

**Место функционального моделирования
в задачах отработки встроенного программного
обеспечения систем реального времени**

Гореликов Л.Ф.

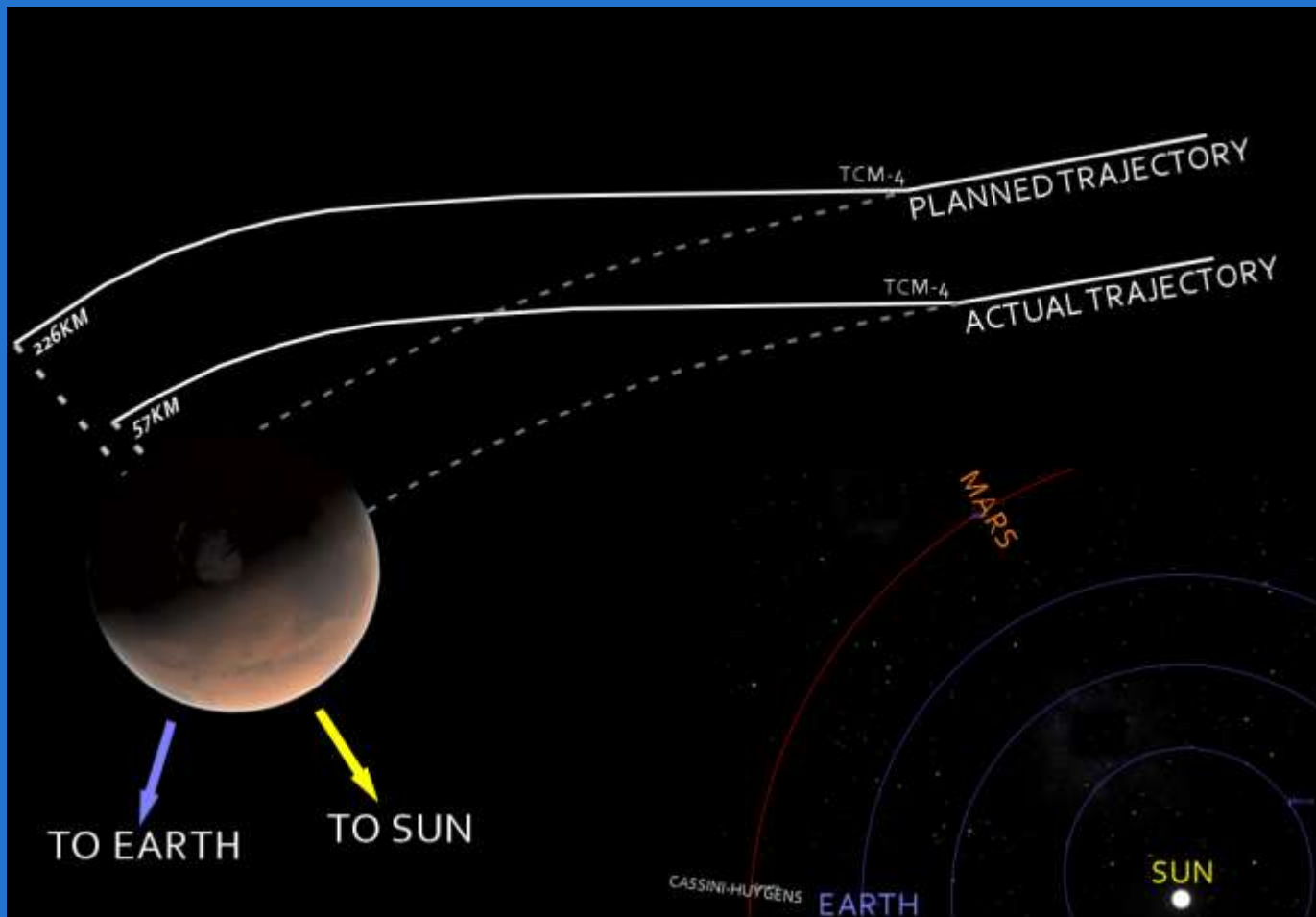
Соколов Н.В.

НТЦ Модуль

Ретроспектива громких аварий с участием ПО

- Ariane 5 (1996 г.)
- Mars Climate Orbiter (1999 г.)
- РБ «Фрегат» с космодрома Восточный (2017 г.)

Ретроспектива аварии Mars Climate Orbiter



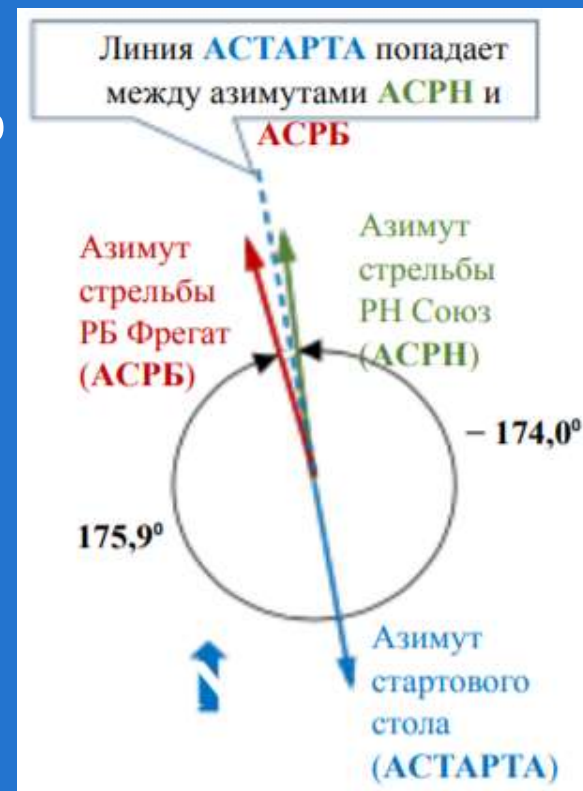
Ретроспектива аварии РБ «Фрегат» при запуске с космодрома Восточный

Расчетный угол рассогласования:

$$АСРБ - АСРН = 175,9^\circ - (-174,0) = 349,9^\circ$$

Физический угол рассогласования:

$$АСРБ - АСРН = |349,9^\circ - 360^\circ| = 10,1^\circ$$



Терминология

Имитационное моделирование — метод исследования объектов, основанный на том, что изучаемый объект заменяется имитирующим объектом (например, функциональной моделью)

Функциональная модель — модель, предназначенная для изучения особенностей работы (функционирования) системы и её назначения во взаимосвязи с внутренними и внешними элементами

Особенности отладки встроенного ПО систем реального времени

- разработка ведётся с использованием кросс-средств разработки
- невозможность воспроизведения некоторых ситуаций в лабораторных условиях
- сильная взаимосвязь ПО с внешними воздействиями на вычислительную систему разной физической природы

Требования к эмулятору БЦВМ

- эмулятор должен быть функционально эквивалентен аппаратному прототипу БЦВМ на уровне функциональных узлов и связей между ними и быть полностью программно совместимым с ним
- эмулятор должен работать как в режиме реального времени, так и в режиме масштабированного (относительно к реальному) времени
- эмулятор должен обладать специализированными интерфейсами, расширяющими возможности отладки исполняемого на нём ПО
- эмулятор должен иметь возможность интеграции с реальным оборудованием в составе стенда имитационного моделирования

