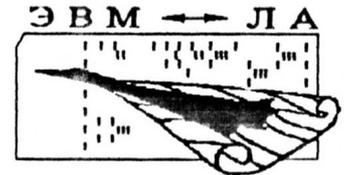




Международный
авиационно-космический
научно-гуманитарный
семинар имени
С.М. Белоцерковского

Семинар основан в марте 1959 года:
- ЦАГИ им. профессора Н.Е. Жуковского,
- ВВИА им. профессора Н.Е. Жуковского,
- Научно-мемориальным музеем Н.Е. Жуковского.



18 сентября 2003 г. (четверг) в 10 часов открывается очередное заседание семинара. Оно состоится в Научно-мемориальном музее Н.Е. Жуковского (ул. Радио, д. 17)

На заседании предполагается рассмотреть вопросы математического моделирования на ЭВМ поведения системы "лётчик – летательный аппарат – эксплуатационная среда" в сложных полётных ситуациях с учетом раздельного и комплексного влияния основных эксплуатационных и проектных факторов.

Повестка дня:

- 1. Доклад Бурдуна И.Е. «Ситуационное моделирование полёта летательных аппаратов: метод, технология, приложения, перспективы, проблемы»**

Вход свободный.

Справки по телефонам: 263-4435, 976-6106, 155-1414.

Директор ГосНИЦ ЦАГИ

А.Г. Мунин

Руководитель семинара

М.И. Ништ

Ситуационное моделирование полёта летательных аппаратов: метод, технология, приложения, перспективы, проблемы

Бурдун И.Е. (г.Новосибирск)

Введение. Дается обзор 25-летнего опыта прикладных исследований и преподавательской работы автора в области моделирования на ЭВМ поведения системы “лётчик – летательный аппарат – эксплуатационная среда” в сложных (многофакторных) полётных ситуациях (ПС): в бывшем СССР (1978-1993гг.), Великобритании (1993-96гг.), США (1997-2000гг.) и РФ (с августа 2000г.).

Основа. Представляемый подход берёт начало из школы математического моделирования полёта кафедры аэродинамики и динамики полёта ЛА Рижского Краснознамённого института инженеров ГА (РКИИ ГА) - ныне закрытого латвийскими властями одного из старейших авиационных вузов Европы (год основания - 1919). Основателем школы был заведующий кафедрой проф. Л.Г.Тотиашвили. Значительное влияние на становление и развитие “рижской школы” в целом и опыта автора в частности оказали школы моделирования известных отечественных и зарубежных НИИ, ОКБ и вузов авиационного профиля. В работе в разное время использовались результаты исследований целого ряда ведущих отечественных и зарубежных специалистов.

Отличие. Особенностью системной модели полёта является обобщённое описание тактики ситуационного управления лётчика, сценария полётной ситуации (ПС), динамики полёта ЛА и гетерогенных эксплуатационных факторов (ЭФ). Модель позволяет учитывать раздельное и комплексное влияние основных ЭФ и проектных параметров. К ним относятся: ошибки и вариации управления лётчика, отказы бортовых систем (двигателей, управления и др.), влияние неблагоприятных погодных условий (ветра любого профиля, турбулентности, дождя, обледенения, состояния ВПП, атмосферы и др.), вариации массы, центровки, конфигурации и аэродинамической компоновки ЛА и др. Кроме того, в составе модели имеются алгоритмы, которые автоматизируют решение задач планирования, имитации и отображения сценариев ПС, а также оценки и классификации выходного множества “полётов” по критериям безопасности полёта (БП). Таким образом, разработанный комплекс можно рассматривать как “автономный виртуальный лётно-испытательный стенд на столе”. Преимущество такого подхода состоит в простоте планирования, высокой скорости имитации и высокой степени автоматизации анализа на ЭВМ большого количества нестандартных сценариев полёта без участия лётчика и применения спецоборудования. Это позволяет многократно увеличить объём структурированной информации об особенностях поведения системы в сложных ПС, получаемой в сжатые сроки и с небольшими затратами до реального полёта.

