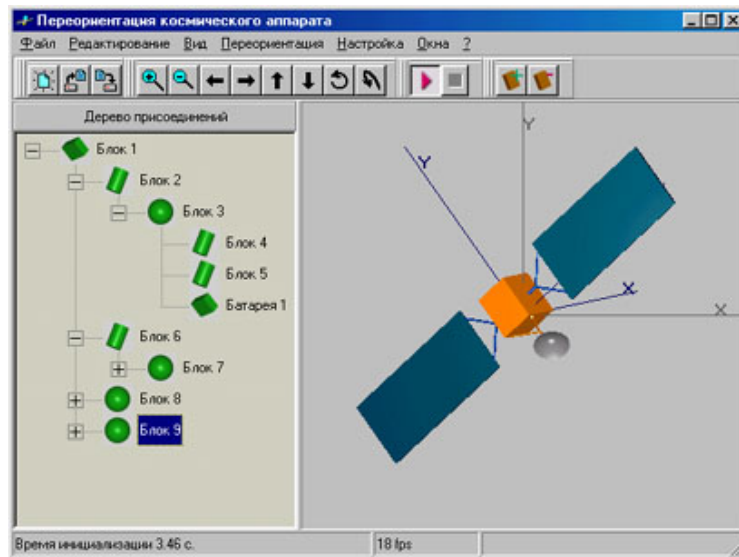




*Серия издания
«Кафедры и факультеты
МГТУ им. Н.Э. Баумана –
национального
исследовательского
университета
техники и технологий»*

Кафедра ФН-12 «Математическое моделирование»



Департамент образования города Москвы

...

Ассоциация московских вузов

...

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

Кафедра ФН-12
«Математическое моделирование»

Москва
МГТУ им. Н.Э. Баумана
2012

Кафедра «Математическое моделирование» (ФН-12) образована на факультете «Фундаментальные науки» приказом ректора МГТУ им. Н.Э. Баумана от 29 января 1997 года. С первого дня работы кафедры она обеспечивает математическую подготовку студентов на факультетах:

- информатика и системы управления (ИУ);
- радиоэлектроника и лазерная техника (РЛ);
- биомедицинская техника (БМТ);

и отраслевых факультетах:

- приборостроительный (ПС);
- радиотехнический (РТ);
- оптико-электронное приборостроение (ОЭП).

Преподаватели кафедры также обеспечивают математическую подготовку студентов, обучающихся в головном учебно-исследовательском и методическом центре профессиональной реабилитации лиц с ограниченными возможностями здоровья (ГУИМЦ).

Кафедра принимает участие в математической подготовке студентов, обучающихся на факультете «Фундаментальные науки» (ФН).

Основная учебная нагрузка кафедры приходится на 1-й и 2-й курсы, где читаются общематематические дисциплины, составляющие основу подготовки современного инженера:

- математический анализ;
- аналитическая геометрия;
- линейная алгебра;
- дифференциальные уравнения;
- теория вероятностей и математическая статистика.

Кроме этого, сотрудники кафедры читают спецкурсы, учитывающие особенности подготовки студентов конкретных специальностей. Так, для студентов факультета «Радиоэлектроника и лазерная техника» читаются:

- математическая физика;
- численные методы;

а для студентов различных специальностей факультета «Информатика и системы управления»:

- дискретная математика;
- математическая логика и теория алгоритмов;
- методы оптимизации;
- исследование операций;
- вычислительная математика;
- теория формальных языков.

На сегодняшний день коллектив кафедры возглавляет член-корреспондент РАН Крищенко Александр Петрович. В штате кафедры тру-

дятся 7 профессоров, докторов наук; 35 доцентов, из них 34 кандидата наук, 17 старших преподавателей и 7 ассистентов.

Сотрудники кафедры «Математическое моделирование» под руководством профессора В.С Зарубина. и профессора А.П. Крищенко приняли активное участие в создании комплекса учебников «Математика в техническом университете», включающего 21 выпуск.. Это уникальный комплекс, охватывающий основные разделы математики, изучаемые в техническом ВУЗе. Комплекс имеет единый понятийный аппарат, поддержанный выделениями терминов в тексте, предметным указателем. Заключительный, 21-й выпуск содержит объединенный предметный указатель.