Полносистемные эмуляторы

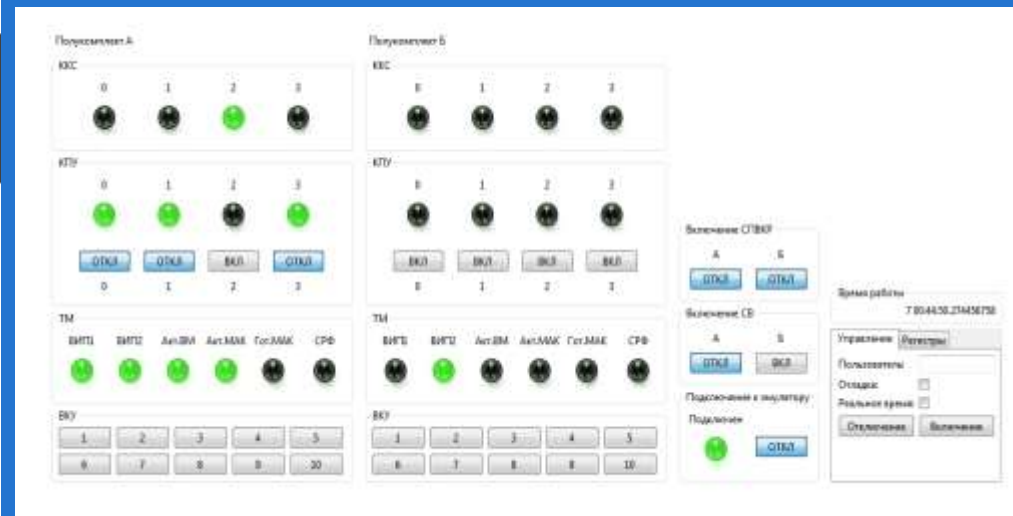
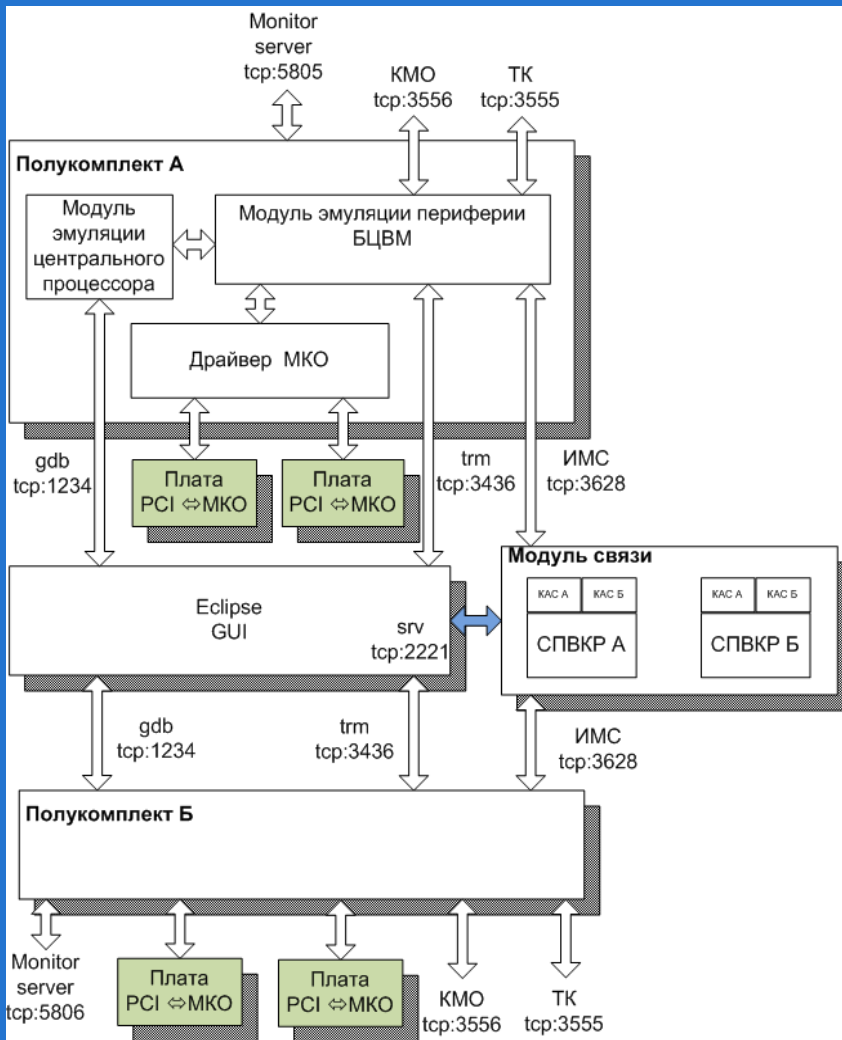
- Simics (Wind River)
- OVPSim (Imperas)
- QEMU



Анализ возможности применения полносистемных эмуляторов

	Функциональная эквивалентность	Работа в реальном времени	Интерфейсы отладки	Интеграция с оборудованием	Доступ к исходным кодам
Simics					
OVPSim					
QEMU					

Архитектура эмулятора БЦВМ



Примечания:
 * Указанные номера портов являются значениями по умолчанию и могут быть переопределены в конфигурации программного модуля
 * На схеме не детализирован полукомплект Б секции вычислителя. Он является копией полукомплекта А.

Понятие «реального времени» для эмулятора

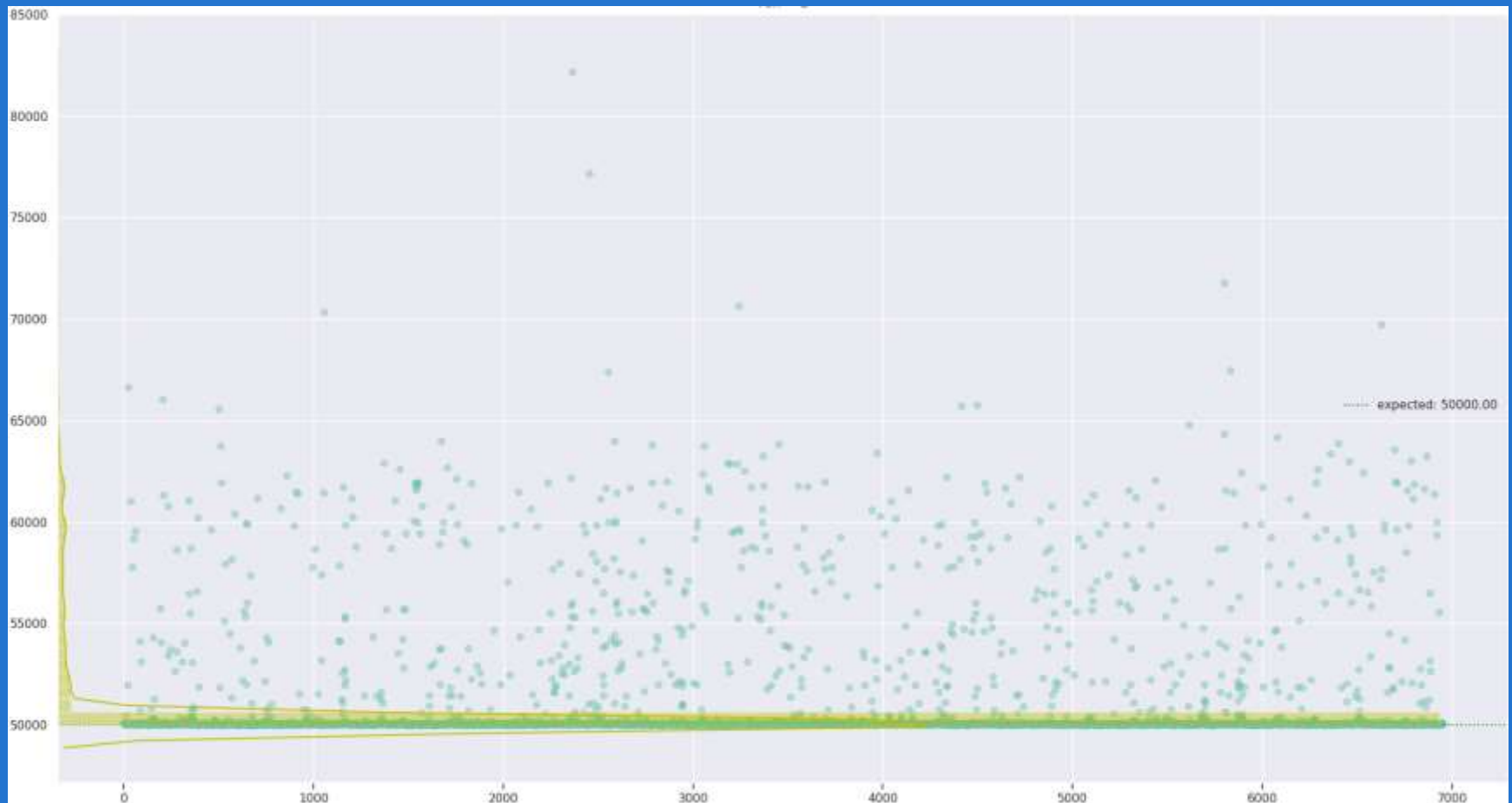
В общем случае режим реального времени для эмулятора должен регулировать:

- скорость исполнения потока управления гостевого кода
- время доступа к различным областям памяти для гостевого кода
- скорость ввода-вывода информации через различные интерфейсы
- точность и равномерность работы таймеров и счетчиков

Временные характеристики эмулятора: таймера (без регулирования)



Временные характеристики эмулятора: таймера



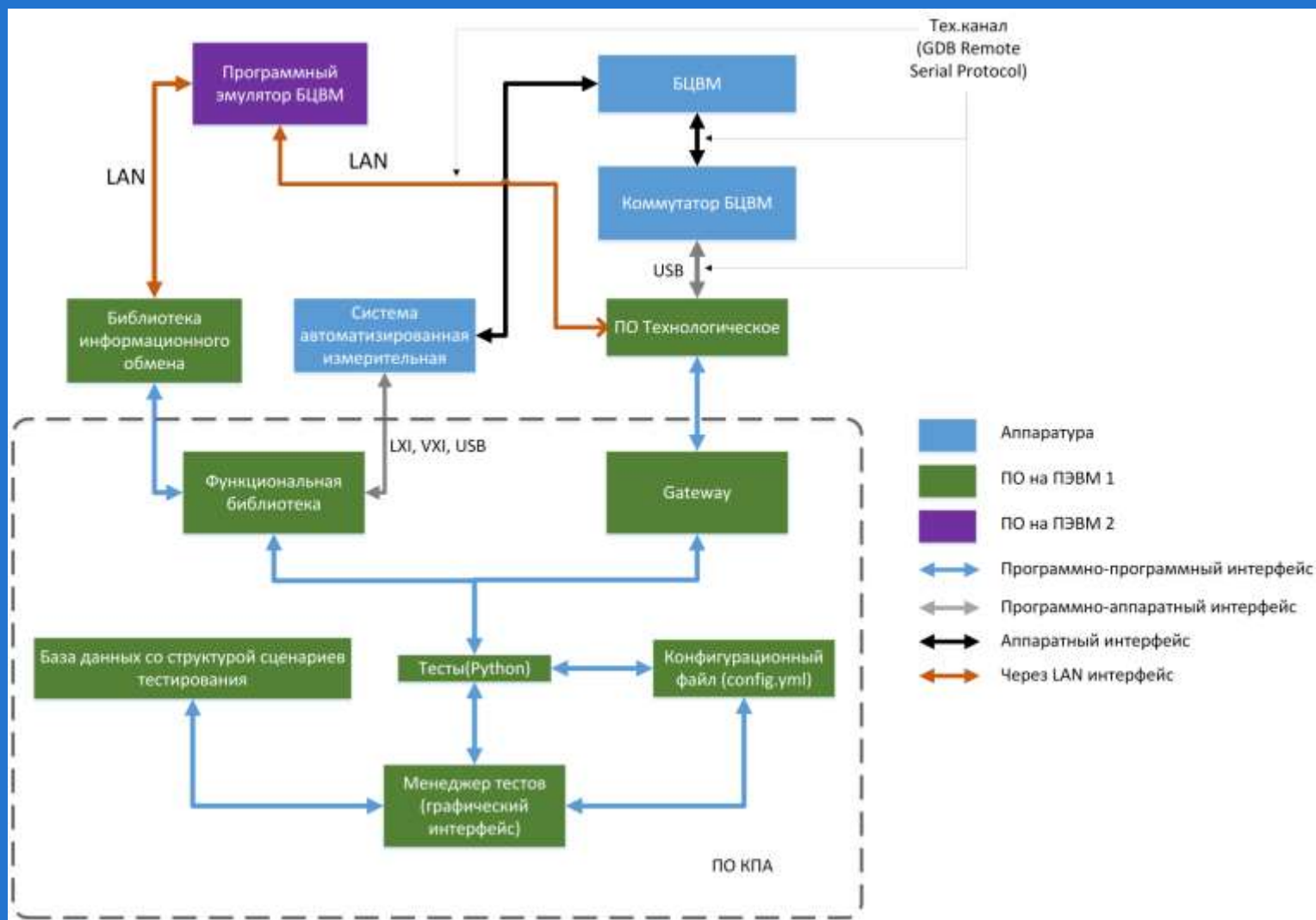
Временные характеристики эмулятора: таймера (длительный замер)



Временные характеристики эмулятора: скорость исполнения потока управления

	icount shift=auto	icount shift=25
Coremark	2500 Iteration/Sec	44 Iteration/Sec
Dhrystone	1406 DMIPS	19 DMIPS
Whetstone	54 MFlops	4.25 MFlops

