

**История научной школы
«Решение задач летной
эксплуатации с помощью
математического
моделирования»**

**Кубланов Михаил Семенович,
Ципенко Владимир Григорьевич**



**Московский государственный
технический университет
гражданской авиации**

**кафедра
Аэродинамики,
конструкции и прочности
летательных аппаратов**



akpla.ucoz.com

E-mail: akpla@yandex.ru

Идеи математического моделирования в гражданской авиации заложены в 1970-х годах усилиями к.т.н. **МОИСЕЕВА** Евгения Михайловича (ГосНИИ ГА) и к.т.н. **ТОТИАШВИЛИ** Левана Георгиевича (РКИИ ГА).

Необходимость решения задач летной эксплуатации с помощью математического моделирования диктуется **дороговизной, опасностью** и, подчас, **невозможностью** проведения летных испытаний.

Постановка задачи исследования

Летная эксплуатация воздушных судов – это, прежде всего, **динамика полета**.

Поэтому была сформулирована цель: получение **объективных и достоверных** результатов с помощью математического моделирования динамики полета летательных аппаратов (ММ ДП ЛА).

В результате научно-исследовательских работ в 1970-х – начале 1980-х годов в ГосНИИ ГА и РКНИИ ГА были созданы прототипы математической модели динамики полета самолета, в которых удалось проработать отдельные элементы, такие как:

- модульное строение программного обеспечения (Бурдун И.Е.);
 - формы представления характеристик самолета (Бурдун И.Е., Гребёнкин А.В.);
 - формы представления сценария полета, законов и процедур управления самолетом, отказов систем (Бурдун И.Е., Гребёнкин А.В.);
 - возможности учета воздействия изменяющихся состояния атмосферы и ВПП (Бурдун И.Е., Гребёнкин А.В.);
 - модель работы шасси на ВПП (Ермаков В.В., Санников В.А.);
 - модель воздействия дождя на самолет (Ягнёнков В.Н.).
- Однако сформулированная цель не была достигнута в полном объеме.

Для этой цели кафедра **АКПЛА** МИИ ГА (ныне МГТУ ГА) объединила усилия и опыт:

- координационного совета кафедр аэродинамики;
- НИИ и вузов гражданской авиации;
- подразделений «Аэрофлота», а впоследствии – авиакомпаний;
- конструкторских бюро авиапрома.

Научную школу
математического
моделирования в МГТУ ГА
на кафедре АКПЛА
основал в начале 1980-х
годов д.т.н., проф., лауреат
Ленинской премии,
Заслуженный деятель
науки и техники **РОЩИН**
Владимир Федорович.



**Результаты научной школы кафедры
АКПЛА МГТУ ГА:**

- выполнено более 40 **НИР** по заказам предприятий гражданской авиации;
- защищено **9** докторских, **18** кандидатских и **16** магистерских **диссертаций**;
- **внедрены** в АК им. С.В. Ильюшина, ГосНИИ ГА, ОАО "Аэрофлот – Российские авиалинии", ГТК "Россия", ОАО НПК "ПАНХ" ;
- используются **в учебном процессе МГТУ ГА** по 4 дисциплинам.

К концу 1980-х годов научной школе кафедры АКПЛА удалось решить ряд фундаментальных проблем:

- полная унификация программного обеспечения и диалоговый режим работы с ним (Кубланов М.С.);

- разработка "архитектуры" программного обеспечения и методик решения прикладных задач (Кубланов М.С., Ципенко В.Г.);

- разработка идеологии "численной аэродинамики" (унифицированная форма представления и использования аэродинамических характеристик ЛА – Васин И.С., Кубланов М.С.; учет явления аэроупругости в задачах динамики полета Ципенко В.Г., Шевяков В.И.);

- унифицированная форма представления и использования характеристик шасси ЛА ("цифровое шасси" – Уткин А.И., Бехтин А.Ю.);

- решение обратных задач динамики полета (идентификация параметров ММ ДП ЛА, в том числе эвристическим методом; расчет сбалансированной начальной точки траектории ЛА по 5 степеням свободы; минимизация размерности задачи оптимизации профиля полета с учетом эксплуатационных ограничений – Кубланов М.С.);

- выбор и обоснование устойчивых методов вычисления в модели работы шасси и в задаче оптимизации на основе физического объяснения явления "жесткости" механических систем (Кубланов М.С.);

