



«ЦУП из коробки» (Российский STK) –  
цифровая платформа для разработки  
аэрокосмических систем

[ivan.samylovskiy@cosmos.msu.ru](mailto:ivan.samylovskiy@cosmos.msu.ru)

<https://astro-dynamics.ru/>

07.08.2023 г.



# Актуальность проекта



- Различным пользователям, начиная от школьных учителей и преподавателей ВУЗов, заканчивая специалистами центров управления полетами, интересны программы, моделирующие движения тел в околоземном пространстве, проводящие баллистические расчеты и, конечно, моделирующие 3D сцены на основе таких расчетов
- Для научных и коммерческих целей нужны программные продукты отечественного производства, позволяющие проводить баллистические расчеты в реальном времени с высокой точностью



# Проблема



- Потребность в программных средствах управления многоспутниковыми группировками (быстрое построение оптимальных и суб-оптимальных стратегий управления)

- Необходимость разработки и внедрения отечественных программных решений («Российский STK») для проектных расчетов космических систем, а также их моделирования и управления ими
  - Должны работать под ОС специального назначения
  - Должны поддерживать функциональность работу как с группировкой в целом, так и с узлами отдельных аппаратов
  - Должны обладать разумной универсальностью (диапазон орбит, состав моделируемых средств, настройка «нагрузки» отображения, ближний-дальний космос)



# Решение:

«STK от МГУ» – программный комплекс MIDE (интегрированная среда разработки миссий)



- Функциональное ядро – полностью отечественной разработки
- Основа – опыт коллектива ФКИ МГУ в разработки САПР для космоса:
  - Моделирование манёвров
  - Моделирование выработки электроэнергии, теплового потока, освещенности
  - Моделирование работы СЭС
  - Моделирование радиолинии «Земля-борт»
  - Моделирование работы системы стыковки
  - Планирование съемки ДЗЗ
  - Планирование и реализация сеансов связи в S,X-диапазонах
- Модульная, расширяемая, достраиваемая структура для разработки собственных приложений.
  - В настоящее время разрабатывается графическая оболочка на Unreal Engine
  - В настоящее время разрабатываются плагины Python
- Постоянно развивающаяся функциональность
- Кроссплатформенность: MS Windows, Astra Linux 1.5, Astra Linux 1.6 Common, Special Edition





# Текущая функциональность “под ключ”



Демо-версия доступна на сайте

## Моделирование КА:

- Движение ЦМ **пассивное**:
  - SGP4 / SDP4, оскулирующие элементы
  - уравнения движения, с учетом:
    - Геопотенциала (EGM96 + .grv-файлы)
    - Атмосферы
    - Светового давления
    - Неравномерности вращения Земли
    - Гравитации планет
- Движение ЦМ **активное** : цепочки импульсных маневров с выбором СК привязки, направления,  $\Delta V$
- Моделирование группировок (см. примеры)
- Моделирование приборов: оптика, радио
- Вращательное движение:
  - Стабилизированное относительно СК
  - Кинематические уравнения Эйлера

## Для **ВСЕХ** моделируемых объектов доступны:

- Пользовательское создание систем координат, точек, векторов, плоскостей, углов
- Треки точек и векторов
- Механизм построения отчетов

## Моделирование окружающего пространства:

- Звезды
  - Пользовательский ввод
  - Загрузка звездного каталога
- Планеты
  - Эфемериды DE (JPL)
  - Эфемериды VSOP
  - Аналитические модели

## Наземные станции:

- Аналогично КА: расположение относительно выбранной СК, оптические / радио устройства
- Зоны видимости



# Планы развития



## Модернизация

Моделирование КА:

- Активные участки траектории + двигатель малой тяги
- Моделирование «связок» объектов (КА + разгонный блок, выведение полезной нагрузки, орбитальная станция)
- Генерация измерений приборов в соответствии с моделью ошибок
- Вращательное движение:
  - Динамические уравнения Эйлера с учетом возмущающих моментов
- Моделирование среды:
  - Тайловая структура виртуального глобуса, включая тайлы рельефа
  - Векторные данные на глобусе, включая дороги, каналы связи и т.д.

## Мультиагентные технологии

- Планировщик расписаний для оптической аппаратуры группировки ДЗЗ:
  - На входе – набор КА с приборами, набор объектов (наземных, космических) съемки, набор наземных станций + ограничения по памяти, энергетике, кинематике, динамике;
  - На выходе – суб-оптимальное расписание работы камер КА, наземных станций для обеспечения съемки и сброса.
- Планировщик расписаний для радарной съемки.

## Масштабирование

- Оптимизационные расчеты: окна запуска, расчет цепочек коррекций
- Моделирование миссий в дальний космос (по данным Спектр РГ, ЭкзоМарс)
- Моделирование космического мусора техногенного и естественного происхождения

## Формирование системы сервисов

- Система плагинов для настройки функциональности под конкретного заказчика
- Веб-сервис для отображения ситуации в ОКП в браузере

Демо-версия планировщика доступна на нашем сайте :

<http://astro-dynamics.ru/astroportal>



**Спасибо за внимание!**

Обновления, контакты, демонстрационные материалы  
доступны на нашем сайте <https://astro-dynamics.ru/>