

16-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ИФАК — МЕЖДУНАРОДНОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО АВТОМАТИЧЕСКОМУ УПРАВЛЕНИЮ

Конгресс состоялся 4—8 июля 2005 г. в Праге, Чешская Республика. Международная федерация по автоматическому управлению ведет отсчет своих конгрессов от первого, состоявшегося в Москве (1960 г.). Пражский конгресс был самым многочисленным за всю историю конгрессов. На нем было представлено 2454 доклада, в нем участвовали более 2200 человек. Россия заняла девятое место по числу участников (около ста). Это больше, чем на предыдущем конгрессе в Барселоне. Однако могло быть и больше, но помешали невероятно высокие оргвзносы (650—700 евро), сделавшие приезд многих наших соотечественников невозможным. Официальная делегация, прибывшая на Конгресс за счет средств РАН, состояла из трех человек [академики РАН А. Б. Куржанский (МГУ), Ф. Л. Черноусько (Институт проблем механики РАН) и профессор Д. А. Новиков (Институт проблем управления РАН)]. Ряд наших соотечественников приехал из других стран, и при подсчетах они были отнесены к числу российских участников.

Помимо девяти приглашенных пленарных и полупленарных докладов, остальные были секционными, сформированными как по приглашению, так и путем прямых заявок. Все секционные доклады, в число которых входили стендовые, прошли рецензирование, для чего пришлось привлечь несколько тысяч рецензентов. Среди них были люди различного уровня компетентности, поэтому разброс в уровне докладов был весьма велик — наряду с серьезными было и немало слабых. Следует отметить, что на Конгрессе, вопреки обыкновению, отсутствовали многие ведущие специалисты из США, Великобритании и Франции.

Хорошее впечатление произвел пленарный доклад *Н. Кокс* (*N. Cox*, USA) “The Mars Exploration Rovers: Hitting the Road on Mars”, посвященный американским марсоходам, работавшим на поверхности Марса. В докладе было рассказано об этапе проектирования и конструирования аппаратов, который осуществлялся в сжатые сроки, а также о функционировании аппаратов на поверхности Марса. При конструировании аппаратов работа инженеров велась в 2—3 смены, и часто испытания начинались и проводились параллельно и одновременно с разработкой.

Отметим, что первые автоматические аппараты, способные перемещаться и выполнять операции на поверхности планет, были разработаны в СССР в конце 1960-х—начале 1970-х гг. Американские марсоходы представляют собой дальнейшее развитие идей, заложенных в конструкции лунохода, однако об этом не было упомянуто в докладе.

Марсоходы были оборудованы большим набором аппаратуры и обладали значительной автономией. Они

преодолевали по несколько десятков метров в сутки без обратной связи с Землей. Ввиду большого расстояния от Земли до Марса и длительности прохождения сигналов непосредственное управление движением марсохода оператором с Земли было невозможно. В докладе описаны передвижения марсоходов по поверхности Марса (два аппарата находились в разных условиях), трудности и способы их преодоления. Как известно, на основании анализа снимков поверхности Марса было сделано заключение, что некогда на поверхности планеты была водная поверхность. Доклад *Н. Кокс* был иллюстрирован многими фотографиями.

Среди пленарных были и другие доклады, посвященные управлению движущимися объектами. Так, в докладе известного ученого *R. Iserman'a* (Германия) рассматривались системы мехатроники на большом числе примеров управления движущимися объектами. О степени реального применения современных теорий в решении задач автоматизации промышленности и транспорта говорилось в докладе *С. Чанда* (Rockwell Automation).

Открывавший Конгресс доклад *Р. Калмана*, которого многие с нетерпением ждали, оказался несколько неожиданным — он был посвящен предыстории и эволюции теории систем и не содержал обсуждения современных задач.

Весьма содержательным был обзор *М. Морари* “Гибридные системы”. В нем рассказывалось о сравнительно новом типе управления — так называемом кусочно-линейном, причем изучались как теоретические вопросы, так и проблемы программной реализации и приложений.