Коллектив авторов комплекса «Математика в техническом университете» в 2004 г. был удостоен премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, в их числе тринадцать сотрудников кафедры: профессор, д.ф.-м.н. С.А. Агафонов; доцент, к.ф.-м.н. А.И. Белоусов; профессор, д.ф.-м.н. И.К. Волков; доцент, к.ф.-м.н. В.Б. Горяинов; доцент, к.т.н. Е.А. Загоруйко; доцент, к.ф.-м.н. А.Н. Канатников; старший преподаватель Н.Е. Козлов; профессор, д.ф.-м.н. А.П. Крищенко; доцент, к.ф.-м.н. Ю.И. Малов; доцент, к.ф.-м.н. Т.В. Муратова; доцент, д.ф.-м.н. С.Б. Ткачев; доцент Г.М. Цветкова; профессор, д.ф.-м.н. В.Н. Четвериков.

Преподаватели кафедры за последние годы издали и другие учебники для ВУЗов, в том числе:

- Крищенко А.П., Канатников А.Н Аналитическая геометрия. Изд-во «Академия», 2009;
- Жидков Е.Н. Вычислительная математика. Изд-во «Академия», 2010.

Изданы также монографии:

- Бутко Я.А. Формулы Фейнмана и Фейнмана-Каца. Lambert Academic Publishing, 2011.
- Крищенко А.П., Канатникова А.Н. Инвариантные компакты динамических систем. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.

Кафедра является выпускающей и принимает участие в подготовке студентов факультета «Фундаментальные науки» по специальности «Прикладная математика». Ежегодно кафедру заканчивают около 10 студентов, специализирующихся в области математической теории управления динамическими системами. Набор студентов на специализацию «Математическое моделирование процессов управления техническими системами» происходит на 5 курсе.

С сентября 2011 г. кафедра начинает подготовку бакалавров по специальности 231 300 «Прикладная математика» в рамках специализации «Динамические системы и процессы управления». По этой специализации будет осуществляться и подготовка магистров.

Студенты, специализирующиеся по кафедре ФН-12, получают фундаментальную подготовку в области математической теории управления нелинейными динамическими системами. Программа обучения включает изучение таких курсов как:

- математические методы теории управления;
- теория обратной связи;
- методы параметрической идентификации;
- метод функций Ляпунова в задачах анализа и синтеза;
- теория робастного управления;
- стабилизация динамических систем с запаздыванием;
- декомпозиционные методы анализа и синтеза;
- прикладные задачи теории управления;
- качественная теория дифференциальных уравнений;
- методы базисов всплесков.

В обучении студентов принимают участие ведущие специалисты кафедры, а также сотрудники Института Системного Анализа РАН (ИСА РАН), Института Проблем Управления РАН (ИПУ РАН) и факультета Вычислительной Математики и Кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова.

С сентября 2006 г. в Институте Системного Анализа РАН (ИСА РАН) открыт филиал кафедры. Создание филиала кафедры направлено на привлечение к проведению занятий ведущих специалистов РАН и участие студентов в реальной научной работе.

Специалисты ИСА РАН читают следующие специализированные курсы:

- теория принятия решений;
- интеллектуальные динамические системы;
- качественная теория динамических систем.

В ИСА РАН также выполняются курсовые и дипломные проекты, часть студентов проходит исследовательскую практику.

В учебных курсах внимание уделяется как освоению современных теоретических знаний, так и применению этих знаний на практике. В качестве объектов исследования рассматриваются:

- космические аппараты;
- различные летательные аппараты (самолеты, вертолеты, ракеты);
- мобильные роботы;
- химические реакторы;
- компрессоры;
- и другие технические системы.

Большое внимание при обучении студентов кафедра уделяет современным информационным технологиям. Так, в рамках курса «Программные средства математического моделирования» студенты осваивают работу с пакетом MATLAB (программирование и различные инструментальные средст-

ва), а затем активно используют этот пакет при выполнении расчетов, курсового проектирования и подготовке итоговой квалификационной работы.

