигательной установки управляемого ракетного объекта / *В. С. Сенькин* // *Техническая механика*. – 2000. – № 1. – С. 46 – 50.
63. *Сенькин В. С.* Улучшение сходимости алгоритма оптимизации программы управления космическим аппаратом при осуществлении орбитальных переходов / *В. С. Сенькин, В. И. Христьян* // *Техническая механика*. – 2004. – № 2. – С. 3 – 10.
64. *Сенькин В. С.* Улучшение сходимости алгоритма решения краевой задачи при оптимизации программы управления полетом ракетного объекта / *В. С. Сенькин, В. И. Христьян* // *Техническая механика*. – 2002. – № 1. – С. 10 – 19.
65. *Харченко О. А.* Современные диагностические технологии в практике медико-социальной экспертизы / *О. А. Харченко, Ю. А. Прокопчук, А. В. Татьянаенко, В. В. Костра, С. В. Романенко, А. В. Тутаренко* // *Электроника и связь*. – 2003. – № 18. – С. 108 – 112.
66. *Хорошилов Е. В.* Учет влияния различных факторов на точность ориентации элементов космических аппаратов в заданном направлении / *Е. В. Хорошилов, С. В. Хорошилов* // *Техническая механика*. – 2002. – № 1. – С. 3 – 9.
67. *Храмов Д. А.* Расчет температурных деформаций космической антенны / *Д. А. Храмов* // *Техническая механика*. – 1999. – № 2. – С. 61 – 67.
68. *Храмов Д. А.* Гравитационная стабилизация космических аппаратов с использованием гибких связей / *Д. А. Храмов* // *Вісник Дніпропетровського університету. Серія "Ракетно-космічна техніка"*. – 2005. – № 8. – С. 16 – 22.
69. *Alpatov A. P.* Matematiche Modellierung der Konfiguration der formbildenden Elemente der ausgedehnten Weltraumkonstruktionen mit den Taugelementen / *A. P. Alpatov, P. A. Belonoshko, P. P. Belonoshko* // *Book of Abstracts. Annual Meeting GAMM99*. – Metz (Germany), 1999. – P. 17 – 18.
70. *Alpatov A. P.* "Dynamics" Experiment. Check of adequacy of mathematical models of the highly deformable low-elastic large-area surfaces under microgravity / *A. P. Alpatov, V. P. Delamoure, D. A. Khramov, P. P. Belonozhko* // *Космічна наука і технологія*. – 2000. – Т. 6, № 4. – С. 132.
71. *Alpatov A. P.* Use of Inertial and Satellite Navigation Systems for Time Reduction of the Space Satellite Initial Attitude / *A. P. Alpatov, V. P. Gusynin, A. L. Makarov, A. V. Tikhonov* // *58-th International Astronautically Congress, September 24 – 28, 2007, Hyderabad, India*. – Hyderabad, 2007. – С 1.8.08.
72. *Alpatov A. P.* Study of the basic variables of a cable - tether system intended as an electromechanical linkage between space vehicles / *A. P. Alpatov, V. S. Khoroshilov, A. V. Pirozhenko, O. L. Voloshenjuk* // *Космічна наука і технологія*. – 2000. – Т. 6, № 4. – С. 129 – 131.
73. *Alpatov A. P.* Stabilization of motion of space tethered systems with usage of special attachment devices of a tether / *A. P. Alpatov, D. A. Khramov, A. V. Pirozhenko, O. L. Voloshenjuk* // *Устойчивость, управление и динамика твердого тела: VIII Межд. конф., сентябрь, 2002 г., Донецк : Тезисы докладов*. – Донецк, 2002. – С. 43 – 44.
74. *Alpatov A.* Research of dynamics of space cable systems stabilized by rotation / *A. Alpatov, V. Dranovskii, V. Khoroshilov, A. Pirozhenko, A. Zakrzhevskii* // *48-th Int. Astronaut. Congress, Turin, Italy, 1997*. – Turin, 1997. – A. 2.10 – P. 11.
75. *Alpatov A.* Satellites Deorbit with Electrodynamical Tethered System. Statement of Problems on Research with Nanosatellites / *A. Alpatov, V. Gusinin, A. Pirozhenko* // *57-th International Astronautically Congress, October 02 – 06, 2006, Valencia, Spain*. – JAC – 06 – B6.4.1.
76. *Alpatov A. P.* Chaos regimes and synchronizations of motion in dynamics of space tethered systems / *A. P. Alpatov, V. V. Beletsky, V. I. Dranovskii, V. S. Khoroshilov, A. V. Pirozhenko, A. E. Zakrzhevskii* // *49th Int. Astronaut. Congress, Sept. 28 – Oct. 2, 1998, Melbourne, Australia : Book of Abstract*. – A. 5.02. – P. 8.
77. *Alpatov A. P.* Self - contained small space tether systems / *A. P. Alpatov, P. A. Belonozhko, V. I. Dranovsky et al.* // *International Aerospace Congress (IAC 94), August 1994, Russian, Moscow*. – Moscow, 1994. – P. 2.
78. *Alpatov A. P.* Space Tethered Systems / *A. P. Alpatov, A. V. Pirozhenko* // *Ukraine – Europe cooperation in space research, EC / ESA / NSAU Workshop. Kiev, Ukraine, 29 – 30 January, 2004*. – ИКД НАНУ, 2004. – P. 52.
79. *Doroshkevich V. K.* Multiattribute Comparative Analysis of Launcher Competitiveness / *V. K. Doroshkevich, V. I. Kouznetsov, M. E. Antonenko, B. A. Kovalyov* // *52-th Int. Astronautically Congress, 2001, Toulouse, France*. – Toulouse, 2001. – P. 98.
80. *Doroshkevich V. K.* Methodical and Information Support to Shape a Competitive Launcher in the World's Launch Services Market // *The Fifth Sino–Russian–Ukrainian Symposium on Space Science and Technology, 2000, Beijing, China, 2000*. – Beijing, 2000. – P. 41 – 45.
81. *Doroshkevich V. K.* Competitiveness of Reusable and Expendable Launch Systems for LEO Systems Deployment / *V. K. Doroshkevich, V. I. Kouznetsov, B. A. Kovalyov, M. E. Antonenko* // *51-th Int. Astronautically Congress, 2000, Rio de Janeiro, Brazil*. – Rio de Janeiro, 2000. – P. 213.
82. *Doroshkevich V.K.* Market Analysis of Launch Vehicles for LEO Systems Deployment and Commercial GEO Missions / *V. K. Doroshkevich, V. I. Kouznetsov, B. A. Kovalyov, M. E. Antonenko* // *50th Int. Astronautical Congress, 1999, Amsterdam, The Netherlands*. – Amsterdam, 1999. – P. 161.
83. *Dranovskiy V.* Compensation of heat deformations of extended space constructions / *V. Dranovskiy, V. Khoroshylov, U. Saltikov, A. Alpatov, P. Belonozhko, A. Zakrzhevskii* // *49th IAF international Astronautical Congress. 1998*. – Bremen: 1998. – P. 24.