Полезная форма подведения итогов работы в той или иной области — так называемые “Milestones” (буквально — верстовые камни), т. е. обзоры, выполняемые по заданию руководства ИФАК ведущими специалистами по данному направлению. Так, очень насыщенным был цикл обзоров “Теория, алгоритмы и техника синтеза систем управления”. Впрочем, не всегда удавалось добиться унификации уровня и стиля из-за большого числа докладчиков.

Тематика Конгресса была разделена по трем общим направлениям: “Теория”, “Технологии” и “Приложения”. Теоретические доклады (их было примерно 1100) были в целом посвящены продолжению известной, ранее начатой тематики, но было и несколько сравнительно новых направлений, связанных с сочетанием процессов управления с информационными, коммуникационными и вычислительными процессами.

Наиболее серьезными выглядели доклады по приложениям. Видимо, это свидетельство того, что теория управления сейчас не находится в периоде бурного развития, а необходимые новые теории — теоретические

основы многих новых высоких технологий — находятся еще в процессе зарождения. В то же время, тематика приложений сильно сместилась — помимо стандартных промышленных задач большую роль стали играть биологические, экологические и медицинские приложения. Отметим, что прикладные потребности управления в Интернете и связи, в физике и робототехнике, входившие в число активно обсуждаемых вопросов, часто опережают соответствующие теории. Заметим, что наши ученые-теоретики, стоявшие всегда в передних рядах мировых теоретиков теории управления, не всегда знакомы, в силу промышленного спада, с реальными потребностями прикладников в сфере высоких технологий (например, в области беспроводных телекоммуникаций, компьютерных сетей и соответствующего адаптивного программного обеспечения, играющего роль управления в современных системах). Это уменьшает их возможный вклад в развитие новых теорий.

Российские участники из Москвы, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Самары, Томска, Иркутска и других городов представили около ста докладов, участвовали в тематических заседаниях и в организации сессий по приглашению. В период, предшествовавший Конгрессу, наши специалисты участвовали в рецензировании докладов, представленных для отбора на Конгресс по ряду секций. В последний день Конгресса российские участники собрались вместе и обсудили актуальные проблемы развития автоматического управления в нашей стране. Эта встреча была очень полезной.

Во время Конгресса в Праге состоялась очередная сессия Генеральной Ассамблеи ИФАК, одобрившей работу федерации за отчетный период. Был избран новый Президент ИФАК — профессор *Квонг* из Сеула (Южная Корея), где намечено провести следующий, 17-й конгресс. Были также переизбраны руководящий Совет ИФАК, руководители и члены комитетов, секций и подсекций федерации. В руководящий Совет ИФАК был избран академик *А. Б. Куржанский* (председатель российского Национального комитета по автоматическому управлению, Москва), в комитет по политике — профессор *А. Л. Фрадков* (Санкт-Петербург), руководителем подсекции “Оптимальное управление” — профессор *А. Ф. Клеймёнов* (Екатеринбург). Таким образом, представители России получили возможность активнее влиять на работу федерации. Следует добиваться дальнейшего расширения участия наших представителей в руководящих органах ИФАК.

ВЫВОДЫ И ЗАМЕЧАНИЯ

- Участники Конгресса ознакомились с современным состоянием теории и практики автоматического управления в современном мире, укрепили научные контакты, завязали новые. Посещение Конгресса было особенно полезно для молодых ученых, но их число с нашей стороны остается недостаточным, хотя и несколько увеличилось по сравнению с прошлым конгрессом.
- Участие России в работе ИФАК следует, несомненно, продолжать. Следует добиваться дальнейшего увеличения присутствия наших представителей в ру-

ководящих органах ИФАК. Последнее должно достигаться путем активной работы в комитетах.

- Следует подумать об организации (возобновлении) регулярных национальных конференций, которые бы устраивали “смотр” достижений российских ученых и инженеров и рекомендовали бы доклады для выделения финансовой поддержки на мероприятия ИФАК. Последнее в особенности относится к молодежи, для которой следует выделять специальные квоты.
- Следует больше организовывать мероприятий ИФАК. В России нередко организуют конференции и семинары по управлению, которые вполне могут быть зарегистрированы как мероприятия ИФАК. Как это принято во многих странах-членах ИФАК, треть от заработанных таким путем средств следует сохранять в Национальном комитете или его территориальных группах для поддержки нашего участия в мероприятиях ИФАК за рубежом.
- Имеется немало замечаний к организации Конгресса — несоразмерный оргвзнос, искусственно завышенные цены в гостиницах по сравнению с рядовым туризмом, отсутствие финансовой поддержки молодых участников, недостаток компьютеров в свободном доступе и др. Нашим представителям необходимо обратить внимание руководителей ИФАК и организаторов следующего конгресса на эти обстоятельства.

При подготовке данного отчета использованы материалы, присланные *А. Ф. Клеймёновым, Д. А. Новиковым, Б. Т. Поляком и Ф. Л. Черноусько.*

ПРИЛОЖЕНИЕ: КОММЕНТАРИИ ПО РЯДУ ОТДЕЛЬНЫХ ТЕМ

1. Управление движущимися объектами

Эта тема была достаточно сильно представлена. На Конгрессе работали следующие секции: по морским подвижным объектам; по летательным космическим аппаратам; по автомобильному движению; по авиационному и железнодорожному движению; по беспилотным летательным аппаратам; по системам управления ракетами и их запуском.

Следует отметить 40-минутный доклад *К. Шиллинга* “Космическая миссия Кассини-Гюйгенс для исследования системы Сатурна” (Германия), посвященный космическому аппарату “Кассини”, исследовавшему спутник Сатурна Титанию. Это был первый проект Европейского космического агентства, и он оказался весьма успешным. Установлено, что на поверхности Титании, где температура -180°C , находится углекислота в твердом состоянии и большое количество метана в различных фазах. Имеются реки и океаны метана, метановые облака в атмосфере. Доклад вызвал большой интерес слушателей.

2. Планирование эксперимента

В области оптимального планирования эксперимента в системах управления большинство представленных докладов было посвящено вопросам выбора оптимальных входов в задачах идентификации параметров. В основном рассматривались линейные системы с дискретным временем, рассмотрение велось в частотной области в рамках стохастических моделей. Новизна представленных результатов в основном связана с рассмотрением



новых критериев оптимальности и ограничений, а также с деталями численных алгоритмов оптимизации. В частности, предлагалась модификация постановки задачи, позволяющая при оптимизации входов решать задачи выпуклого программирования, в то время как при стандартном подходе возникающие задачи не являются выпуклыми. Среди представленных докладов можно выделить постановку и решение задачи оптимизации входа в виде обратной связи по выходу, ранее подобные задачи решались в классах программных управлений (входов) (*H. Jansson, H. Hjalmarsson. Optimal experiment design in closed loop*). Для нелинейных дискретных систем был предложен алгоритм выбора оптимальных входов, базирующийся на описании системы при помощи рядов Вольтерра. Применение алгоритма продемонстрировано на примере системы, заданной нелинейными дифференциальными уравнениями, переход к модели Вольтерра осуществлялся путем дискретизации исходной системы. (*A. Soni, R. Parker. Efficient input signal design for third-order Volterra model identification*).

3. Гибридные системы

Моделирование и управление гибридными системами представляет собой одно из наиболее активно развиваемых направлений в современной теории автоматического управления. К гибридным относят, в частности, системы, динамика которых в различных областях фазового пространства задается различными уравнениями. В последние годы активно разрабатывается теория кусочно-аффинных (PWA) систем, динамика которых описывается линейными дифференциальными или разностными уравнениями в соответствующих областях, представляющих собой множества в пространстве состояний. PWA-системы применяются в качестве инструмента при конструировании нелинейных систем управления.

Среди многочисленных теоретических проблем, связанных с изучением гибридных систем и представленных на соответствующих секциях, отметим следующие: исследование устойчивости импульсных систем переменной структуры; построение инвариантных множеств для гибридных систем с ограниченными возмущениями; исследование свойств управляемости, локальной управляемости и наблюдаемости систем с переменной структурой; конструирование асимптотических наблюдателей переменной структуры для гибридных систем; оптимальная стабилизация гибридных систем; оптимальное программное управление и задачи синтеза управлений в гибридных системах. Рассматривались приложения теории гибридных систем в задачах управления дорожным движением, потоками в коммуникационных сетях, в иерархических системах управления производственными системами, в задачах управления процессом производства в химической и нефтехимической отраслях.

На заседаниях технических комитетов ИФАК отмечалось, что, несмотря на значительный прогресс, достигнутый в последнее время в разработке общих подходов к исследованию гибридных систем и систем с дискретным пространством состояний, интеграция соответствующих теорий и создание универсальной модели для таких систем требуют значительных усилий и остаются актуальными. Несмотря на успехи в развитии

теории, ощущается недостаток практических инструментов для разработки систем управления в гибридных системах.

4. Энергетические системы

На заседаниях технических комитетов ИФАК по промышленным системам и электроэнергетике было констатировано, что требование дерегулирования энергетических систем приходит в противоречие с их физической природой. Прямым результатом реструктуризации энергетической отрасли, произошедшей в последние годы в ряде западных стран (и идущей сейчас в России) является серия крупных аварий в Северной Америке и Европе. В свете происходящих перемен необходима разработка новых подходов к решению проблем управления в электроэнергетике.

Тематика докладов по энергетическим системам в основном была связана с вопросами устойчивости и оптимальности для традиционных объектов электроэнергетики. Отдельная секция была посвящена системам управления для электрических машин (электродвигателей, электрогенераторов, преобразователей тока и напряжения). Рассматривались вопросы устойчивости и стабилизации электрических характеристик в сетях с децентрализованным управлением, вопросы мониторинга электрических сетей, обнаружения неисправностей и диагностики. В секции "Распределительные электрические системы" большинство докладов было посвящено алгоритмам оптимального восстановления работоспособности энергетических сетей после аварий. Рассматривались некоторые задачи управления работой электростанций, отдельное заседание было посвящено термальным электростанциям. Вопросам диагностики неисправностей в больших энергетических системах, а также проблемам регулирования рынка электроэнергии было посвящено несколько докладов авторов из Южной Кореи. Заметно широкое представительство специалистов из этой страны на многих заседаниях, посвященных электроэнергетике.

5. Теория H_{∞} -оптимизации

К сожалению, на Конгрессе отсутствовали ведущие специалисты в области H_{∞} -оптимизации, такие как Дойл, Гловер, Зу, Френсис и др. Тем не менее, эта тематика нашла свое отражение в докладах на различных секциях, а также в стендовых докладах в течение всей работы Конгресса. Так или иначе эта тематика затрагивалась на двух секциях по робастному анализу, на секциях по робастному адаптивному управлению и робастному управлению с предсказанием, на двух секциях по синтезу робастных систем управления, а также синтезу робастных систем с помощью техники линейных матричных неравенств, на секции по синтезу робастного управления в стохастических системах и во многих стендовых докладах.

Общая тенденция в этом направлении теории управления (H_{∞} -оптимизация) состоит в перемещении разработок из чисто теоретических в сторону решения прикладных задач, разработок специальных вычислительных методов для решения этих задач. Несколько докладов было посвящено разработкам методик определения неисправностей в системах управления методами

H_{∞} -оптимизации, что также подтверждает смещение интересов в сторону практической реализации полученных ранее результатов. Из новых теоретических направлений в H_{∞} -оптимизации стоит выделить интерес специалистов по стохастическому управлению к идеям детерминированного робастного управления.

6. Управление в социальных и экономических системах

В последние годы все большее место на конгрессах ИФАК занимают доклады, посвященные проблемам управления в социальных и экономических системах (СЭС). Доля таких докладов на Конгрессе составляла около 10 %, причем примерно такой же была и их доля среди участников российской делегации; увеличивается и число соответствующих симпозиумов, проводимых между конгрессами. С одной стороны, СЭС являются новым предметом применения наработанных специалистами по управлению результатов, с другой стороны, они служат источником новых задач.

На Конгрессе было выделено отдельное направление “Социальные системы”, включающее в себя следующие разделы:

- экономические и бизнес-системы (секции: финансы и банковское дело, экономические системы, управление в макроэкономике, экономические и бизнес-системы, подходы систем управления к устойчивому развитию и устойчивому менеджменту в век глобализации);
- социальное влияние автоматизации;
- развивающиеся страны (секция: комбинированный трансфер знаний и технологий);
- обучение в области автоматического управления и этические проблемы (секции: виртуальные лаборатории и удаленное взаимодействие, учебный практикум по управлению, интернет-технологии для обучения в области управления, практические приложения этики: барьеры и решения, несоответствующее использование технологий).

Кроме того, моделям и методам управления в СЭС были посвящены некоторые доклады в рамках ряда других направлений: когнитивные модели и управление (секции: искусственный интеллект, нечеткие и нейросистемы, эволюционные модели, многоагентные системы, нейронные сети в управлении, мягкие вычисления, интеллектуальное моделирование, генетические алгоритмы и др.), автоматизация, ориентированная на затраты (секции: культурные и стоимостные аспекты автоматизации, энергосберегающие технологии), человеко-машинные системы (секции: приложения человеко-машинных систем, эмоции и поведение человека, интерфейс и взаимодействие в человеко-машинных системах).

Отдельно следует выделить секции:

- культурологические аспекты распределенного мониторинга;
- практическая этика управления: барьеры и решения;
- эффективное применение технологий управления.

Наибольший интерес вызвали доклады: *E. Welfonder, T. Frederking, R. Zeegler* “Sustainable Further Evolution of the Globalized Society...” и *D. Kononov, V. Kulba, A. Shubin* “Information management in socio economic systems: ethi-

cal aspects”. Первый из них был посвящен результатам моделирования развития Европейского сообщества на ближайшие 10—15 лет, второй — этическим аспектам информационного управления в современном обществе.

Анализ представленных на Конгресс докладов и выступлений, посвященных управлению в СЭС, позволяет выделить следующие общие проблемы.

- Во многих случаях моделирование осуществляется без учета специфики объекта — производится прямой перенос методов, применяемых для анализа и синтеза управления техническими системами, на социально-экономические.
- В ряде работ игнорируются аналитические методы поиска точного решения — авторы предлагают свою эвристику, сравнивая ее эффективность с эффективностью другой эвристики (известной или предложенной тем же автором). Такая ситуация характерна, в первую очередь, для многоагентных систем (multi-agent systems), где применяется имитационное моделирование. Отчасти это оправдано высокой сложностью соответствующих задач дискретной оптимизации, а также тем, что получаемые результаты удовлетворяют потребности практики.
- Иногда наблюдается отрыв от тематики и основных течений в области управления СЭС (в том числе, экономико-математического моделирования, теории игр, микроэкономики и т. д.) — в ИФАК еще не сформировалось свое комплексное понимание и устоявшаяся классификация задач управления СЭС (представленный набор секций и докладов определяется специализацией руководителей комитетов и во многом случаен). Эту же тенденцию подтверждает неполнота обзоров в ряде докладов.

Тем не менее, с учетом общемировой тенденции роста интенсивности развития моделей и методов управления СЭС, можно быть уверенным, что акцент в ИФАК неизбежно будет постепенно смещаться в их сторону, и в ближайшие годы установится новый баланс между классической теорией управления и теорией управления СЭС.

Существующая ситуация представляется достаточно “выгодной” для ИФАК — являясь крупной организацией, объединяющей множество специалистов высочайшей классификации, она может стать “центром притяжения” и для специалистов по управлению СЭС.

Пожелания по перспективной тематике. Необходимо уделить внимание вычислительным аспектам моделирования и оптимизации управления объектами топливно-энергетического комплекса (добыча, сбор, подготовка, переработка нефти, жидких углеводородов и газа, транспорт и распределение конечной продукции). Математические модели этого класса объектов управления описываются системами нелинейных уравнений в частных производных, для аппроксимации которых можно воспользоваться достижениями в области вычислительной математики. Например, методами возмущения, многосеточными вариантами декомпозиции области, расщепления по физическим процессам и пространственным координатам.

Председатель Национального комитета по автоматическому управлению, академик РАН *А. Б. Куржанский*

* * *