Программа обучения включает объектно-ориентированное программирование на языке C#, основы языка SQL и математическую теорию реляционных баз данных, а также курс «Сетевые информационные технологии».

Один из курсовых проектов предусматривает создание программного комплекса, моделирующего техническую систему и процесс управления ей, с использованием возможностей пакета MATLAB и других программных средств. Другой курсовой проект посвящен изучению систем компьютерного моделирования динамики механических систем на примере пакета «Универсальный механизм» и сопряжению модели, построенной в «Универсальном механизме», с блоком управления этой механической системой, созданным средствами системы Simulink пакета MATLAB.

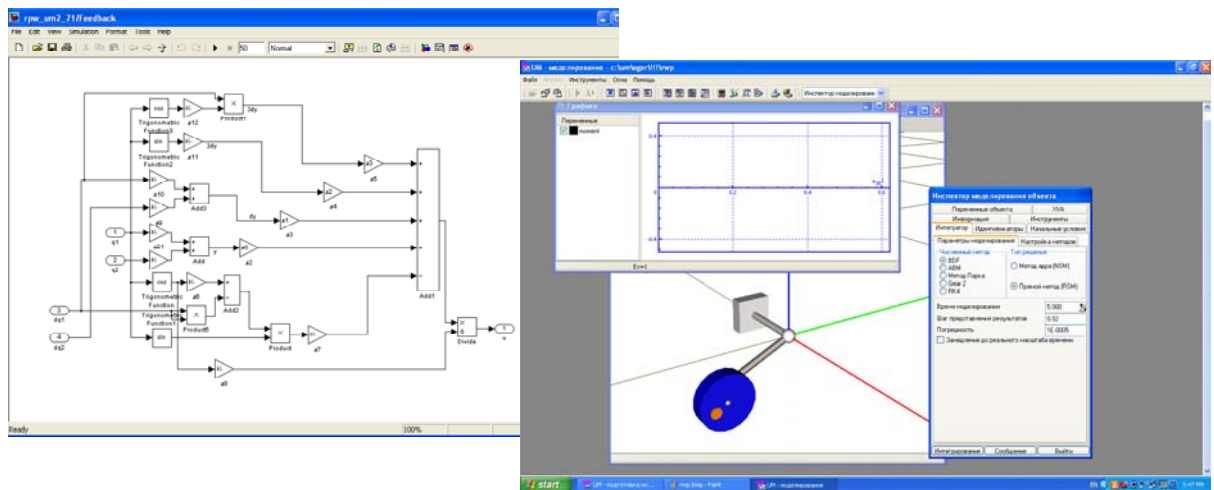


Рис. 1. Блок-схема системы управления (Simulink) и окно «Универсального механизма» с моделью маятника с ротором.

На рис. 1 приведен пример окна программы «Универсальный механизм», в которой создан маятник с ротором, и окна системы Simulink с блок-схемой алгоритма управления поведением маятника с ротором. Использование компьютерных экспериментов позволяет лучше представить процессы управления реальными техническими системами.

При выполнении курсовых и дипломных проектов студенты имеют возможность проверить теоретические построения на практике при управлении конкретными робототехническими системами. На кафедре имеется лабораторный робот-манипулятор, колесный робот, несколько комплектов LEGO-роботов и малый лабораторный беспилотный вертолет.

На рис. 2 представлен лабораторный колесный робот, созданный по заказу кафедры в Лаборатории робототехники и искусственного интеллекта Политехнического музея. Он управляется от бортового компьютера, оснащен

видеокамерой и системой ультразвуковых датчиков для измерения расстояния.

