

# «Моделирование параметров атмосферы в ракетно-космической технике»

ЦНИИ 4, Москва, 18 – 19 мая 2017 года

## Д о к л а д

Разработки НИЦ "АТМОГРАФ" ретроспективных динамических моделей атмосферы для авиационной и космической практики

Авторы:

Николаев В.Г., д.т.н., Кудряшов Ю.И., к. ф.-м. н. Маслов Л.А., д.т.н.

НИЦ «АТМОГРАФ»,

ПК 6 ИСО «Стандартная атмосфера»

ТК 20 ИСО «Авиационные и космические аппараты»,

Россия, г. Москва



Докладчик: Кудряшов Юрий Иванович, к. ф. - м. н.

Тел.: +7 916 825 02 89, E-mail: [atmograph@atmograph@](mailto:atmograph@atmograph.com)  
[atmograph@gmail](mailto:atmograph@gmail.com), [atmograph@gmail.com](mailto:atmograph@gmail.com)



# НИЦ «АТМОГРАФ»: Основные направления исследования атмосферы для авиационной и ракетно-космической практики

Моделирование внешних условий полета летательных аппаратов (ЛА) в любой точке планеты и определение летно-технических характеристик ЛА всех известных типов

## «Самолетный слой» (0 – 30 км)

- планирование маршрутов и эшелонов авиационных и воздухоплавательных ЛА и обеспечение регулярности и эффективности авиационных перевозок
- проектирование и летные испытания стратосферных ЛА гражданского (*СПС-2, дирижабли*) и военного назначения (*крылатые ракеты, разведывательная и ударная авиация*)
- расчете баллистических и посадочных траекторий и мест приземления космических аппаратов, ступеней ракет носителей, специальных изделий ...



- моделировании распространения и трансграничного переноса примесей и загрязнений в атмосфере пространственного (*глобального и регионального*) и временного масштаба

## Верхние слои атмосферы (30 – 120 км)

- определение физических параметров атмосферы и баллистических траекторий ЛА



## Полетный слой атмосферы (0 – 3 км)

- моделирование полетов малой авиации и ЛА на этапах взлета-посадки



## Партнеры НИЦ «АТМОГРАФ»:





# НИИ «АТМОГРАФ»: Основные направления исследований в области атмосферы для авиационной и ракетно-космической практики

## Государственная стандартизация:

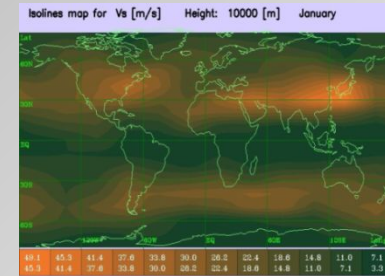
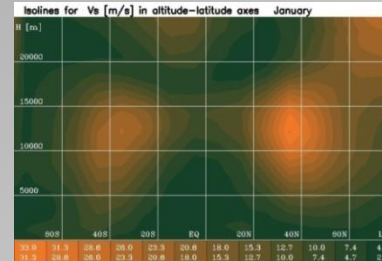
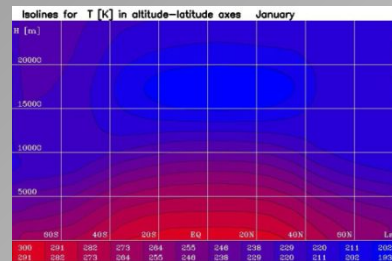
- **ГОСТ Р 53460-2009:** “Глобальная справочная атмосфера для высот от 0 – 120 км для аэрокосмической практики”
- **ГОСТ Р 54084-2010:** “Модели атмосферы в погран.слое на высотах 0 – 3000 м для аэрокосмической практики”



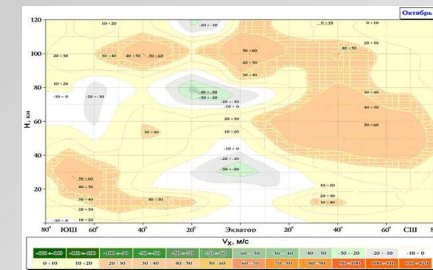
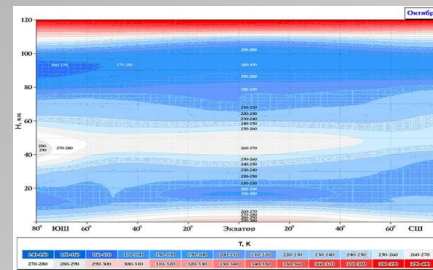
## Проекты международных стандартов

# ИСО ПК 6 ИСО «Стандартная атмосфера» ТК 20 «Авиационные и космические аппараты»

- Global Reference Atmosphere for the altitude 0 – 25 km for aerospace use: модели высотных, широтных и долготных распределений



- Global Reference Atmosphere for the altitude 30 – 120 km for aerospace use: модели высотных и широтных распределений



- Model of atmosphere in the boundary layer at Altitude 0 – 3000 m for Aerospace practices (высотные распределения параметров атмосферы в узлах координатной сетки)

## Международные партнеры НИИ «АТМОГРАФ»:





# Информационная база

- Модели атмосферы для высот 0 – 25 км разрабатываются на данных многолетних измерений атмосферных параметров (АП) на мировой сети аэрологических станций (АС) на 15 стандартных изобарических высотах от уровня моря ( $\approx 100103 \text{ Па}$ ) до 31 км ( $\approx 1103 \text{ Па}$ )

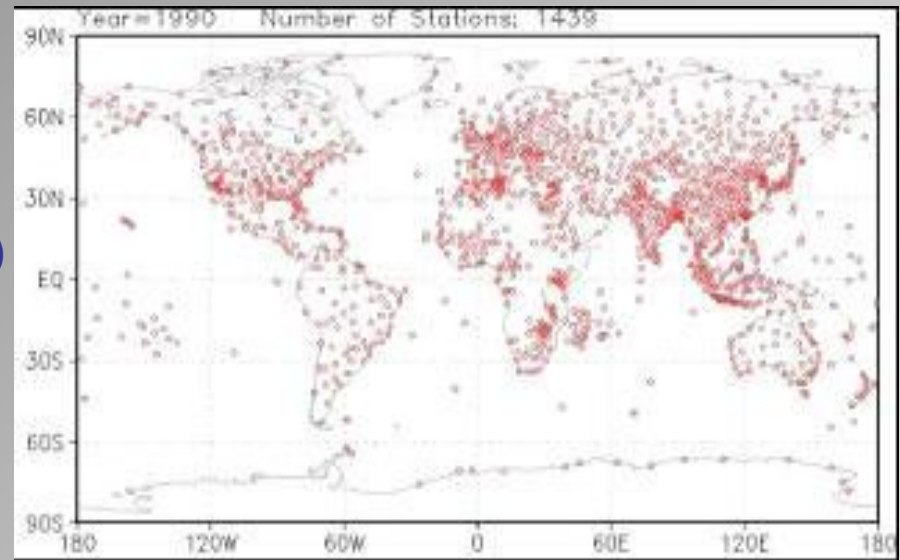
Источники: ВНИИГМИ-МЦД



и NOAA



С учетом анализа качества, длительности, полноты и однородности для моделирования были отобраны данные около 1100 АС (*из них 146 на территории бывшего СССР*).



**Данные выстроены в соответствии с хронологической временной шкалой** их реальных измерений и организованы в виде пакета программ (ПП), включающего компьютерную базу данных (БД) “Навигатор” (© "НИЦ "АТМОГРАФ") и систему управления БД – СУБД.

ПП и СУБД реализованы на языке СИ++ на персональном компьютере с достаточными вычислительными ресурсами в среде MS WINDOWS.

**Ввод параметров задачи и вывод результатов расчетов осуществляется с помощью интерфейса**, позволяющего задать таблично или на интерактивной карте Земли координаты искомой точки или точек начала и конца исследуемого участка полета ЛА, выбрать траекторию, эшелон, глиссаду, дату и время старта и скорость полета ЛА.