Цель. Прикладная цель подхода состоит в получении опережающей систематической информации о безопасности поведения системы “лётчик – летательный аппарат – эксплуатационная среда” в сложных ПС в результате вычислительного эксперимента с системной моделью. Методологическая цель заключается в том, чтобы обеспечить гибкость и оперативность настройки системной модели на объект (ЛА) и задачу (проблемную ПС). Основное внимание уделяется обеспечению достоверности и простоты воспроизведения сложных сценариев полёта на ЭВМ. Это достигается благодаря унификации основных алгоритмов и потоков данных системной модели. Тем не менее, разработанный подход не претендует на универсальность. Степень обеспечения перечисленных требований демонстрируется на примерах. Конечная цель состоит в том, чтобы создать инструмент, удобный для изучения проблем безопасности полёта и искусственного интеллекта ЛА с минимальным расходом исследовательских ресурсов.

Содержание доклада. Доклад состоит из пяти разделов: метод, технология, приложения, перспективы и проблемы. Ниже кратко перечисляются основные темы по каждому из разделов. Глубина рассмотрения тем варьируется.

1. Метод. Математическая модель полёта ЛА с неподвижным крылом. Допущения и ограничения. Алгоритм решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений движения ЛА первого порядка в форме кватернионов с нелинейной правой частью. Алгоритмы численного интегрирования уравнений движения. Алгоритмы обобщенной модели аэродинамики ЛА. Событие полета. Процесс полета. Элементарная ситуация. Сценарий полёта. Микро- и макроструктурный уровни моделирования полёта. Алгоритм модели событий. Алгоритмы моделей основных процессов управления: детерминированной модели пилотирования (“лётчик” Л.Г. Тотиашвили), нечёткой модели пилотирования, модели наблюдения состояний системы, модели разовых управляющих действий. Алгоритмы моделей процессов других типов: имитации отказов, реализации записей реального полёта, влияния дождя и обледенения на аэродинамику, детерминированных ветровых возмущений, работы шасси, модель состояния ВПП, датчиков и приводов. Механизм “цепной реакции” ЛП. Нечёткое ограничение полёта. Палитра БП. Частный и интегральный спектры БП. Эксплуатационный фактор. Сложность ПС. Оценка (индекс) БП. Ситуационное дерево-сеть (СДС) полёта. Эксплуатационная гипотеза, генотип СДС. Виртуальный “налёт”, аккумулированный в СДС. Категории БП. Алгоритм классификации множества полётов на кластеры равной безопасности. Формы отображения результатов моделирования, изоморфные внутренней модели полёта лётчика (теоретическая основа). Диаграмма текущих шансов БП. Окно БП. Алгоритм ситуационного прогноза БП в реальном времени. Алгоритм страховочного искусственно-интеллектуального управления ЛА в критических ситуациях на основе СДС.

2. Технология. Дается введение в авторский программно-моделирующий комплекс VATES. Основные структуры данных. Сценарий ВЭ. “Параметрическое определение” ЛА. Интерполяция исходных характеристик (таблицы, сплайны). Задание “констант” модели. Задание ветровых возмущений. Задание состояния ВПП. Автоматическое определение начальных условий. Метод параметрических деревьев для представления результатов продувок. Автоматизация построения банка данных аэродинамики. Автоматизация задачи генерации подпрограмм-функций для расчёта аэродинамических коэффициентов. Вопросы моделирования системы автоматического управления ЛА. Отладка и проверка достоверности системной модели. Пример настройки на объект. Настройка модели лётчика. Планирование сценария сложной ПС (на примерах). Создание библиотек испытательных сценариев. Примеры “микро- и макро-моделирования” полёта. Примеры форм вывода результатов.