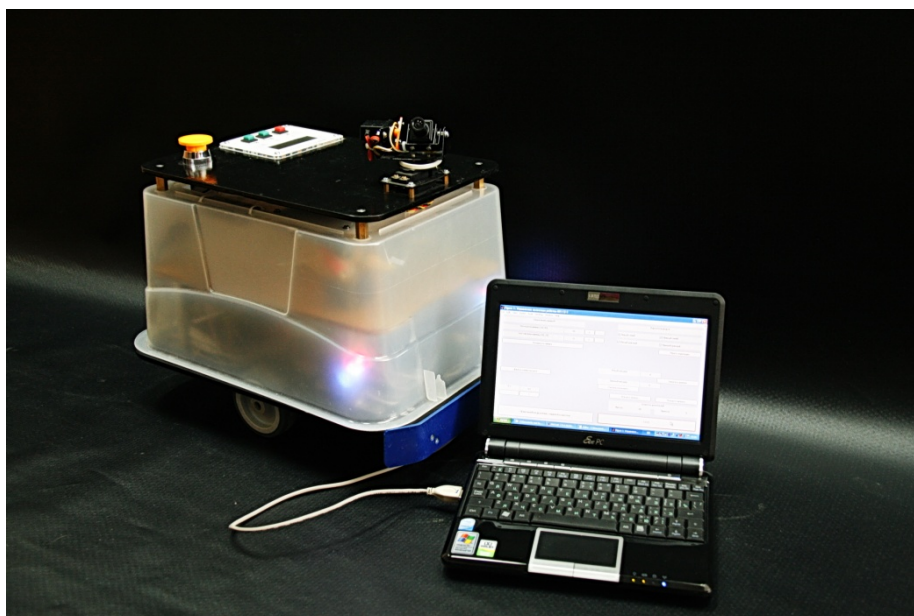


Рис. 2. Колесный робот ФН-12-1.

Робот используется при выполнении курсовых проектов, а также учебно-исследовательских работ студентов и позволяет на практике проверить теоретические положения.

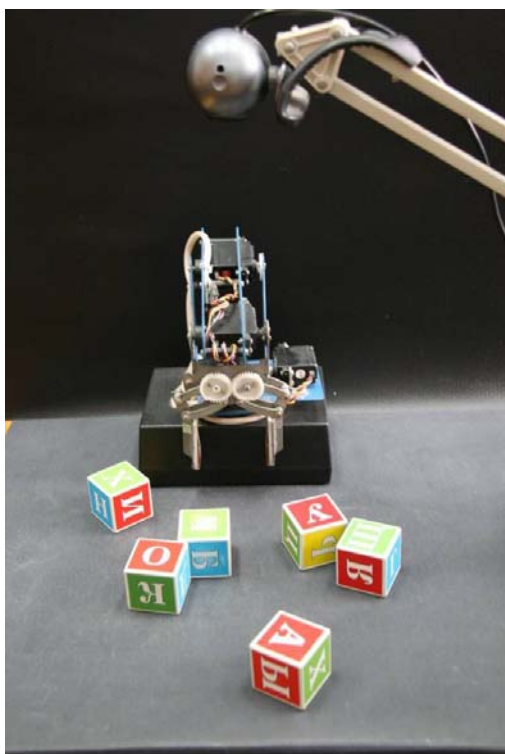


Рис. 3. Лабораторный робот-манипулятор

На рис. 3 изображен лабораторный робот-манипулятор, снабженный видеокамерой. На этом робототехническом комплексе изучаются и отрабатываются принципы интеллектуального управления. Разработанное студентами кафедры программное обеспечение позволяет с использованием видеокамеры распознавать расположение кубиков в рабочей зоне манипулятора и без участия человека строить из них заданную конструкцию, например, пирамиду.

Проект «Интеллектуальное управление роботом-манипулятором» награжден дипломом на Всероссийской выставке научно-технического творчества молодежи в 2010 г.

Команда студентов кафедры ФН-12 с роботом-манипулятором и колесными роботами уже несколько лет принимает участие в научно-образовательной и развлекательной программе «Каникулы роботов в Политехническом», проводимой Политехническим музеем.

