

УДК.744 (075.8)

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ЧЕЛОВЕКОМ-ОПЕРАТОРОМ РТС

В.Г.Ли

Таганрогский технологический институт  
Южного федерального университета

Работа посвящена проблеме наземной подготовки операторов РТС типа ERA, размещенных на поверхности МКС, в процессе имитационного моделирования внекорабельной деятельности

Функциональная архитектура виртуальной рабочей зоны для целей моделирования ВКД с использованием РТС в компьютерной реализации включает в себя следующие основные компоненты:

- виртуальные модели стационарных и динамических объектов;
- математические модели кинематики и динамики поведения динамических объектов;
- виртуальные имитаторы устройств ввода/вывода управляющей информации;
- каналы обмена управляющей и графической информации;
- пользовательские интерфейсы обеспечения интерактивного информационного и организационного взаимодействия космонавта-оператора и других участников экспериментов;
- алгоритмы и технологии программного взаимодействия участников в сетевом варианте имитационного моделирования.

Космонавт-оператор имеет возможность управлять РТС с помощью технологии формирования изображения рабочей зоны на экране его графической станции.

Разработанные средства целеуказаний и управления обеспечивают работу РТС в реальном масштабе времени.

В предлагаемой технологии вводится альтернатива громоздкому стационарному пульту управления приводами манипулятора, а именно идентичная по характеристикам и функциям виртуальная модель пульта с возможностью реализации 3-х мерного целеуказания. 3-мерное целеуказание осуществляется с помощью упрощенной модели реального пульта управления (рис.1).

Рассмотрим технологию программной реализации виртуального пульта управления РТС в процессе имитационного моделирования ВКД космонавта-оператора.

Виртуальные пульты, используемые в интерактивной системе управления робототехническими системами для космонавта-

оператора в скафандре, являются объектно-ориентированными пультами. Это означает, что функционально пульт настроен на выполнение конкретной задачи, как то: целеуказание, которое определяет точку пространства ВКД в мировых координатах, подача управляющей команды двигателю РТС, настройка визуализированного изображения пространства ВКД и т.п.

