

A grayscale image of the Space Shuttle Columbia in orbit above Earth's cloud-covered surface. The shuttle is oriented vertically, with its nose pointing downwards. The orbiter is attached to the external tank and solid rocket boosters. The text is overlaid on the upper portion of the image.

ORBITER

Space Flight Simulator

2006 Edition

**Руководство
пользователя**

ORBITER Руководство пользователя

Copyright © 2000-2006 Martin Schweiger

20 октября 2006 г.

Orbiter web-сайт: orbit.medphys.ucl.ac.uk/ или www.orbitersim.com

Перевод - Юрий Кульчицкий (www.kulch.spb.ru)



Содержание

1	ВВЕДЕНИЕ	5
1.1	Что такое Orbiter	7
1.2	Руководство пользователя	7
1.3	Дополнительная документация.....	7
2	УСТАНОВКА	9
2.1	Требования к оборудованию	9
2.2	Скачивание.....	9
2.3	Установка	9
2.4	Удаление	10
3	«СТАРТОВАЯ ПЛОЩАДКА» (ORBITER LAUNCHPAD).....	11
3.1	Панель Scenario.....	11
3.2	Панель Parameters	12
3.3	Панель Visual effects	14
3.4	Панель Modules	16
3.5	Панель Video.....	17
3.6	Панель Joystick	18
3.7	Панель Extra.....	19
4	БЫСТРЫЙ СТАРТ	21
5	СИСТЕМА ПОМОЩИ (HELP)	27
6	КЛАВИАТУРА	28
6.1	Основное	28
6.2	Управление кораблем.....	29
6.3	Камера внешнего вида.....	31
6.4	Камера внутреннего вида (кокпит).....	31
6.5	Работа с меню-списком.....	31
7	ДЖОЙСТИК	33
8	МЫШЬ 34	
9	КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ	35
9.1	Delta-glider	35
9.2	Shuttle-A.....	35
9.3	Shuttle PB (PTV)	37
9.4	Dragonfly	38
9.5	Space Shuttle Atlantis	38
9.6	International Space Station (ISS).....	41
9.7	Космическая станция «Мир»	42
9.8	Lunar Wheel Station.....	42
9.9	Hubble Space Telescope	43
9.10	LDEF Satellite	44
10	ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОБЪЕКТАХ	45
10.1	Корабли	45

10.2	Космопорты	45
10.3	Небесные тела	46
11	РЕЖИМЫ КАМЕРЫ	47
11.1	Вид изнутри	47
11.2	Внешние виды	48
11.3	Настройка ширины поля зрения	49
11.4	Сохранение и вызов настроек камеры	50
12	СТАНДАРТНЫЙ КОКПИТ	51
12.1	Дисплей основной информации симулятора	52
12.2	Дисплей информации «камера/цель»	53
12.3	Дисплей статуса двигателей и топлива	53
12.4	Индикация и управление навигационными режимами	54
12.5	Атмосферный режим ИЛС	54
12.6	Орбитальный режим ИЛС	55
12.7	Стыковочный режим ИЛС	55
13	РЕЖИМЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДИСПЛЕЕВ	56
13.1	Радио-МФД (COM/NAV MFD)	57
13.2	Орбитальный МФД (Orbit MFD)	59
13.3	МФД VOR/VTOL	63
13.4	Индикатор горизонтальной ситуации (HSI)	64
13.5	Стыковочный МФД (Docking MFD)	66
13.6	Авиагоризонт (Surface MFD)	69
13.7	Карта (Map MFD)	71
13.8	Выравнивание плоскостей орбит (Align orbital plane MFD)	74
13.9	Синхронизация орбит (Synchronise orbit MFD)	75
13.10	Перелетный МФД (Transfer MFD)	77
13.11	Профиль подъема (Custom MFD plugin)	80
14	УПРАВЛЕНИЕ КОСМИЧЕСКИМ КОРАБЛЕМ	82
14.1	Главные, тормозные двигатели и двигатели вертикальной тяги	82
14.2	Двигатели ориентации	83
15	РАДИОНАВИГАЦИЯ	85
16	БАЗОВЫЕ ПРИЕМЫ ПИЛОТИРОВАНИЯ	86
16.1	Полет вблизи поверхности планеты	86
16.2	Выход на орбиту	86
16.3	Изменение формы орбиты	87
16.4	Поворот плоскости орбиты	88
16.5	Синхронизация орбит	90
16.6	Горизонтальная посадка (заход на ВПП)	91
16.7	Сстыковка	92
17	РЕГИСТРАТОР ПОЛЕТОВ	94
18	ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ	96
18.1	Редактор сценариев	96
18.2	Внешние МФД	96
18.3	Монитор производительности	97
18.4	Дистанционное управление кораблем	98
18.5	Монитор летных данных	98
19	КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ	100
19.1	Миссия 1-я: На Delta-glider'e к МКС	100
19.2	Миссия 2-я: Перелет от МКС к станции «Мир»	102
19.3	Миссия 3-я: Сход с орбиты «Мира», посадка	103
20	ВИЗУАЛИЗАТОРЫ	105
20.1	Планетарий	105
20.2	Векторы сил	106
20.3	Оси координат	108