Дипломные проекты выпускников кафедры охватывают различные области инженерной деятельности. Источниками тем являются научные исследования, проводимые на кафедре, в ИСА РАН, в ИПУ РАН и в других организациях. Приведем некоторые темы дипломных проектов:

- разработка алгоритмов управления мобильным колесным роботом и методов визуализации процессов управления;
- разработка методов автоматического управления движением грузового автомобиля;
- определение положения беспилотного вертолета по внешним наблюдениям;
- управление теплозащитой плоской стенки при импульсно-периодическом воздействии;
- управление движением беспилотного летательного аппарата по заданной траектории;
- управление плоским перемещением двуногого пятизвенного робота;
- стабилизация линейной динамической системы параметрическим возбуждением;
- анализ инвариантных компактных множеств динамических систем и разработка программного обеспечения для визуализации локализирующих множеств;
- синтез алгоритмов работы многоконтурного комплексного угломера бортовой радиолокационной станции;
- исследование методов снижения размерности данных для решения задач классификации;
- разработка системы трекинга лиц в видеопотоке;
- управление перемещением шестиногого шагающего робота;
- разработка декомпозиционных алгоритмов прямого управления положением схвата манипулятора.

Выпускники кафедры успешно работают в различных научно-исследовательских организациях (НИИСИ РАН, ЦНИИМАШ, ОАО «НПК «Системы прецизионного приборостроения», НИИ БМТ МГТУ им. Н.Э. Баумана), ИТ-компаниях (компании «ЛАНИТ», «Формоза») и других организациях, успешно поступают в аспирантуру МГТУ им. Н.Э. Баумана, ИСА РАН и ИПУ РАН. Среди преподавателей кафедры много ее выпускников, закончивших кафедру в разные годы.

Кафедра осуществляет подготовку бакалавров по «Прикладной математике» в рамках второго высшего образования. Уже состоялось два выпуска. В программу подготовки бакалавров включено изучение базовых разделов классической математики: математического анализа, дифференциальных уравнений, элементов общей алгебры, функционального анализа, вариационного исчисления, теории устойчивости, разделов дискретной математики, а также основных разделов вычислительной математики (вычислительных методов линейной алгебры и дифференциальных уравнений, методов оптимизации, теории разностных схем).

Кафедра готовит научные кадры в области физико-математических наук по специальностям 05.13.01 — системный анализ, управление и обработка информации и 05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Три сотрудника кафедры защитили докторские диссертации. Аспирантуру кафедры закончили 15 человек, из них 11 успешно защитили кандидатские диссертации.

Сотрудники кафедры проводят научные исследования в различных областях математики и механики. Тематика исследований включает:

- исследование устойчивости неконсервативных механических систем;
- математическое моделирование температурных полей;
- математическое моделирование эволюционных процессов в биологических системах;
- разработка методов параметрической идентификации моделей динамических систем;
- математическое моделирование процессов управления динамическими системами;
- разработка новых положений математической теории управления;
- разработка методов решения и анализа дифференциальных уравнений в частных производных.

Основным научным направлением кафедры являются исследования в области нелинейных динамических систем и процессов управления. В рамках этого направления разработаны программные комплексы:

- для визуализации процессов изменения углового положения космических аппаратов и станций,
- для расчета допустимых траекторий полета летательных аппаратов,
- для преобразования нелинейных систем и исследования их свойств.

Активная научная работа сотрудников кафедры привела в 2006 году к формированию научной школы «Нелинейные динамические системы и процессы управления» под руководством академика РАН Коровина С.К. и профессора Крищенко А.П. В 2010 году эта школа приобрела статус ведущей, выиграв грант Президента Российской Федерации по государственной поддержке ведущих научных школ РФ (грант НШ-4144.2010.1). Этот статус подтвержден и на 2012 год (грант НШ-3659.2012.1).

В рамках научной школы проводится исследование непрерывных и дискретных нелинейных динамических систем и процессов управления на основе алгебраических и дифференциально-геометрических методов, а также и разработка для них алгоритмов управления, в том числе:

- исследование неминимально фазовых систем, математическое моделирование процессов управления нелинейными системами;
- исследование устойчивости, построение областей притяжения и поиск функций Ляпунова;
- локализация инвариантных компактов динамических систем, хаотическая динамика;
- исследование геометрии систем с запаздыванием, систем интегро-дифференциальных уравнений и других типов систем, имеющих гранично-дифференциальную форму, вычисление и использование в прикладных исследованиях симметрии, интегрируемых симметрий, законов сохранения и преобразований таких систем, а также динамических систем с управлением;
- исследование обратимых дифференциальных операторов, задачи плоскостности динамических систем с управлением, систем с запаздыванием и систем с распределенными параметрами.