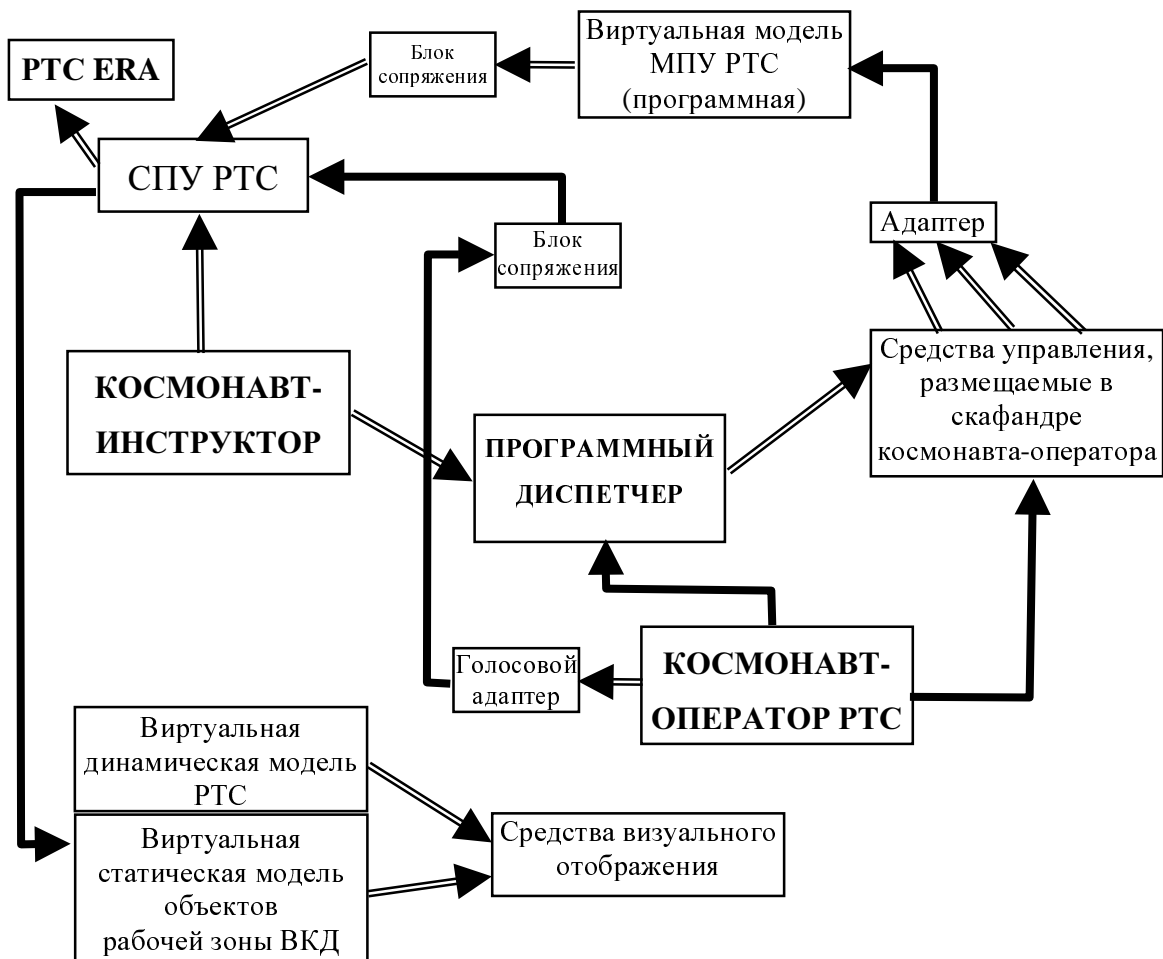


Рис. 1. Функциональная схема реализации системы дистанционного управления РТС

Виртуальный пульт предназначен для космонавта-оператора, который через пользовательский интерфейс может управлять манипулятором ERA.

Оператор может:

- Управлять манипулятором.
- Наблюдать оперативно изменяющееся пространство ВКД.
- Видеть возможные последствия выбранной траектории.

- Отменить ошибочное действие, задав другое управляющее воздействие.
- Управлять точкой наблюдения.

В предлагаемой системе возможны 3 режима работы подсистемы визуализации динамических виртуальных сцен:

- обзор из неподвижной внешней точки;
- с помощью имитатора автономного переносного пульта управления;
- изображение зоны работ с произвольных виртуальных телекамер.

В разработанном варианте реализации технологии распределенного имитационного моделирования элементов виртуальной реальности рабочее место космонавта-оператора снабжено двумя компьютерами. На первом компьютере моделируется рабочее окно оператора, включая окна состояния объектов текущей сцены, окна текущих сцен, предусмотренных заданным сценарием сеанса испытаний; служебная и методическая информация, аналогичная информации, отображаемой на компьютере инструктора, включая табло индекса напряженности для самооценки физиологического состояния (ФС). На втором – отображается сцена СВР, являющаяся визуальным обеспечением оператора дополнительной информацией: изображение сцены из произвольной неподвижной точки пространства (для облегчения ориентации); изображение, получаемое от телекамер, расположенных, например, на манипуляторе ERA (для точного определения местоположения и ориентации его составных частей); кадры визуализации дополнительных средств технического зрения. Второй частью визуальной информации, наблюдаемой оператором, является окно ФС оператора, представляющее собой (например) условное графическое двумерное изображение некоторого точечного (или более сложного) объекта в некотором неоднородном пространстве. Окно ФС располагается в верхней левой части виртуальной сцены.

В окне оператор видит свое текущее ФС, процесс его изменения во времени (след-траектория движения), а также точку в центре окна, соответствующую идеальному ФС.

Построение визуальной сцены должно осуществляться с частотой не менее 20 кадров в секунду, при развертке экрана больше 100 Гц. Построение окна ФС осуществляется с частотой не менее 10 Гц, это означает, что цикл обработки данных должен быть выполнен не менее, чем за 100 мс.

На рис. 2 представлена программная архитектура модели виртуальной среды ВКД, реализующей технологию дистанционного управления РТС типа ERA.

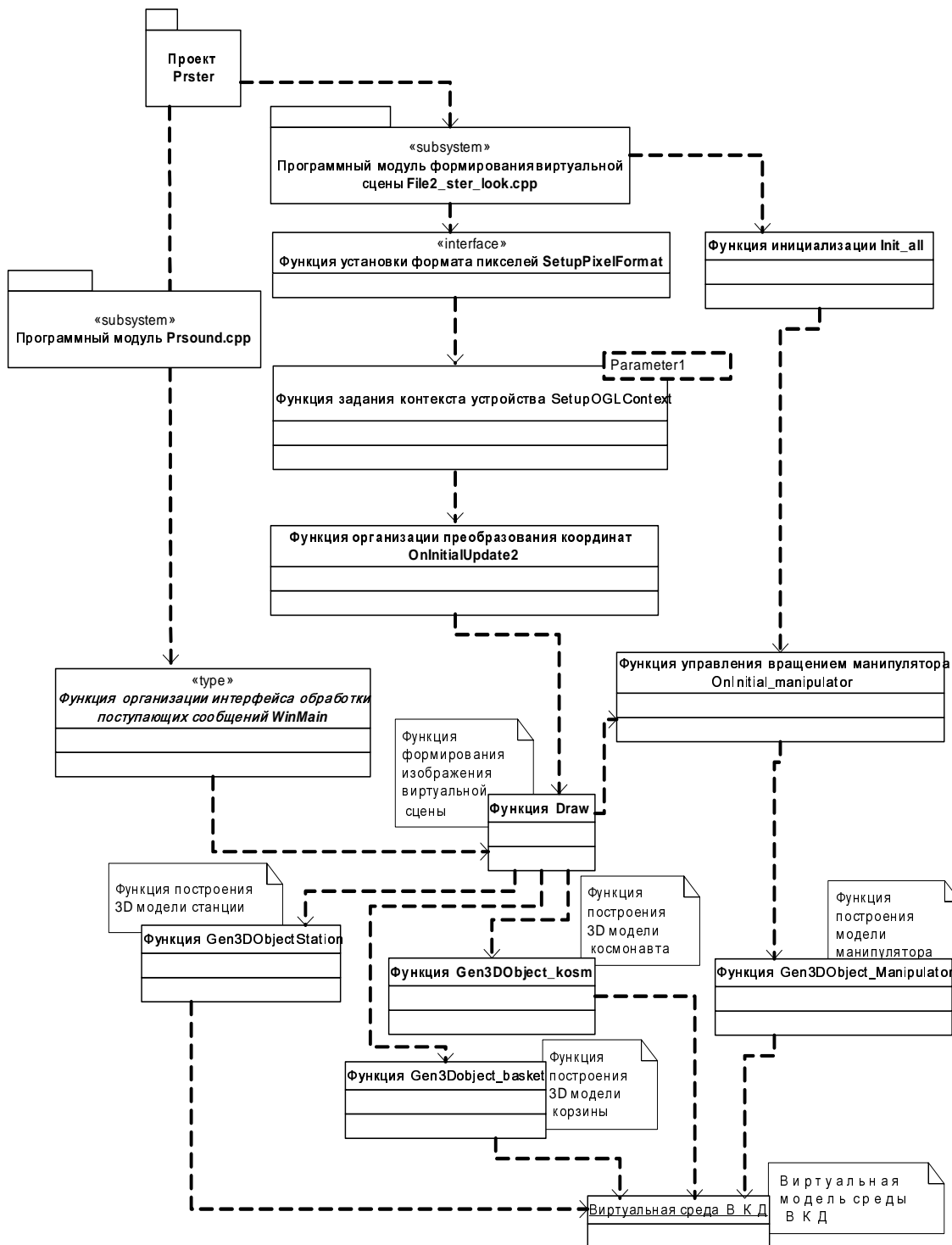


Рис. 2. Программные компоненты организации модели виртуальной среды ВКД

## Программные компоненты организации модели виртуальной среды Prster

WinMain – Основная функция организации оконного интерфейса

*File2\_ster\_look* – модуль, в котором формируется  
*SetupPixelFormat*.

После того, как найден формат пикселей, наиболее полно совпадающий с требуемым, он устанавливается в контексте устройства функцией *SetPixelFormat*.

*SetupOGLContex*. Контекст воспроизведения задается разработанной функцией *SetupOGLContext*, которая кроме перечисленных выше действий определяет некоторые действия по заданию начальных параметров отображения и инициализации. В ней определены параметры наложения текстур, параметры прозрачности, смещения цветов, глубины изображения. Здесь также заданы матрица модели (*modelview matrix*) и матрица проекций (*projection matrix*).

Виртуальный пульт, который представлен на рис. 3, можно использовать в двух режимах:

1. Кнопочный – интерактивное управление рабочими органами манипулятора с помощью маркера (виртуальной мыши) – верхнее поле пульта.

2. Голосовой – интерактивное управление рабочими органами манипулятора голосовыми командами – нижнее поле пульта.

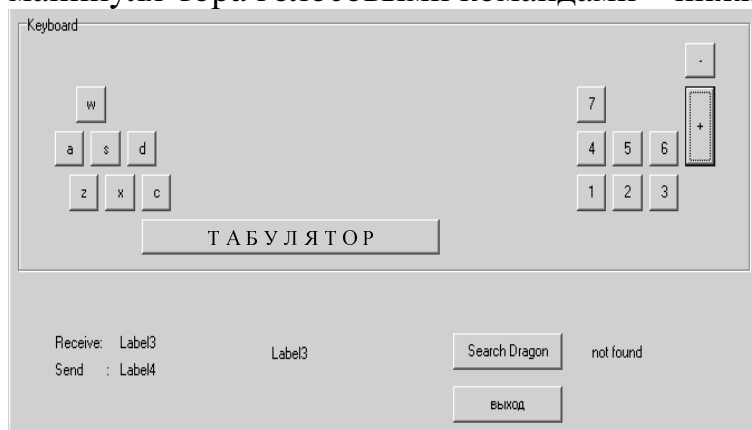


Рис.3. Виртуальный пульт манипулятора типа ERA двойного назначения

Кнопка «Табулятор» пульта переключает нумерацию двигателей в зависимости от вида фиксации манипулятора на поверхности МКС – фалангой «А» или «Б». Кинематическая схема виртуальной модели РТС представлена на рис. 4.

