

ОБЩЕРОССИЙСКИЙ СЕМИНАР «СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ: ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ АВТОНОМНЫХ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ»

31 марта 2009 г. в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН уже в четвертый раз состоялся общероссийский семинар «Современные методы навигации и управления движением». Идея проведения такого семинара возникла на юбилейном собрании Академии навигации и управления движением (АНУД) в 2005 г. в связи с тем, что сейчас существует заметный разрыв между современными результатами, полученными в теории управления движением, и их применением в реальных проектно-конструкторских решениях. Этот разрыв отмечался и ранее, в частности, на Конференции по теории управления, посвященной юбилею академика Б.Н. Петрова в 2003 г., проходившей в ИПУ РАН, и на ряде других конференций у нас в стране и за рубежом.

Первый семинар состоялся 18—19 апреля 2006 г. в целях взаимного ознакомления с последними достижениями в решении вопросов навигации и современной теории управления представителей академических институтов и предприятий научно-исследовательского, опытно-конструкторского и промышленного профилей. В его работе приняли участие ведущие представители различных предприятий, занимающихся вопросами навигации, а также представители некоторых современных школ по теории управления движением. Доклады — всего их было 17 — были объединены тематически в четыре группы и заслушивались на соответствующих заседаниях — перспективные методы навигации (председатель академик *В.Г. Пешехонов*), робастные методы решения задач обработки информации и управления (председатель *Б.Т. Поляк*), методы решения задач обработки информации и управления (председатель *А.Л. Фрадков*), методы искусственного интеллекта в задачах обработки информации и управления (председатель — тогда чл.-корр. РАН — *С.Н. Васильев*). Семинар вызвал интерес, однако его формат был не вполне удобен для слушателей, поэтому было решено впредь проводить семинар ежегодно по определенной тематике и в течение одного дня.

Второй семинар состоялся 25 апреля 2007 г. и был посвящен информационному обеспечению задач высокоточной навигации и управления. Открывал семинар руководитель Секции проблем машиностроения и процессов управления ОЭММПУ РАН академик *Е.А. Федосов*. На утреннем (председатель академик *Е.А. Федосов*) и вечернем (председатель *Б.Г. Гурский*) заседаниях было заслушано 10 докладов.

Третий (23 апреля 2008 г.) был посвящен компьютерным технологиям в моделирующих, исследовательских и тренажерных комплексах. На утреннем заседании (сопредседатели — академики *В.Г. Пешехонов* и *Е.А. Федосов*) было шесть докладов, вечером (сопредседатели — академик *С.Н. Васильев* и *В.Л. Солунин*) — пять. В заключительном слове академик *С.Н. Васильев* отметил возрастающий интерес к семинару и присутствие в зале молодых ученых и разработчиков систем навигации и управления из различных вузов Москвы.

Нынешний, четвертый по счету, семинар был посвящен информационно-управляющим системам автономных движущихся объектов.

В организации семинара участвовали Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН, Российский национальный комитет по автоматическому управлению, АНУД, Объединенный научный совет РАН по комплексной проблеме «Процессы управления и автоматизация», Научный совет РАН по теории управляемых процессов и автоматизации, ИПУ РАН, ОАО Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», ЦНИИ автоматики и гидравлики.

Открывая семинар, директор ИПУ РАН академик *С.Н. Васильев* отметил возрастающий в сообществе разработчиков систем управления интерес к семинару. В своем вступительном слове директор ОАО Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», президент АНУД академик *В.Г. Пешехонов* отметил большую актуальность выбранной для семинара тематики, ее сосредоточенность на освещении выбранного вопроса.



На утреннем заседании председательствовал академик *В.Г. Пешехонов*. К сожалению, по уважительной причине не состоялся запланированный первым доклад «Основные принципы управления боевых беспилотных летательных аппаратов», с которым должен был выступить чл.-корр. РАН *С.Ю. Желтов*.

В докладе «Баллистика, навигация и управление движением космического аппарата на этапе его посадки на поверхность Фобоса» (авторы — чл.-корр. РАН *Э.Л. Аким*, *С.М. Лавренов*, *В.А. Степаньянц*, *А.Г. Тучин* (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН), *Ю.К. Зайко*, *Е.Г. Рузский* (НПО им. С.А. Лавочкина)), который сделал *Андрей Георгиевич Тучин*, были представлены основные концепции и алгоритмы, лежащие в основе схемы посадки на спутник Марса Фобос, разрабатываемой в рамках проекта «Фобос-Грунт». Приведены условия, обеспечивающие посадку, изложены алгоритмы бортовой навигации и управления. Рассмотрены уравнения движения космического аппарата (КА) относительно Фобоса и их использование для расчёта коррекции движения КА. Представлен алгоритм оценки вектора состояния КА по измерениям лазерного высотомера и доплеровского измерителя скорости и дальности. Описана система моделирования посадки на программно-аппаратном комплексе, включающем в себя макет бортовой вычислительной машины. Разработанные модели и алгоритмы достаточно универсальны, и их можно использовать при создании систем посадки КА на малые спутники планет, астероиды, Луну и другие небесные тела.