Научная работа сотрудников кафедры поддержана и другими грантами:

- разработка методов компьютерной алгебры для решения задач управления на основе нелинейных преобразований математических моделей (РФФИ 07-07-00223, 2007 – 2009 гг.);
- разработка методов многоуровневого управления нелинейными системами на основе их нелинейных преобразований (РФФИ 08-01-00203, 2008-2010 гг.);
- математическое моделирование процессов формирования температурных полей в многослойных областях, их оптимизация и управление (МК-3654.2008.1, 2008 – 2009 г.г.);
- разработка методов анализа нелинейных систем и моделирования процессов управления на основе дифференциально-геометрического подхода (Программа «Развитие научного потенциала высшей школы (2006 -2008) Минобразования и науки РФ).
- автоматизация построения допустимых траекторий нелинейных динамических систем (грант РФФИ 09-07-00327, 2009-2011);
- автоматизированный анализ нелинейных динамических систем и синтез управлений (грант РФФИ 09-07-00468, 2009-2011);

- численно-аналитические методы анализа и синтеза нелинейных систем с управлением, проект № 2.1.1/227 аналитической ведомственной целевой программе «Развитие научного потенциала высшей школы (2009 – 2010 годы)».

В настоящее время выполняются проекты:

- анализ и управление движением нелинейных систем (грант РФФИ 11-01-00733, 2011 - 2013);
- разработка методов компьютерной алгебры для синтеза алгоритмов управления на основе геометрического анализа динамических систем (грант РФФИ 10-07-00617, 2010 - 2012);
- анализ нелинейных динамических систем и синтез управлений (проект Минобрнауки 1.4574.2011, 2012-2013.).

На кафедре разработан программный комплекс «Космический Конструктор». На рис. 4 представлен общий вид окна конструирования космического аппарата.

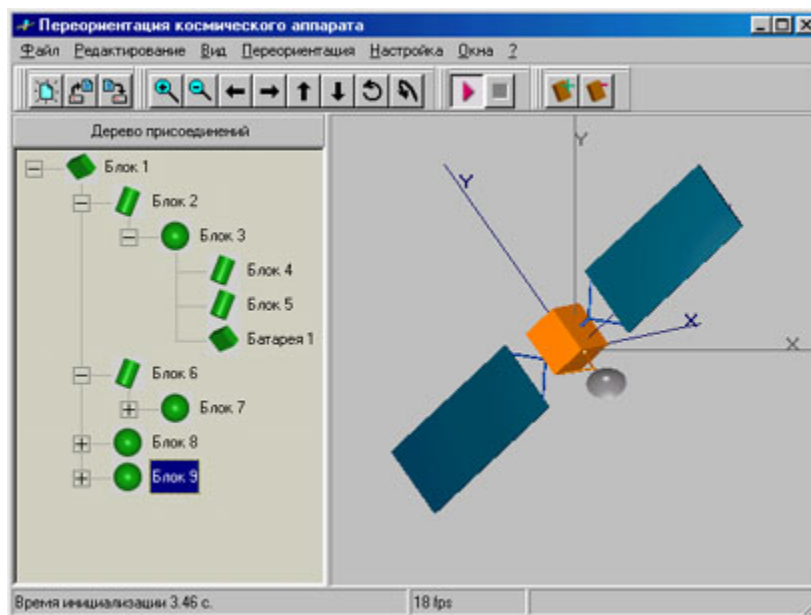


Рис. 4.

Комплекс предназначен для:

- визуального конструирования объёмных моделей космических станций и аппаратов;
- вычисления инерционно-массовых характеристик космической станции по известным характеристикам отдельных элементов конструкции;
- моделирования процесса переориентации космического аппарата и визуализации угловых движений КА под воздействием управления;
- сравнения эффективности различных алгоритмов управления угловым положением КА.