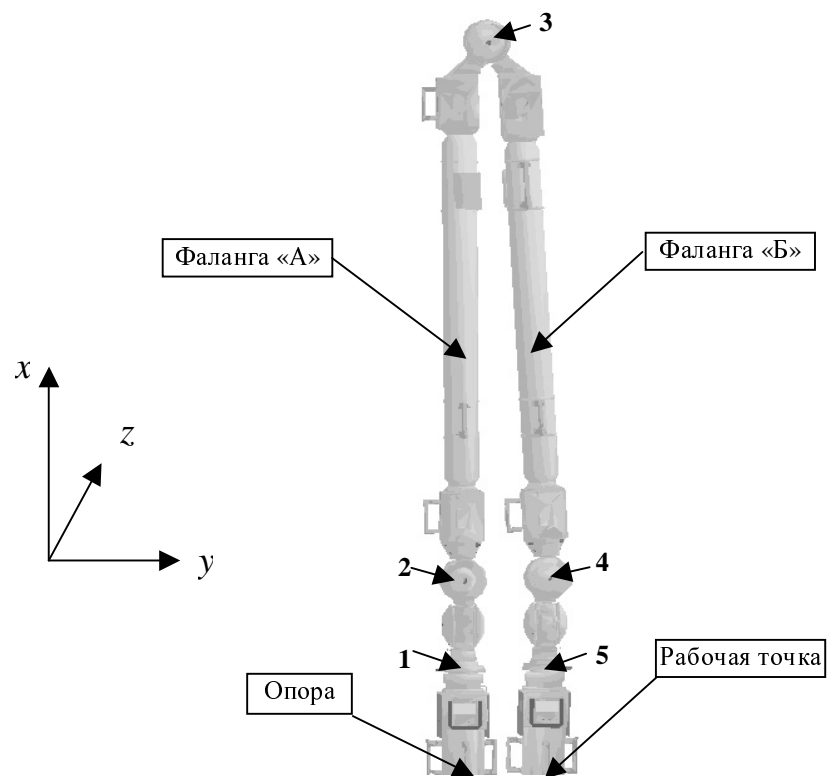


Рис. 4. Обозначение двигателей и локальная координатная система виртуальной модели манипулятора

Компоновка рабочего окна оператора РТС представлена на рис. 5.

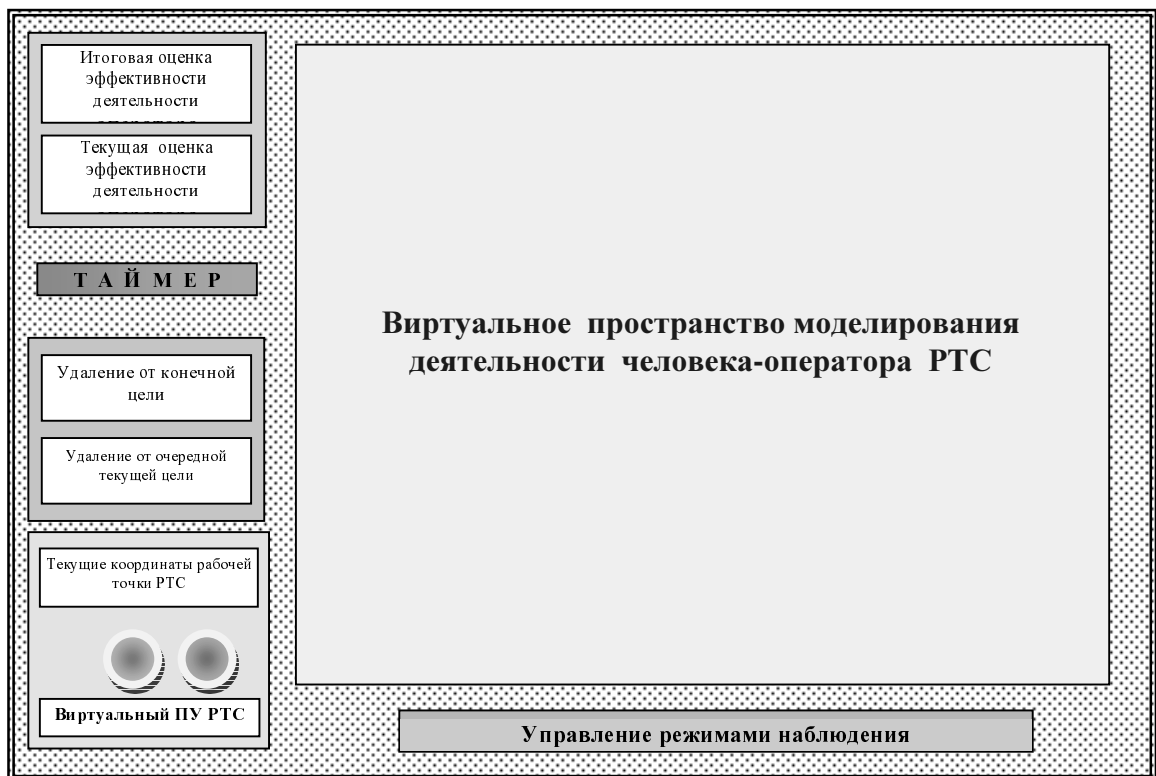


Рис. 5. Архитектура графического интерфейса оператора РТС

Панель рабочего окна «Управление режимами наблюдения» представляет из себя меню с всплывающими опциями, как показано на рис. 6.

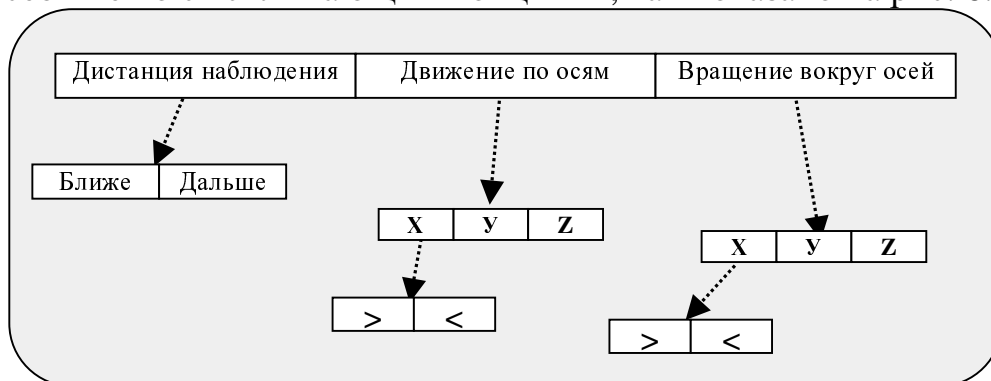


Рис. 6. Панель опций всплывающего меню «Управление режимами наблюдения»

В процессе эксперимента необходимо обеспечить визуальное сопровождение всех этапов деятельности оператора, а именно:

- интерактивное включение одного или нескольких двигателей (при этом включенный(ые) двигатель(и) должен изменить окраску)
- интерактивное управление направлением движения (вращения) двигателей (круговой диаграммой);
- интерактивное управление точкой наблюдения (при попадании курсором в соответствующую область должна появляться соответствующая координатная система для 3D-управления).
- оперативное отображение фактов коллизий;
- отображение факта окончания (успешного или неуспешного) сеанса испытаний.

СТРАТЕГИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА – выполнить задание за ограниченное время при минимальном количестве включений и переключений каждого из пяти двигателей при минимальном по длине перемещении рабочей точки.

#### Уровни сложности тестирующей программы.

1. Перемещение по дуге (режим обучения, требуется определить какой двигатель в каком направлении включить). В данном режиме координаты цели перемещения должна задаваться автоматически.
2. Перемещение по прямой (работа двумя и более двигателями).
3. Последовательное перемещение (всеми двигателями). В данном режиме необходимо конечную точку задавать таким образом, чтобы один из поворотов выполнялся на 180 град.
4. Перемещение с передвижением манипулятора (т.е. смена фиксированной опоры). Задание конечной точки выполняется таким образом, чтобы полностью раскрытый манипулятор не доставал до нее.
5. Движение по заданной траектории.
6. Движение с наличием препятствий.

7. Движение с увеличенным числом препятствий или со сменой базовой опоры манипулятора (т.е. многие параметры могут использоваться как умножение сложности).
8. Как дополнительные параметры сложности можно использовать:
  - засветление от точечного источника с заданием силы света;
  - затемнение всей сцены (уменьшение gamma как пропорциональное уменьшение яркости);
  - дрожание экрана.

#### Критерии оценки эффективности деятельности оператора.

1. Мера отклонения от идеальной траектории безопасного перемещения манипулятора.
2. Оптимальное время, требуемое на полное перемещение и реальное время перемещения за вычетом (пауза, просмотр help, изменение вида просмотра и т.д.).
3. Учет дополнительных параметров задачи в части усложнения задания (засветление, затемнение, дрожание).

Проведены экспериментальные исследования полноты функциональных возможностей виртуальной модели РТС, а также надежности функционирования информационных связей между блоками и элементами стенда в условиях двухмашинного распределенного имитационного моделирования ВКД под управлением человека-оператора. Исследование проводилось на примере реализации *первого уровня* сложности, а именно – последовательным включением одного из пяти двигателей добиться за минимальное время попадания рабочей точки манипулятора в заданную точку-цель. Точка-цель задается непосредственно в начале сеанса с пульта инструктора.

На рис. 7 представлены кадры исходного состояния рабочего окна оператора с включенной (справа) и отключенной (слева) пространственной координатной сеткой.

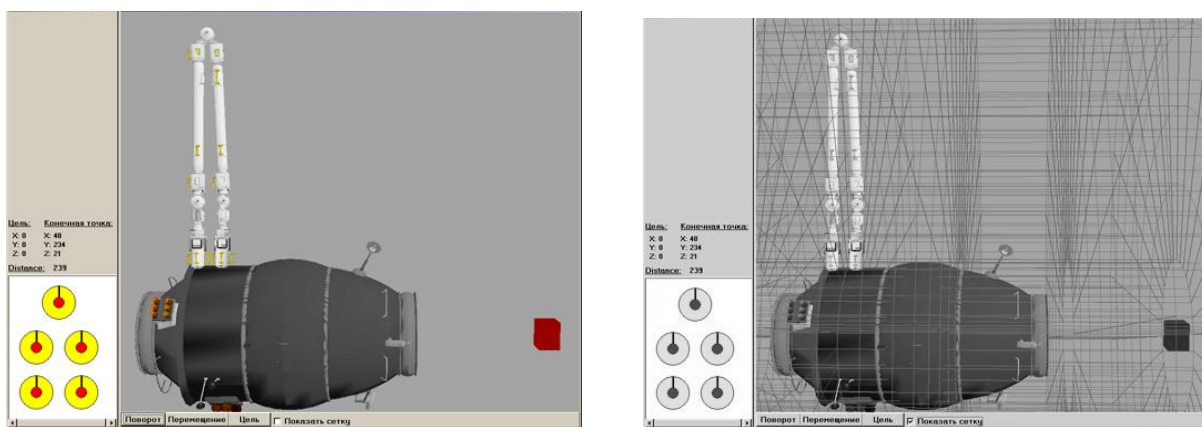


Рис. 7. Исходное состояние рабочего окна оператора РТС

На рис. 8 представлены примеры кадров реализации этапа задания инструктором точки-цели, которая отображена кубом красного цвета. Для



этого инструктор должен с помощью специального командного табло (показано в правом верхнем углу рабочего поля) в интерактивном режиме последовательно задавать перемещение точки-цели (из исходного положения). Перемещение задается вдоль каждой из трех координатных осей локальной системы координат МКС. При этом, результирующие координаты точки-цели для оператора остаются неизвестными.

На рис. 8 показана реализация перемещения точки-цели вдоль оси OZ на расстояние +26 ед. (с включенной, а затем выключенной, координатной сеткой).

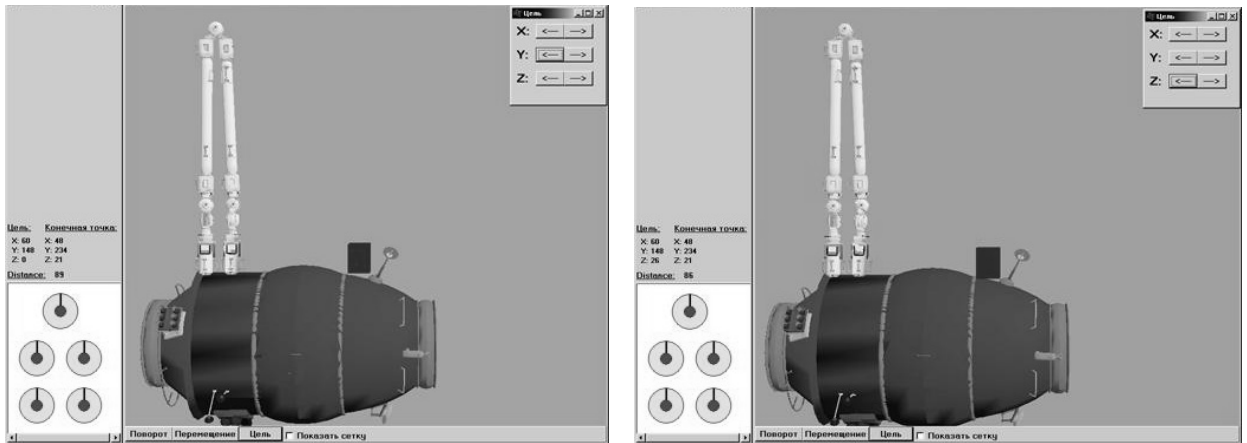


Рис. 8. Перемещение точки-цели вдоль оси OZ

На рис. 9,11 показаны этапы предварительного анализа оператором текущей обстановки в пространстве моделирования движения РТС.

Так на рис. 9, 10 представлены кадры поворота точки наблюдения вокруг оси OX и последующего включения координатной сетки.

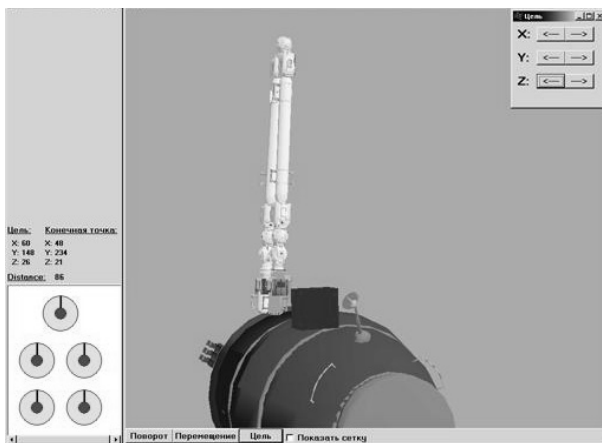


Рис. 9. Вращение точки наблюдения вокруг оси OX

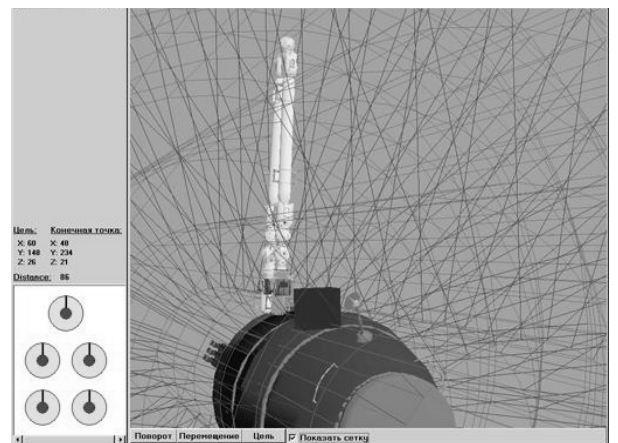


Рис. 10. Включение координатной сетки

На рис. 11 показано продолжение вращения точки наблюдения вокруг оси OX с последующим увеличением дистанции наблюдения и отключением (справа) координатной сетки.

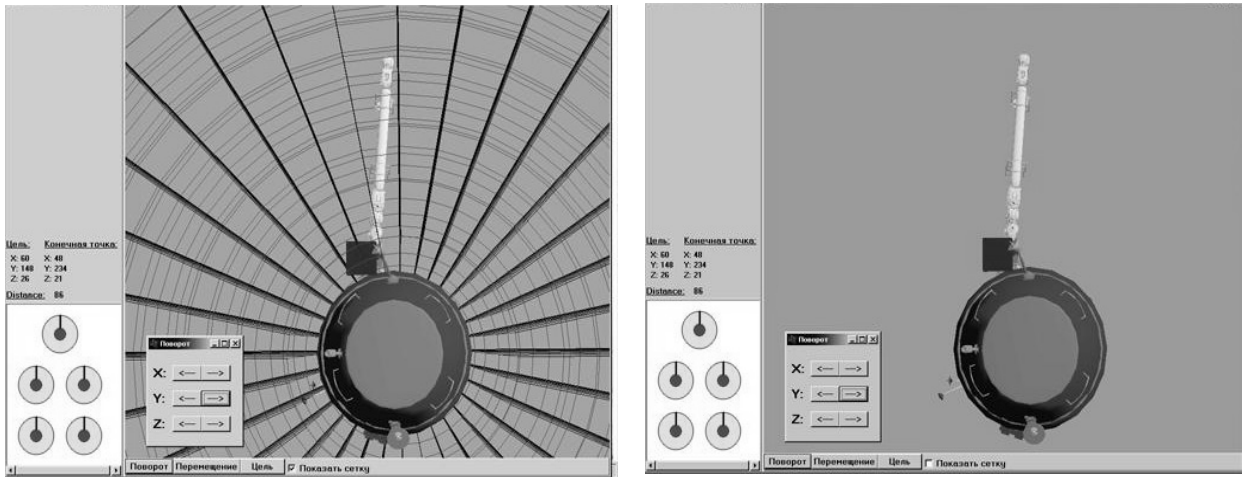


Рис. 11. Вращение точки наблюдения вокруг оси OX, увеличение дистанции наблюдения и отключение координатной сетки

На рис. 12,13 представлены кадры основного этапа испытания – движение рабочей точки РТС к точке-цели с текущим контролем траектории.

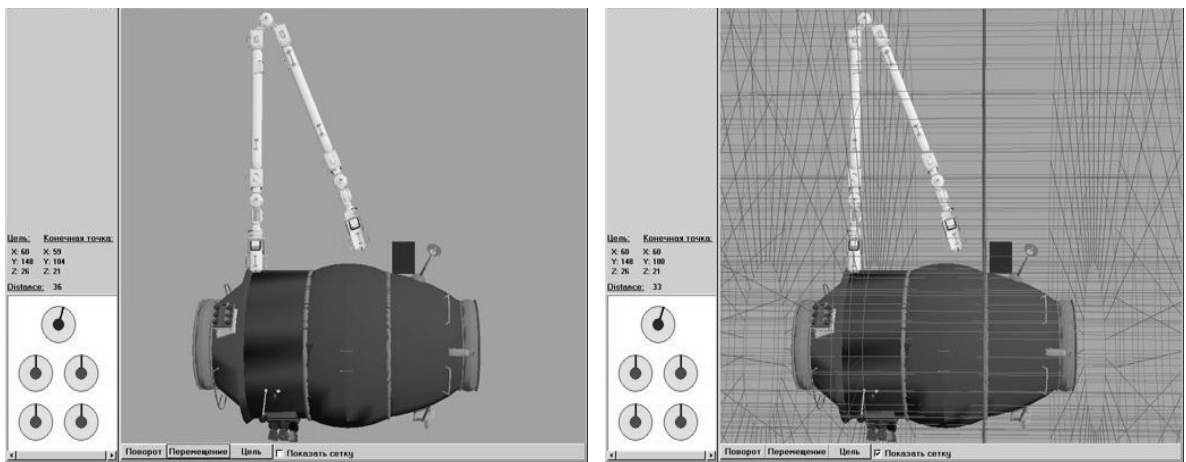


Рис. 12. Движение манипулятора к цели: двигатель 3 – вправо

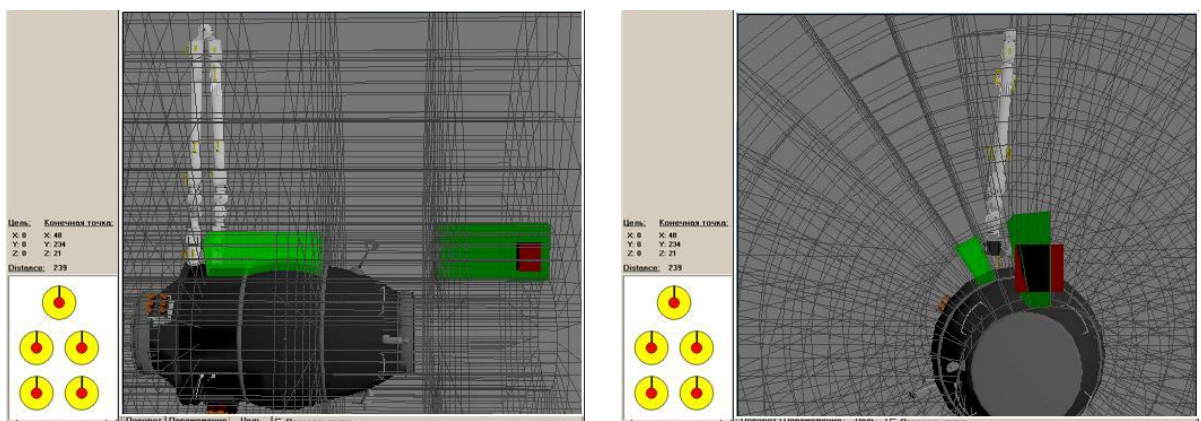


Рис. 13. Осуществление визуального контроля правильности и безопасности движения РТС с точке-цели

На рис. 14 показан завершающий кадр сеанса, а именно – произошло попадание рабочей точки РТС в точку-цель (куб, отображающий точку-цель, меняет цвет с красного – на зеленый).

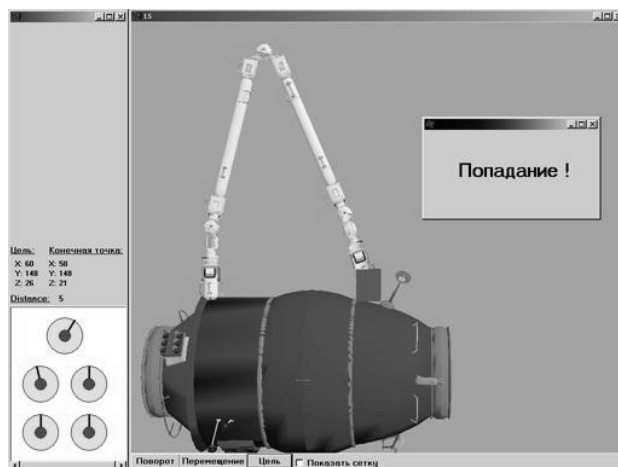


Рис. 14. Завершающий кадр сеанса тренажа – факт попадания рабочей точки РТС в цель

Получено 28.05.2009