84. *Ivakhnenko A.G.* Application of Analog Coordinates as Retarded Arguments of Virtual Processes of the Formation of Rows of a Data Sample / *A. G. Ivakhnenko, G. A. Ivakhnenko, I. V. Tetko, A. P. Sarychev* // Pattern Recognition and Image Analysis. Moscow : Interperiodica. – 1999. – Vol. 9, № 3. – P. 401 – 407.
85. *Ivakhnenko A.G.* Recognition of the Type of Neurons Interaction from Histograms of Pulse Delay of Their Activity / *A. G. Ivakhnenko, G. A. Ivakhnenko, I. V. Tetko, A. P. Sarychev* // Pattern Recognition and Image Analysis. Moscow : Interperiodica. – 2000. – Vol. 10, № 1. – P. 164 – 168.
86. *Pirozhenko A. V.* On the determination of regularities of motion of space tethered system stabilized by rotation / *A. V. Pirozhenko, O. L. Voloshenjuk* // The Fifth Chino – Russian - Ukrainian Symposium on Space Science and Technology, 6 – 9 June, 2000, Harbin, China. – Harbine : Harbine Institute of Technology, 2000. – P. 401 – 407.
87. *Prokopchuk Y.* Technology of construction of open local expert systems attached to his medical documents / *Y. Prokopchuk, V. Kostra* // IFMBE Proceedings, 2nd European Medical and Biological Engineering Conference (EMBEC'02), 2002, Vienna, Austria. – Vienna, 2002. – Vol. 1. – P. 766 – 767.
88. *Prokopchuk Y.* The Architecture of Hospital Information Systems / *Y. Prokopchuk, V. Kostra* // Proceedings of the 2001 International Conference on Mathematics and Engineering Techniques in Medicine and Biological Sciences (METMBS'2001), June 25 – 28, 2001, Las Vegas, Nevada, USA. – Las Vegas : CSREA Press, 2001. – P. 197 – 200.
89. *Prokopchuk Y. A.* Constraction Data Processing Systems on the basis of Intellectual Modules / *Y. A. Prokopchuk, O. A. Kharchenko, S. V. Khoroshilov, V. V. Kostra* // Proceedings of IV International Workshop on Biosignal Interpretation – BSI2002, June, 2002, Villa Olmo, Como, Italy. – Milano : Polytechnic University, 2002. – P. 475 – 476.
90. *Prokopchuk Y. A.* Man-computer interaction in open-systems / *Y. A. Prokopchuk, V. V. Kostra* // Interactive Systems : The Problems of Human-Computer Interaction: proceedings of the International Conference, 23 –27 september, 2001, Ulyanovsk. – Ulyanovsk: UISTU, 2001. – P. 28.
91. *Sarychev A. P.* Modelling in the Class of Regression Equations Systems in Conditions of Structural Uncertainty // Proceedings of International Workshop on Inductive Modeling “IWIM – 2007”, 22–26 September, 2007, Prague. – Prague : Czech Technical University, 2007. – P. 193 – 203.
92. *Sarychev A. P.* S-Scheme of Sliding Examination for Optimal Set Features Determination in Discriminant Analysis by the Group Method of Data Handling / *A. P. Sarychev* // System Analysis and Modeling Simulation (SAMS). – 2003. – Vol. 43, No. 10, – P. 1351 – 1362.
93. *Sarychev A. P.* The J - Optimal Set of Regressors Determination by the Repeated Samples of Observations in the Group Method Of Data Handling / *A. P. Sarychev* // Systems Analysis and Modeling Simulation (SAMS), Overseas Publishers Association (OPA). – 1995. – Vol. 20. – P. 59 – 67.
94. *Sarychev A. P.* The Optimal Set Features Determination in Discriminant Analysis by the Group Method of Data Handling / *A. P. Sarychev, L. V. Sarycheva* // Systems Analysis and Modeling Simulation (SAMS), Overseas Publishers Association (OPA). – 1998. – Vol. 31.– P. 153 – 167.

Институт технической механики НАНУ и НКАУ,
Днепропетровск

Получено 03.09.08,
в окончательном варианте 15.09.08