21	РЕЖИМ «ДЕМО» («КИОСК»)	109
22	КОНФИГУРАЦИЯ ОРБИТЕРА	110
22.1	Главный файл конфигурации	110
22.2	Планетные системы	112
22.3	Планеты	112
22.4	Наземные базы (космопорты)	116
22.5	Добавление объектов в наземную базу	119
22.6	Добавление маркеров	124
22.7	Файлы сценариев	125
	ПРИЛОЖЕНИЕ А КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ДИСПЛЕЕВ МФД	130
	ПРИЛОЖЕНИЕ В СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА: КОНСТАНТЫ И ПАРАМЕТРЫ	134
V.1	Астродинамические константы и параметры.....	134
V.2	Средние орбиты планет (эпоха J2000).....	134
V.3	Размер изменений элементов орбит за столетие	135
V.4	Планеты: Некоторые физические параметры	135
V.5	Элементы вращения	136
V.6	Параметры атмосфер планет	136
	ПРИЛОЖЕНИЕ С РАСЧЕТ ОРБИТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	137
C.1	Расчет элементов из векторов состояния.....	137
	ПРИЛОЖЕНИЕ D АВТОРСКОЕ ПРАВО И ПРАВОВАЯ ОГОВОРКА	139

1 Введение



Добро пожаловать в ORBITER 2006 Edition!

В настоящий выпуск вошел ряд новых особенностей, касающихся как физики полета, так и визуального представления. Поверхность планет может быть представлена в разрешении вдвое большем, чем в предыдущей версии симулятора, что дает существенную разницу в восприятии при полете по низкой орбите. Запись полета и его последующее воспроизведение дают возможность обмениваться материалами. Орбитер поставляется с редактором сценариев, позволяющим создавать, настраивать и удалять космические корабли непосредственно в процессе полета. Дополнительные приборы – дисплеи МФД позволяют получить любую летную информацию. Приливные гравитационные силы сделают стыковочные маневры более сложными.

Орбитер является бесплатной программой – симулятором космических полетов. Вы можете запустить Космический Шаттл из Космического центра им. Кеннеди и вывести с его помощью спутник на околоземную орбиту. Можете произвести стыковку с Международной Космической Станцией. А можете совершить путешествие по всей Солнечной системе на футуристическом корабле «Дельта-глайдер». В отличие от многих коммерческих «космических симуляторов»-игр Орбитер обеспечивает точное представление физики космического полета. Поэтому не расстраивайтесь, если что-то не получится сразу – такова ракетная техника. Читайте документацию, попробуйте изучить некоторые обучающие материалы, доступные в интернете, и скоро вы сможете летать, как настоящий профессионал.

Вам придется, по меньшей мере, детально ознакомиться с основными средствами управления космическим аппаратом, описанными в настоящем руководстве, чтобы поднять свой корабль над землей. Более «продвинутые» миссии, такие как встреча с орбитальной станцией или межпланетный полет, потребуют от вас больших усилий!

Предложения, замечания, сообщения об ошибках в программе или в документации всегда приветствуются. Лучший способ сообщить ваш комментарий (который может быть интересен и другим пользователям) – поместить его на конференции, посвященной Орбитеру. Ссылку на конференцию вы можете найти на официальном интернет-сайте Орбитера:

orbit.medphys.ucl.ac.uk/ (или www.orbitersim.com).

К сожалению, я не могу гарантировать, что отвечу на все письма, которые будут приходить непосредственно на мой адрес.

Перед тем, как послать сообщение об ошибке в программе, убедитесь в том, что имеете дело с последним выпуском Орбитера и ваша проблема не описана ранее в списке FAQ (Наиболее Частые Вопросы) или на конференции, посвященной ошибкам (и то и другое доступно по ссылкам с сайта Орбитера).