Верификация и валидация эмулятора



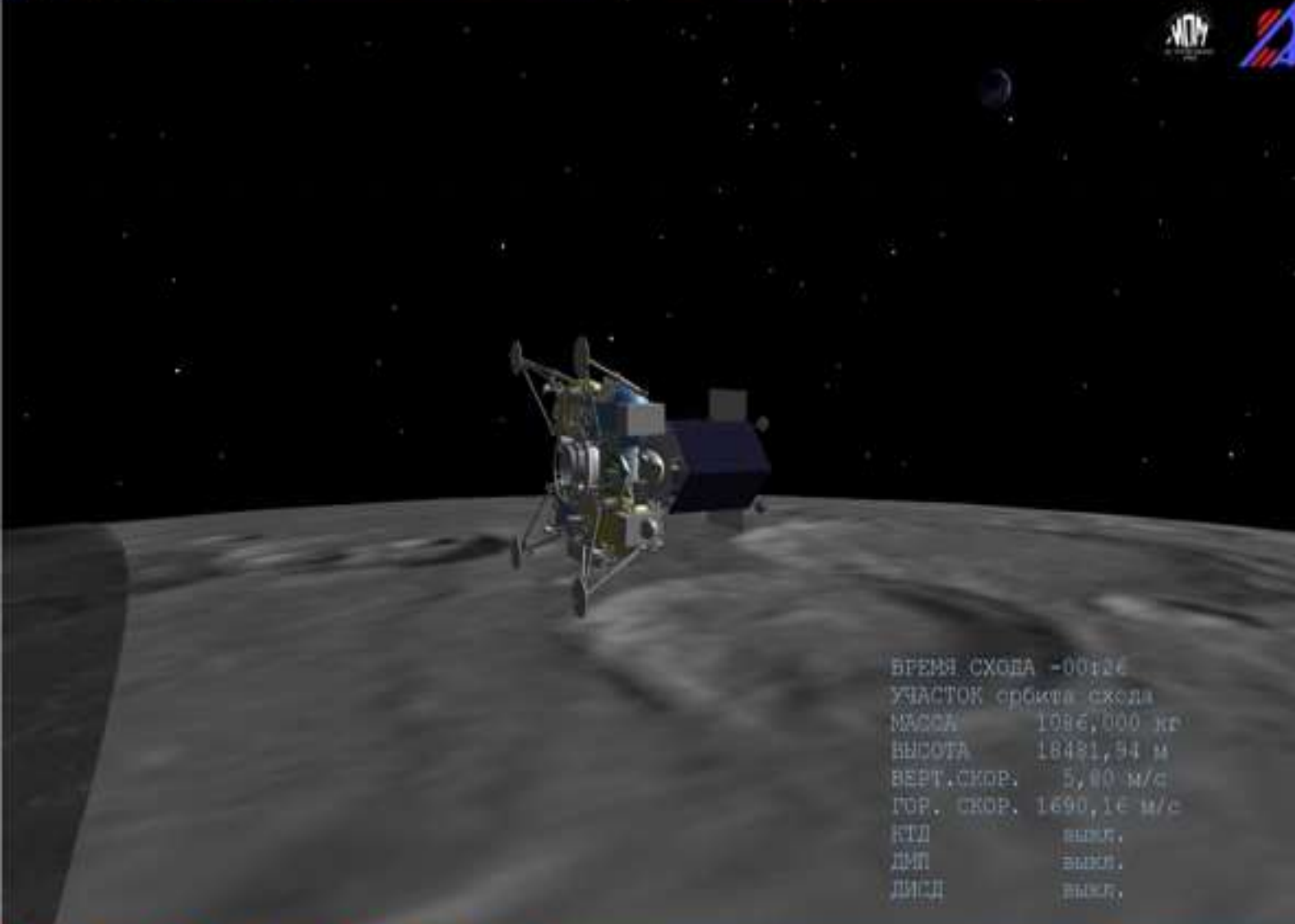
Практическая польза применения эмулятора (функциональной модели)

- увеличение полноты проверок и покрытия кода
- возможность эффективно обрабатывать ПО на стендах имитационного моделирования
- ускорение процесса разработки в целом за счет отсутствия разделяемого между разработчиками ресурса целевой системы
- возможность в полной мере реализовать методологию CI с автоматическим запуском тестирования (gitlab CI + эмулятор + ПО КПА)



Спутник | Параметры | Дополнительно

Дата/Время: 20.01.2016 06:22:04	Спутник/Полет
Масса: 1086,000 кг	Масса
Скорость: 2090,17 м/с	Speed
Высота: 20481,94 м	Altitude
Верт. скор.: 5,00 м/с	W
Гор. скор.: 1690,16 м/с	W
Широта: -41,790 °	Latitude
Долгота: 43,938 °	Longitude



ВРЕМЯ СХОДА -00:126
 УЧАСТОК орбита схода
 МАССА 1086,000 кг
 ВЫСОТА 18481,94 м
 ВЕРТ. СКОР. 5,00 м/с
 ГОР. СКОР. 1690,16 м/с
 КИД ВЫСЛ.
 ДМП ВЫСЛ.
 ДМСД ВЫСЛ.