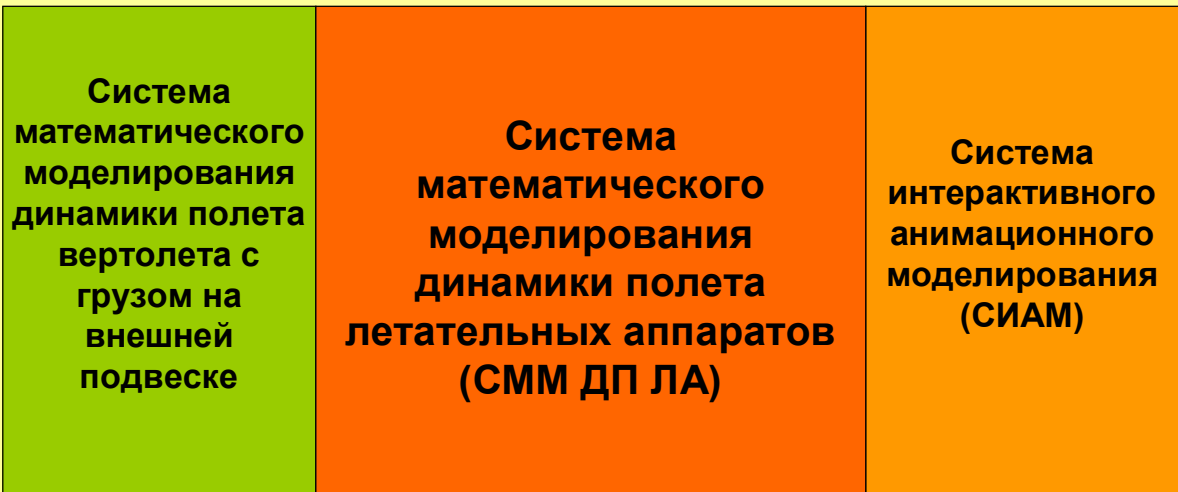
- моделирование сложных взаимодействий различных органов управления между собой; моделирование явлений юза, бокового заноса и раскрутки колес; учет реального положения центра масс самолета (Кубланов М.С.);

- алгоритм оценки адекватности результатов вычислительных экспериментов реальному поведению ЛА; обеспечение более высокой точности результатов, чем точность регистрации параметров полета (Кубланов М.С.).

Это позволило разработать **Систему математического моделирования динамики полета летательных аппаратов (ММ ДП ЛА)**.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЛЕТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Численная аэродинамика	Аэроупругость	Оптимизация	Устойчивые методы вычисления	Эвристический метод идентификации	Унификация программного обеспечения
---------------------------	---------------	-------------	------------------------------------	---	---



Управление БП (надежность)	Унификация модели шасси	Оценка управляемости ВС	Физ-мат. модель гистерезиса	Управление БП (запас параметров)	Идентификация индивидуальных характеристик
----------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	--	--



Система математического моделирования динамики полета летательных аппаратов (СММ ДП ЛА)

**– это диалоговый (интерактивный)
комплекс унифицированного
программного обеспечения и
методик решения прикладных задач
с высокой степенью адекватности.**



СММ ДП ЛА
ПОЗВОЛЯЕТ МОДЕЛИРОВАТЬ
произвольный участок движения
в сложных метеоусловиях
при отказах систем и органов
управления
с высокой степенью адекватности
для эффективного решения задач
ЛЁТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ



По своим возможностям СММ ДП ЛА
– уникальный комплекс, получивший признание
в авиационной промышленности и в
гражданской авиации.

СММ ДП ЛА удостоена премии Российско-
Европейского фонда развития науки и техники в
области гражданской авиации Н. Гросса.

С ее помощью осуществлялось научное
сопровождение ввода в летную эксплуатацию
самолета Ил-96-300, позволившее
авиакомпаниям "Аэрофлот – Российские
Авиалинии" существенно расширить его
эксплуатационные возможности.

Обобщенно задачи, решаемые с помощью СММ ДП ЛА, можно представить следующим образом:

I. выбор оптимальных параметров и характеристик ЛА на стадии его проектирования;

II. сертификация ЛА;

III. совершенствование Руководств по летной эксплуатации данного типа ЛА;

IV. расследование авиационных происшествий;

Каждая из этих обобщенных задач распадается на большой круг конкретных практических вопросов. Так, задачами первого рода могут быть задачи выбора оптимальных силовых установок и аэродинамической компоновки, шасси и органов управления, выбора оптимального положения закрылков, стабилизатора, расположения стоек шасси, оптимальных траекторий, и т.п.

Среди задач второго рода могут быть задачи подтверждения выполнения норм летной годности по различным параметрам (градиенты набора высоты, устойчивость, управляемость и т.д.) на различных участках траектории (взлет, посадка, уход на второй круг, движение по взлетно-посадочной полосе, и т.п.).