**Результаты расчетов нахождения ЛА и пройденного им пути в каждый момент времени** проецируются на карте всей планеты или ее региональном фрагменте цветным треком. Полетные характеристик в текущей точке нахождения ЛА, на каждом заданном участке траектории его полета и по маршруту в целом отображаются в отдельных окнах.

**Справочная и готовая к дальнейшей обработке информация** о термодинамических параметрах и ветре по траектории полета рассчитывается на каждом временном шаге, формируется и выводится в виде таблиц в формате Excel и поясняющих графиков.

Учет ветрового и динамического воздействия на ЛА при их движении в атмосфере осуществляется с помощью моделей обтекания ЛА с учетом их аэродинамических характеристик, турбулентности и изменчивости ветра и термодинамических параметров атмосферы разных временных и пространственных масштабов.

Необходимые для статистического моделирования характеристики ветра (*среднеквадратические отклонения скорости, плотность вероятности распределения по скоростям, корреляционные функции, параметры атмосферной турбулентности*) определяются по временным рядам данных срочных наблюдений на АС, репрезентативных для рассматриваемых территорий.

## **Принцип работы ретроспективной модели атмосферы**

При запуске ПП СУБД начиная с заданной даты и времени с временным шагом 6 (*при наличии измерений*) или 12 часов одновременно воспроизводит ("*оживляет*") реальные глобальные (*по всему Земному шару*) данные об АП на всех изобарических уровнях на всех включенных в БД АС в заданном программно режиме времени.

Между последовательных отсчетов измерений и между изобарическими уровнями АП определяются линейной либо сплайновой интерполяцией по времени и высоте.

АП в межстанционных промежутках определяются с расчетными погрешностями разработанным авторами методом линейной интерполяции, основанный на многократном построении интерполирующих плоскостей по данным возможных комбинаций триад АС, ближайших к расчетной точке.

По расчетным значениям АП программа рассчитывает в хронологическом порядке с заданным временным шагом параметры условий полета в каждой его точке или вдоль заданной траектории, эшелона или глиссады полета ЛА.

# Преимущества ретроспективной модели атмосферы

ПП и СУБД предусматривает "оживление" атмосферы в любой заданный интервал времени за период 1960 - 2016 г. (*предусмотрено пополнение БД данными новых измерений*)

Многократным "оживлением" атмосферы в разные периоды времени модель обеспечивает многократную адекватную реальной действительности реконструкцию глобальных пространственно-временных полей ветровых и термодинамических параметров атмосферы и реальных условий полета до высоты  $\approx 30$  км

**По существу, ретроспективная модель воспроизводит полетные условия и частично заменяет полетные эксперименты и испытания**

Точность таких "полетов" ЛА ограничивается погрешностями временной (*между сроками измерений*) и высотной (*между изобарическими уровнями*) интерполяции и неточностями моделирования аэродинамического взаимодействия ЛА с атмосферой.

## Перспективы применения "ретроспективной" модели и ее компьютерной реализации:

- планирование новых и оптимизация существующих полетных маршрутов авиации;
- планирование и оптимизация летных испытаний авиационной и космической техники;
- проектирование и определение летно-технических данных ЛА военного назначения (крылатых ракет, высотной разведывательной и ударной авиации) с учетом реальных АП;
- оптимизация времени запуска и посадки ракетной и космической техники;
- расчете посадочных траекторий и мест приземления космических аппаратов, ступеней ракет носителей, специальных изделий;
- моделировании процессов распространения и трансграничного переноса примесей и загрязнений индустриального и природного происхождения в атмосфере в глобальном и региональном масштабе, в том числе большой длительности (до года и более).

Спасибо за внимание.

Готовы к сотрудничеству ...



Тел./факс: +7 916 825 02 89, +7 916 068 85 46

E-mail:

[atmograph@atmograph@gmail.com](mailto:atmograph@atmograph@gmail.com)

Site: <https://sites.google.com/site/atmograph/>