3. Приложения. С помощью разработанного подхода с 1980 года решено свыше 50 прикладных задач (исследовано >500 типов сценариев) для 22 типов ЛА и проектов. В докладе дается обзор нескольких примеров (список идёт ниже). Воспроизведение ситуаций лётного происшествия (взлёт в условиях микровзрыва, грубая посадка и др.). Воспроизведение режимов испытательного полёта. Моделирование переходных и других сложных режимов полёта конвертоплана, включая анализ посадки с отказавшей силовой установкой. Анализ взлётно-посадочных режимов полёта перспективного дальнемагистрального самолёта в сложных условиях. Исследование влияния особенностей аэродинамики и управления на БП ЛА: учебный проект прототипа транспортного самолёта среднего класса, проект перспективного учебно-тренировочного самолёта. Оценка БП и соответствия нормам лётной годности (АП-25) проекта перспективного самолёта МВЛ и др. Воспроизведение программы акробатического полёта и предельных режимов полёта гипотетического сверхманевренного самолёта. Проверка обеспечения требований FAR Part

25 для учебного проекта сверхзвукового пассажирского самолёта 2-го поколения. Исследование аэродинамического поворота плоскости орбиты ВКЛА. На основании представленных примеров показываются преимущества, условия и пределы применимости разработанного подхода. Определяются роль и место метода в инструментарии методов исследования полёта.

4. Перспективы. Перспективные наземные приложения включают: воспроизведение маневренного полёта ЛА на закритических режимах, автоматическая настройка системной модели на ЛА, настройка библиотеки сценариев на ЛА. Автодиагностика и автонстрайтка системной модели на задачу и объект; “виртуальный лётно-испытательный стенд” в системе лётных испытаний; автоматизация “выращивания” ситуационных деревьев полёта для заданных приложений (генотипов); создание библиотек сценариев, формализующих требования АП, РЛЭ, программы обучения летчиков; демонстрационная система для пилотажного тренажера; независимое расследование лётных происшествий и предпосылок. Перспективные бортовые приложения метода: автоматическая защита границ допустимого лётного диапазона; бортовой помощник лётчика на основе модельно-физических знаний о полёте; дисплей ситуационного прогноза безопасности (эффективности) полёта в реальном времени; осуществление полуавтономного и автономного полёта в сложных/неопределённых условиях; самоорганизация воздушного движения в “тесном” воздушном пространстве и в пространстве типа “free flight”; самоорганизация выполнения полётного задания на основе принципов этологии, полёт “стаи” высокоманевренных автономных ЛА.

5. Проблемы. Полнота и достоверность исходных данных объекта (“параметрического определения” ЛА). Переносимость результатов аэродинамического эксперимента на натуру. Унификация моделей аэродинамики, препятствия: разные стандарты представления данных, ЛА нетрадиционных схем, вертолеты, конвертопланы. Учёт нестационарных эффектов в моделях аэродинамики продольного и бокового движения. Моделирование автоматического управления на ранних этапах проектирования. Стандартизация и развитие форматов входных и выходных данных системной модели. Настройка модели на конкретного лётчика. Оценка достоверности (адекватности) системной модели. Нерешённые дилеммы в области моделирования и безопасности полёта: БП vs. право интеллектуальной собственности, БП vs. корпоративная прибыль. Бортовой искусственный интеллект: “костыль” или замена лётчика, право управления ЛА в критических ситуациях. “Виртуализация” и кооперация исследований полёта в РФ как стратегия выживания и прорыва. РФ, российские специалисты на международном рынке авиационного научного труда (частное мнение): цели, ограничения, “подводные камни”, наблюдения, советы.

Ожидаемая аудитория. Доклад рассчитан на молодых специалистов, профессионалов и менеджеров, работающих в следующих областях: практическая аэродинамика и динамика полёта ЛА, безопасность полёта и эффективность применения ЛА, проектирование, лётные испытания, сертификация и лётная эксплуатация ЛА, тестирование систем управления, расследование лётных происшествий и предпосылок, методы и средства обучения лётного состава, бортовой искусственный интеллект полёта, перспективные авиационные комплексы, включая автономные беспилотные системы (построение, испытания и применение).