Доклад *Л.В. Киселева*, *А.В. Инзарцева*, *Ю.В. Матвиенко* «Навигационно-управляющие системы автономных подводных роботов» представил опыт Института проблем морских технологий ДВО РАН по созданию навигационно-управляющих систем серии аппаратов, разработанных в этом институте. *Лев Владимирович Киселев*, выступавший от имени авторов, представил не только принципы построения навигационно-управляющих систем, но на богатом иллюстративном материале продемонстрировал действующие образцы автономных подводных роботов.

В своём выступлении *Тамаз Автандилович Барамидзе* (Управление развития и организации заказов кораблей, морского вооружения и военной техники Минобороны РФ) «Проблемные вопросы организации создания и производства морской робототехники в России» отметил, что в нашей стране истинные роботы и, тем более, автономные необитаемые подводные аппараты-роботы (АНПАР), как таковые, не только отсутствуют, но даже нет сколько-нибудь значимых программ по их созданию. По мнению докладчика, для ВМФ наибольший интерес представляют АНПАР водоизмещением более 25 т. Такие аппараты, из-за способности

нести значительную полезную нагрузку и большой запас топлива, наиболее приспособлены к решению широкого круга задач ВМФ. Сверхтяжелые аппараты-роботы водоизмещением свыше 40 т способны решать и некоторые задачи, которые сейчас возлагаются на подводные лодки. Подавляющее большинство технологий, необходимых для создания подводных аппаратов-роботов, могут быть заимствованы в авиационно-космической промышленности. Учитывая важность и перспективность для военных применений роботизированной техники, а также межведомственную и межвидовую направленность работ, задачи по созданию предприятий-центров и специализированного органа военного управления целесообразно решать в соответствии с отдельной федеральной целевой программой.

Последним на утреннем заседании был заслушан доклад *А.Е. Барабанова* и *Д.В. Ромаева* (Санкт-Петербургский государственный университет) «Синтез полного автопилота легкого вертолета». Докладчик *Андрей Евгеньевич Барабанов* представил реальную летающую систему управления легкого вертолета, реализованную на серийной находящейся в продаже модели легкого вертолета. Красочный фильм убедительно показал собравшимся большие возможности представленного автопилота, в частности, реализацию наиболее сложных для выполнения вертолетом пилотных заданий (например, режим зависания). Доклад продемонстрировал реальное взаимодействие математических методов навигации и управления при решении сложной технической задачи.

Вечернее заседание под председательством *Б.Г. Гурского* началось с доклада *О.С. Сальчева* (ООО «ТекНол») «Системы управления беспилотных летательных аппаратов». В своем выступлении Олег Степанович познакомил слушателей с разработками своего предприятия в области создания легких беспилотных летательных аппаратов. Особое внимание было уделено тому, что созданные в ООО «ТекНол» системы управления сертифицированы и пользуются большим спросом на рынке систем управления беспилотными аппаратами. Так, ООО «ТекНол» уже продало более полутора тысяч систем управления.

В докладе *Александра Ивановича Иванова* (ИПУ РАН) «Беспроводная информационно-управляющая система малого автономного необитаемого подводного аппарата» отмечено, что современный уровень развития микроэлектроники и нанотехнологий позволяет существенно сократить габариты и энергопотребление электронных блоков малых автономных необитаемых аппаратов (АНПА), расширив при этом их функциональные характеристики. Благодаря возможности самостоятельно перемещаться, АНПА могут ускорить спасение экипажа, облегчить поиск потерпевшего аварию

судна. Подобные аппараты могут выполнять и самостоятельные задачи разведки, патрулирования, формирования ложных целей, гидрографических и экологических исследований. Один из основных компонентов АНПА — микросхема, объединяющая микропроцессор и радиомодем. Совокупность таких микросхем с подключенными к ним датчиками и исполнительными органами образует самоорганизующуюся информационно-управляющую структуру, обладающую повышенной отказоустойчивостью, экономичностью и гибкостью. В докладе приведены схема малого АНПА и примеры реализации алгоритмов поведения АНПА в различных эксплуатационных режимах.