К задачам из третьей группы относятся задачи уточнения ожидаемых условий эксплуатации, разработка рекомендаций для особых случаев полета (например, попадание в сдвиг ветра с дождем самолета с одним отказавшим двигателем при заходе на посадку на мокрую ВПП).

Задачи четвертого рода предельно конкретизированы с точки зрения регистрируемых в полете параметров. Однако чаще всего этого недостаточно, и для выявления причин летных происшествий приходится идентифицировать и согласовывать между собой различные параметры полета, а также выявлять возможные внешние причины, не регистрируемые бортовой аппаратурой.

С помощью СММ ДП ЛА и в ее развитие решены следующие фундаментальные проблемы и практические задачи:

– разработка методов применения СММ ДП ЛА для исследования особых полетных ситуаций и разработки рекомендаций по летной эксплуатации самолета (Моисеев Е.М., Карпеев Н.Д., Ципенко В.Г., Кубланов М.С., Городничева Н.Н., Кузьмина Ю.Е., Полякова И.Ф., Усков В.П., Андрюхин В.А., Чунарёва Н.Н.);

– разработка универсальной математической модели работы шасси (вертикальных сил амортизаторов, горизонтальных сил на колесах, жесткого шасси, оценка воздействия на ВПП) (Кубланов М.С., Круглякова О.В., Бехтина Н.Б.);

– оценка влияния разнообразных внешних условий на безопасность и экономичность полетов отечественных самолетов (Ципенко В.Г., Кубланов М.С., Городничева Н.Н., Кузьмина Ю.Е., Полякова И.Ф., Усков В.П., Андрюхин В.А., Чунарёва Н.Н., Иванов В.Э., Стрелец И.В., Баннов Н.А., Мусолин Н.В.);

– эксплуатационная оценка управляемости самолета (Лесовский А.С.);

– управление безопасностью полетов посредством оценки влияния человеческого фактора, внешней среды и безотказности техники (Розов С.А.);

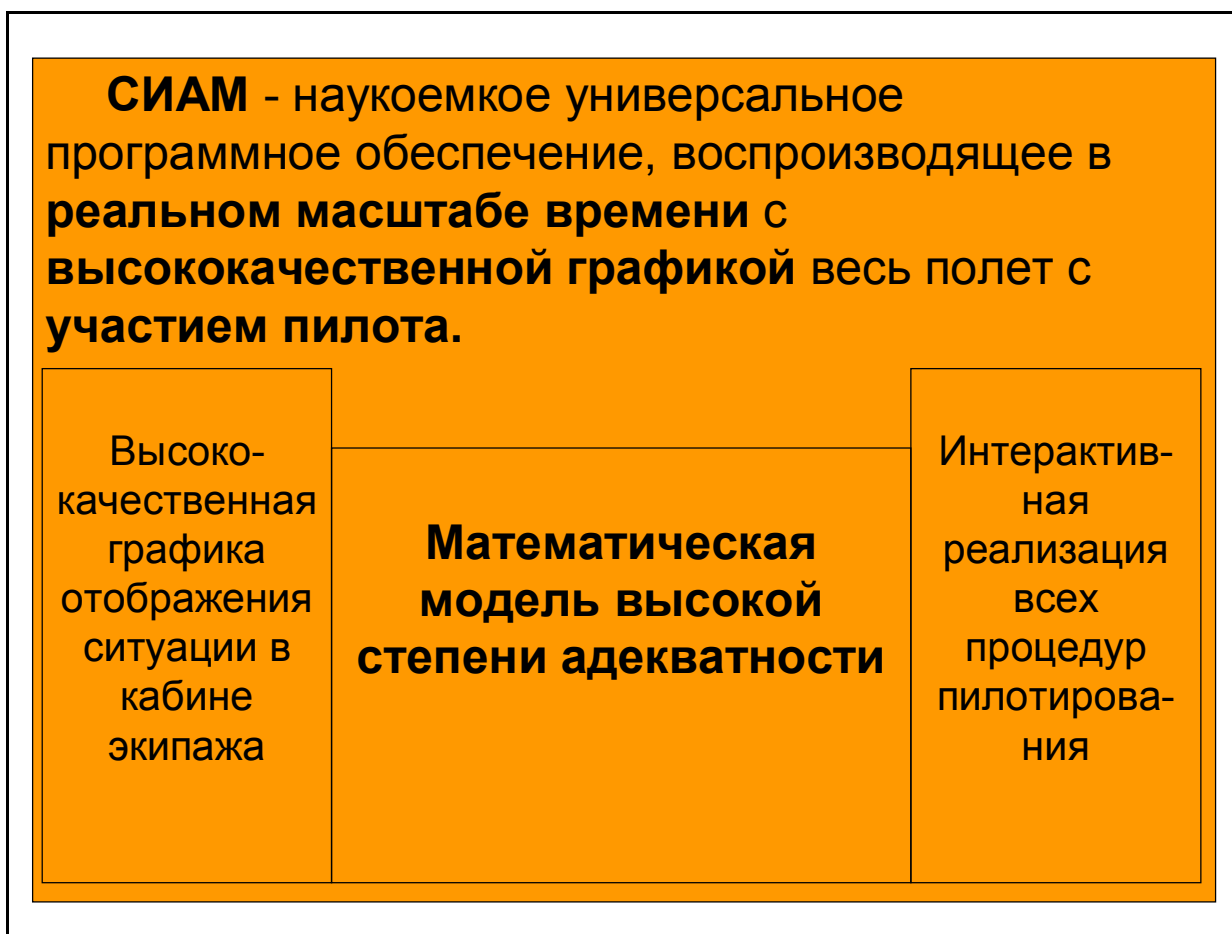
– управление безопасностью полетов посредством оценки запасов параметров при развитии опасной ситуации (Чернигин К.О.);

– физико-математическое описание явления гистерезиса и его основных характеристик (Кубланов М.С.);

– определение оптимального типоразмерного ряда аэростатических летательных аппаратов (вертолетов), выбор их основных параметров и расчет характеристик поперечной динамической устойчивости (Ципенко В.Г., Журавлев В.Н., Горяченкова М.Г., Усков В.П., Кузьмина Ю.Е.);

– идентификация индивидуальных характеристик расхода топлива экземпляра самолета (Кубланов М.С., Ефимов В.В., Чернигин К.О.).

С 1996 года начинается сотрудничество Н.С. Архипова и М.С. Кубла-
нова, приведшее к созданию **Системы интерактивного анимационного
моделирования (СИАМ) ДП ЛА.**



Возможности такой комплексной компьютерной системы поистине неограниченны – кроме упомянутых четырех родов обобщенных задач СИАМ позволяет решать еще два:

V. оценка деятельности экипажа ЛА;

VI. повышение квалификации экипажей,

а также расширяет круг вопросов первых четырех обобщенных задач.

К задачам первого рода могут добавиться задачи создания новых видов систем отображения информации, оптимальных с точки зрения эргономики; новых эффективных систем автоматического управления полетом.

Задачами второго рода станут задачи поиска оптимальных приемов пилотирования на различных участках траектории в разнообразных условиях

полета, распространение результатов летных испытаний на смежные области.

Задачи третьего рода расширятся за счет возможности получения объективных оценок условий пилотирования в особых случаях полета, в том числе и в аварийных.

К задачам четвертого рода СИАМ добавит возможность оценки человеческого фактора в стрессовой ситуации.

Задачи оценки деятельности экипажа подразумевают выработку объективной оценки пилотирования на различных этапах полета на основании расшифровки и обработки полетной информации. К этим задачам относится и задача достижения максимальной экономической эффективности полета.

К задачам шестого рода относятся переучивание на новые для экипажей типы самолетов, изучение местности и радионавигационных средств в районе новых для экипажей аэродромов, изучение особенностей пилотирования новых для экипажей самолетов в особых ситуациях.



С 2003 года научной школой кафедры АКПЛА развернуты работы по расширению возможностей СММ ДП ЛА на **динамику вертолета с грузом на внешней подвеске**.

Для решения такой неординарно наукоемкой и сложной задачи были объединены усилия:

– кафедры АКПЛА МГТУ ГА (Ципенко В.Г., Кубланов М.С., Ефимов В.В., Ефимова М.Г.);

– Московского государственного авиационного института (Технического университета) "МАИ" (Журавлев В.Н.);

– Открытого акционерного общества "Московский вертолетный завод им. М.Л. Миля" (ОАО "МВЗ им. М.Л. Миля" – Ивчин В.А.);

– Открытого акционерного общества Научно-производственная компания «Применение авиации в народном хозяйстве» (ОАО НПК «ПАНХ» – Козловский В.Б., Паршенцев С.А.).

Решаемые задачи динамики полета вертолета с грузом на внешней подвеске:

- определение безопасных режимов транспортировки грузов;**
- расширение эксплуатационных возможностей ЛА;**
- расследование авиационных происшествий;**
- оценка деятельности экипажа ЛА;**
- повышение квалификации экипажей.**