

Е. А. Трушкова

Школа-семинар «Модели, оптимизация и приложения импульсных и гибридных систем»

Школа-семинар «Модели, оптимизация и приложения импульсных и гибридных систем», организованная Институтом программных систем имени А.К. Айламазяна РАН (ИПС РАН), проходила 2–5 октября 2011 г. в пос. Дивноморское Геленджикского района Краснодарского края. Она имела целью обсудить и сравнить различные подходы к исследованию сложных систем с переменной структурой по результатам, накопленным в течение длительного времени, в том числе и самым новым, полученным в ходе выполнения ряда проектов, поддержанных РФФИ, и наметить направления дальнейших исследований. Как показывает опыт предшествующих мероприятий такого плана, они проходят наиболее успешно в тесном общении ведущих специалистов старшего поколения — носителей фундаментальных идей и опыта в этой области и молодых участников, готовых эти идеи воспринять и развивать.

Школа-семинар была организована в форме лекций и пленарных докладов известных ученых старшего поколения и наиболее результативных молодых ученых и секционных докладов молодых участников теоретического и прикладного характера по таким темам как поиск глобально-оптимальных решений, методы улучшения приближенных решений, приложения в технических, инженерно-физических и других проблемах.

В качестве лекторов и пленарных докладчиков приняли участие академик С. Н. Васильев (директор Института проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН)), член-корреспондент А. Г. Ченцов (заведующий отделом управляемых систем Института математики и механики УрО РАН (ИММ УрО РАН)), профессор

А. Н. Сесекин (ведущий научный сотрудник ИММ УрО РАН), профессор Т. Ф. Филиппова (ведущий научный сотрудник ИММ УрО РАН), Г. Н. Яковенко (профессор Московского физико-технического института), профессор И. А. Финогенко (заведующий лабораторией Института динамики систем и теории управления СО РАН (ИДСТУ СО РАН)), профессор В. А. Батурин (заведующий лабораторией ИДСТУ СО РАН), профессор В. И. Гурман (главный научный сотрудник ИПС РАН), профессор Л. Н. Никифорова (главный научный сотрудник ИПС РАН), С. А. Амелькин (директор Исследовательского центра системного анализа ИПС РАН), Е. А. Трушкова (старший научный сотрудник ИПС РАН). Контингент молодых участников составили в основном аспиранты ИПС РАН, аспиранты и сотрудники ИПУ РАН, студенты Университета города Переславля (УГП), аспиранты ИДСТУ СО РАН.

Лекция С. Н. Васильева «Развитие метода функций Ляпунова в анализе импульсных и гибридных систем» была посвящена качественной теории гибридных систем, описываемых дифференциальными уравнениями с переключениями правой части и возможными скачками по состоянию (импульсами) в моменты переключения. Гибридные системы в таком описании возникают в многорежимных системах со структурной реконфигурацией, системах с отказами подсистем, с переменной структурой обратной связи в теории автоматического управления и др. Ранние работы по теории и приложениям таких систем выполнены еще в 1950–1960 гг. Особое внимание было уделено нахождению дополнительных условий, гарантирующих перенесение свойства частных подсистем на гибридную систему в целом. Предложен эффективный подход исследования устойчивости с использованием общих и множественных функций Ляпунова. Кроме того, для гибридных нелинейных систем с переключениями и импульсами в терминах общих функций Ляпунова были найдены необходимые и достаточные условия наличия некоторых свойств типа инвариантности, устойчивости и ограниченности. Рассмотрены примеры, иллюстрирующие полученные результаты.

В докладе А. Г. Ченцова «Ограничения асимптотического характера и конструкции расширений» рассмотрена абстрактная задача о достижимости в топологическом пространстве при наличии ограничений асимптотического характера. Последние могут, в частности, возникать при ослаблении стандартных ограничений в задачах

теории управления и математического программирования. Для построения корректного расширения были использованы ультрафильтры широко понимаемых измеримых пространств (пространства с алгебрами и полуалгебрами множеств), что позволяет конструировать множества притяжения (асимптотические аналоги областей достижимости в задачах управления) в терминах решения обобщенных задач о достижимости в классе ультрафильтров пространства обычных решений.

А. Н. Сесекин в своей лекции «Разрывные решения дифференциальных уравнений с запаздыванием и обобщенным воздействием в правой части» рассмотрел вопросы формализации и описания решения одного дифференциального уравнения с запаздыванием. Особенностью этого уравнения является то, что в его правой части содержатся некорректные операции умножения разрывных функций на обобщенные. Предложена адекватная трактовка решения такого уравнения с описанием в форме интегрального уравнения. Установлены достаточные условия, обеспечивающие его существование.

Доклад Т. Ф. Филипповой «Оценивание многозначных состояний динамических систем с импульсным управлением» был посвящен схемам построения оценок множеств достижимости управляемых импульсных систем, основанным на идеях и методах эллипсоидального исчисления, для трубок траекторий нелинейных управляемых систем с неопределенностью. Были представлены также новые подходы к построению оценок фазовых состояний неопределенных управляемых систем с ограничениями на возможные значения импульсных скачков управлений. Были предложены алгоритмы оценивания соответствующих множеств достижимости и рассмотрены иллюстрирующие примеры.

Лекция Н. Г. Яковенко «Алгебраические и геометрические свойства систем с управлением» являлась подробным обзором алгебраических и геометрических понятий, связанных с теорией управления, таких как векторные поля, алгебры и группы Ли, управляемость, первые интегралы систем с управлением, инвариантность к внешним возмущениям, вопросы оптимальности.