Следующим был заслушан доклад *М.Н. Красильщикова* и *Н.В. Кима* (МАИ) «Интегрированная бортовая система навигации и управления беспилотного летательного аппарата малого класса», который сделал *Николай Владимирович Ким*. Рассматривались вопросы построения системы навигации и управления (САУ) малоразмерного беспилотного летательного аппарата (МБЛА) с учетом характеристик используемых микромеханических датчиков и особенностей динамики МБЛА. В качестве приоритетных направлений совершенствования САУ были названы внедрение механизмов адаптации в контуры стабилизации САУ, автоматизация посадки на необорудованные площадки и автоматизация планирования и оперативного изменения полетного задания МБЛА. В частности, на основе применения целевой видеоаппаратуры при решении навигационных задач и реализации интеллектуальных технологий «понимания» текущих ситуаций. Предложен комплексный алгоритм обработки изображений, позволяющий реализовать решение целевых и навигационных задач, включая автоматическую посадку МБЛА на необорудованную площадку.

В докладе *Вадима Вячеславовича Костюкова* (ЦНИИ автоматики и гидравлики) «Опτικο-электронная система навигации беспилотного летательного аппарата (БПЛА)» были рассмотрены вопросы создания и применения оптико-электронной системы (ОЭС) навигации для БПЛА разрабатываемого для мониторинга объектов протяженной инфраструктуры. Особенность предложенных алгоритмов ОЭС состоит в отсутствии ортотрансформирования текущих изображений, вместо которого предложено проследить путь на эталонном изображении с помощью сшитого текущего изображения. Предложенный алгоритм позволяет решать целевую задачу с высокой точностью и оперативностью без необходимости точного определения ориентации БПЛА. Обновление эталонной информации, с помощью результатов мониторинга, позволило снизить требования к информационному обеспечению ОЭС.

Доклад *И.В. Рубцова* и *В.П. Носкова* (МГТУ им. Н.Э. Баумана) «Навигационно-управляющие системы автономных мобильных роботов», сделанный *Владимиром Петровичем Носковым*, был посвящен принципам построения навигационно-управляющих систем для мобильных гусеничных роботов. Иллюстративный материал, на котором был показан опытный образец, показал возможности таких роботов в различных сферах народного хозяйства.

Последним в работе семинара был доклад *В.В. Матвеева* и *В.Я. Распопова* (Тульский государственный университет) «Бесплатформенная система ориентации вращающегося по крену летательного аппарата». В работе рассмотрены алгоритмы построения бесплатформенных систем ориентации (БСО) вращающихся по крену летательных аппаратов (ЛА) на базе гироскопических датчиков угловой скорости и акселерометров. Выступавший *Валерий Владимирович Матвеев* отметил, что классический алгоритм идеальной работы БСО, реализующий модифицированный метод Эйлера с коррекцией нормы кватерниона, в случае вращения ЛА по крену приводит к возникновению фазовых погрешностей. Поэтому период дискретизации должен быть не более 0,0001 с, чтобы алгоритм идеальной работы не вносил значительных фазовых погрешностей. Показано, что вращение ЛА по крену приводит к тому, что отсутствует тенденция к нарастанию ошибок БСО при неидеальных измерениях угловой скорости. Приведена модель погрешностей БСО для вращающегося по крену ЛА. Предложены алгоритмы БСО, построенные на базе только двух датчиков угловой скорости и приведены результаты моделирования такого алгоритма. Рассмотрена схема БСО, в которой для измерения угловой скорости крена используется пара акселерометров с осями чувствительности, ортогональными продольной оси ЛА.

В завершение работы семинара выступил директор ОАО Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», президент АНУД академик *В.Г. Пешехонов*. Он отметил высокий научный и организационный уровень семинара, большой к нему интерес (на семинаре присутствовало около 300 чел.), активность слушателей (до самого окончания семинара конференц-зал, в котором проходили заседания, был практически полон) и выразил надежду, что следующий семинар в 2010 г. пройдет на соответствующем уровне.

Б.В. Павлов, А.П. Курдюков, Д.А. Гольдин

Павлов Борис Викторович — д-р техн. наук, гл. науч. сотрудник, ☎ (495) 334-93-51, ✉ pavlov@ipu.ru,

Курдюков Александр Петрович — д-р техн. наук, зав. лабораторией, ☎ (495) 334-92-41, ✉ akurd@ipu.ru,

Гольдин Дмитрий Алексеевич — канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, ☎ (495) 334-89-51, ✉ goldind@ipu.ru, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва.