

## **Секция 2. Профессиональная деятельность космонавтов.**

### **АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ К УПРАВЛЕНИЮ МАНИПУЛЯТОРОМ ERA МКС В КОНТАКТНОЙ ФАЗЕ ПРИЧАЛИВАНИЯ**

**А.Г. Лесков, В.В. Илларионов, С.Д. Морошкин**

**(МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва)**

**А.В. Яскевич, В.М. Мирхайдаров**

**(РКК «Энергия» им. С.П. Королева, г. Королев)**

**Введение.** Причаливание является одной из основных сборочных операций, выполняемых космическим манипулятором ERA МКС. Заключительная фаза этой операции включает механический контакт между стыковочными устройствами (СтУ), размещенными на МЛМ МКС и полезном грузе (ПГ). Упругость звеньев ERA, нелинейная динамика приводов, инерция и удаленность центра масс ПГ от такелажного элемента обуславливают возможность возникновения неуправляемых колебаний. Следствием могут явиться недопустимо большие боковые и угловые рассогласования СтУ и значительный рост контактных сил. Степень проявления этих негативных факторов в существенной мере зависит от уровня подготовки операторов. Проблема усугубляется отсутствием штатных тренажных средств для обучения операторов управлению манипулятором ERA в контактной фазе причаливания. В докладе предлагается использовать для этих целей специализированный аппаратно-программный комплекс (АПК).

**Структура АПК.** АПК состоит из трех взаимосвязанных программных подсистем: модель манипулятора ERA, перемещаемого ПГ и пульта внутреннего интерфейса IMMI ERA, модель телекамер, модель контактного взаимодействия стыковочных устройств (СтУ) (рисунок 1).

Подсистемы размещены на 5 серийных компьютерах, связанных по сети. Компьютер 1 реализует модель манипулятора и ПГ, компьютер 2 – модель IMMI. Программное обеспечение компьютера 3 генерирует для трех мониторов 3D-изображения аналогичные тем, которые формируются прицельной, репортажной и обзорными телекамерами. В качестве ПГ в АПК выступают шлюзовая камера (ШК) и радиатор теплоотводящий дополнительный (РТОд). ШК удерживается ERA с помощью механического адаптера. На компьютере 4 функционирует программное обеспечение для расчета сил контактного взаимодействия СтУ. На компьютере 5 размещена система визуализации элементов СтУ и точек их контакта.

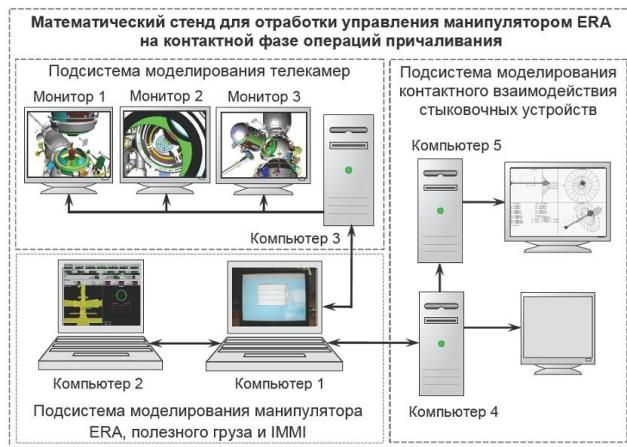


Рисунок 1. Структура АПК.

**Подсистемы АПК.** Подсистема манипуляторов ERA, ПГ и IMMI. В составе этой подсистемы модели исполнительного механизма (ИМ) ERA, приводов шарниров и планировщика траекторий. ИМ представлен состоящим из 8 звеньев, три из которых - упругие. Приводы шарниров следящие. Планировщик траекторий формирует управляющие сигналы на приводы для команд Jog и Step и др. операций. Пульт внутреннего интерфейса моделирует облик и функции IMMI ERA. Подсистема моделирования телекамер обеспечивает расчет и визуализацию телевизионных изображений 3-х телекамер на основе относительного положения ERA, стыкуемых объектов (ШК или РТОд) и МЛМ. Подсистема контактного взаимодействия осуществляет расчет контактных сил на основе графического представления элементов СтУ без использования аналитических уравнений связей, что важно для обеспечения необходимого быстродействия всей системы.

Специальные программные модули обеспечивают взаимодействие подсистем в реальном масштабе времени под управлением операционной системы Widows.

**Выводы.** В настоящее время актуальной является задача подготовки операторов к управлению манипулятором ERA МКС в контактной фазе операции причаливания. Для решения этой задачи предлагается использовать специализированный АПК, реализующий компьютерные модели манипулятора ERA, перемещаемого ПГ и пульта внутреннего интерфейса IMMI ERA, модель телекамер, модель контактного взаимодействия СтУ ПГ и МЛМ Российского сегмента МКС. АПК выполнен на базе 5 серийных персональных компьютеров, связанных по сети.