И. А. Финогенко в своем докладе «Дифференциальные уравнения с разрывными и аддитивно входящими обобщенными функциями в правой части» предложил к обсуждению основные методы, проблемы и результаты теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью, представленных в форме дифференциальных

включений. Были рассмотрены вопросы стабилизации и управляемости для систем с разрывными позиционными управлениями при импульсных воздействиях и уравнения импульсно скользящих режимов. Проведены исследования режимов декомпозиции для механических систем управления в форме уравнений Лагранжа 2-го рода.

Лекция В. А. Батурина «Приближенные методы решения задач оптимального управления на основе достаточных условий оптимальности В. Ф. Кротова» представляла обзор существующих на сегодня методов сильного и слабого локального и глобального улучшения управления, основанных на достаточных условиях оптимальности.

Лекция В. И. Гурмана и И. В. Расиной «Модели и приложения дискретно-непрерывных систем» содержала краткий обзор работ и результатов, связанных с общей концепцией дискретно-непрерывной системы, включая самые новые, где был представлен широкий круг приложений этой концепции и соответствующих достаточных условий оптимальности и практических методов оптимизации таких процессов посредством последовательного улучшения. Одним из недавних приложений является описание широко распространенных на практике импульсных процессов как дискретно-непрерывных, что позволяет применять для их исследования разработанный аппарат достаточных условий. Был приведен ряд примеров, как иллюстративных, так и практически значимых, из космонавтики, робототехники, регионального развития с учетом инноваций.

В докладе Л. Н. Никифоровой «Методы оптимального управления в динамике вертолета» были рассмотрены особенности моделирования сложных систем, описывающих динамику маневров вертолетов, и применения методов теории оптимального управления для решения задач, возникающих при работе с такими системами. Были описаны возможные классы применяемых моделей, характеристики вертолетов, которые нужно обязательно учитывать, алгоритмы применяемых методов оптимального управления и их настройка. Приведены примеры расчетов посадки вертолета в режиме авторотации.

В докладе Е. А. Трушковой «Общая схема приближенного исследования задач управления» представлен общий подход к исследованию задач оптимального управления, который является приближенным изначально, а не на стадии реализации точных теоретических результатов. Подобный подход возможен принципиально при наличии, по крайней мере, верхних оценок точности приближенных решений. Именно такие оценки получают на основе общей теории

достаточных условий оптимальности Кротова и принципа расширения. Создана общая схема приближенного исследования задач управления, ориентированная на внедрение в виде прикладного программного обеспечения в среде параллельных вычислений. Представлены результаты исследований различных практических прикладных задач с помощью разработанной схемы.

Доклад С. А. Амелькина «Математическая модель экономического взаимодействия в условиях ограничений на интенсивности потоков ресурсов: предельные возможности обмена взаимозаменяемыми ресурсами» был посвящен принципам построения моделей экономических макросистем. Были представлены модели замкнутых и открытых экономических макросистем, в которых ряд ресурсов является субститутами. В таких системах наблюдаются процессы ценовой конкуренции. Рассматривалась задача определения максимальной интенсивности извлечения базисного ресурса — денег — в такой системе.

Среди секционных докладов молодых участников как наиболее интересные можно отметить доклады Н. Малтуговой, аспирантки ИДСТУ СО РАН, «Задача оптимального управления логико-динамическими (дискретно-непрерывными) системами, алгоритмы решения и некоторые приложения», М. Старицына, аспиранта ИДСТУ СО РАН, «Оптимизация импульсных гибридных систем, управляемых мерами», О. Моржина, сотрудника ИПУ РАН, «Нелокальное улучшение управляющих функций и параметров в нелинейных дифференциальных и дискретных системах», О. Фесько, аспиранта ИПС РАН, «Вычисление априорных оценок допустимых решений для задач оптимизации динамических систем с управлением простой структуры», а также доклады, посвященные прикладным задачам — О. Батуриной, аспирантки ИПУ РАН, «Метод глобального улучшения управления квантовой системой», Д. Понизовкина, аспиранта ИПС РАН, «Математическая модель коллаборативных процессов принятия решений», М. Амелькиной, сотрудницы ИПС РАН, «Предельные возможности конкурентных и коллаборативных экономических систем».

Заседания круглых столов (ведущие В. И. Гурман и А. Н. Сесекин) были посвящены общим методологическим проблемам постановки задач оптимизации для гибридных систем и приближенных методов их решения, таким как: фундаментальная неопределенность

постановок подобных задач оптимизации; применение известных итерационных процедур улучшения к решению задач управления гибридными и импульсными системами; глобальность приближенных решений с учетом магистральной природы прикладных задач; практический синтез управления с использованием параллельных вычислений; проблемы отчуждаемости и практической доступности и возможности их решения на пути интеллектуализации создаваемых программно-алгоритмических комплексов (многометодность, генерирование процедур из общих принципов) с учетом опыта создания и использования языков высокого уровня. Состоялось оживленное и полезное обсуждение этих проблем.

В целом мероприятие прошло успешно, значительно содействовало обмену информацией о состоянии исследований в разделе теории оптимального управления, посвященном рассматриваемой тематике, формированию новых актуальных тем и направлений, установлению научных связей между учеными различных поколений, прежде всего в среде научной молодежи. Можно уверенно утверждать, что усилия по его организации полностью оправдались.

Е. А. Trushkova. *Workshop “Models, optimization and applications of impulse and hybrid systems”*.

Образец ссылки на статью:

Е. А. Трушкова. *Школа-семинар «Модели, оптимизация и приложения импульсных и гибридных систем»* // Программные системы: теория и приложения : электрон. научн. журн. 2011. № 5(9), с. 3–8.
URL: http://psta.pspiras.ru/read/psta2011_5_3-8.pdf