ОРБИТЕР – симулятор для думающего человека.

Приятного путешествия!

Мартин Швейгер

1.1 Что такое Orbiter

Орбiter – симулятор космических полетов, базирующийся на механике Ньютона. Игровым пространством является наша Солнечная система с основными небесными телами – Солнцем, планетами и их лунами. Вы управляете космическим кораблем – историческим, выдуманным или полностью фантастическим. В отличие от коммерческих компьютерных игр, в Орбитере нет predetermined миссий, которые необходимо выполнить. Нет никаких инопланетян, от которых надо спасти мир, и нет товаров и грузов, которые надо перевозить, получая прибыль. Вместо этого вы получите представление о *настоящем* космическом полете – как выйти на орбиту, как спланировать и осуществить сближение с орбитальной станцией, как совершить межпланетный перелет. Кому-то это покажется интересным, кому-то – утомительным. Попробуйте! Орбiter – бесплатная программа, все, что вы потратите – это немного своего свободного времени.

Орбiter – общественный проект. Ядро симулятора обеспечивает правила и законы моделируемого мира (*физическую модель*). В базовую поставку входит Солнечная система и несколько космических кораблей (реальных и вымышленных). Однако вы можете установить большое количество дополнительных модулей, разработанных другими энтузиастами из сообщества Орбитера. Есть модели почти всех кораблей, когда-либо летавших, есть модели кораблей, существовавших только на чертежах. Множество небесных тел Солнечной системы (и даже полностью альтернативные звездные системы). Дополнительные инструменты и приборы, и многое другое. Web-сайт Орбитера содержит ссылки на хранилища дополнений к симулятору.

1.2 Руководство пользователя

Настоящий документ – основной справочный документ, поставляемый с Орбiterом. Это – руководство пользователя, в котором подробно объясняется, *как* работают те или иные вещи, но не объясняется, *почему* они ведут себя так, а не иначе. Следуя инструкциям, вы научитесь запускать двигатели космического корабля, научитесь пользоваться его навигационными инструментами и узнаете, как выполнять типичные задачи космического полета.

Но основная привлекательность Орбитера состоит в том, что он *показывает* вам, как происходит орбитальное движение, как влияют на это движение силы гравитации, зачем ракеты имеют несколько ступеней, в чем заключается сложность стыковки космических кораблей и что на самом деле означают цифры на многочисленных приборах.

Это – наглядное представление физики. Если вы захотите стать профессионалом в Орбитере, вам придется разобраться в фундаментальных законах аэродинамики и динамики космических полетов. К счастью, большинство законов не слишком сложны. Если вы имеете представление о силах, об инерции и гравитации (механика Ньютона) и о том, как они влияют на движение небесных тел по орбитам (законы Кеплера), понять остальное будет легко. Конечно, всегда есть возможность глубже зарыться в детали, так что следующим шагом может стать понимание эффектов гравитационных возмущений орбит, оптимизации траектории и планирования полетов, разработка новых навигационных приборов – все возможные задачи трудно перечислить.

В конечном счете, вы могли бы начать разрабатывать свои собственные модули, развивающие функциональные возможности Орбитера, писать свои обучающие программы, помогающие освоиться новичкам – или даже принять активное участие в развитии программного ядра симулятора, находя и обсуждая недостатки или упущения в физической модели Орбитера (а таких упущений еще немало!).

1.3 Дополнительная документация

Документация, которая поставляется вместе с Орбiterом, находится в подпапке *Doc* главной папки приложения. Многие дополнения (addon'ы) размещают свою документацию также в этой папке. В папка *Doc\Technotes* содержит также несколько документов, в которых интересующийся читатель найдет описание некоторых

технических деталей симулятора. Изучение этих документов не является обязательным.

Об Орбитере также написано много справочных и обучающих материалов. Некоторые из них можно найти по ссылкам с официального web-сайта Орбитера orbit.medphys.ucl.ac.uk/. Кое-что доступно прямо на форуме Орбитера orbit.m6.net/Forum/default.aspx. Статья в библиотеке *Wikipedia* доступна по адресу [en.wikipedia.org/wiki/Orbiter_\(sim\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Orbiter_(sim)). Wiki-сайт сообщества Орбитера имеет адрес www.orbiterwiki.org/wiki/Main_Page.

Отличное пособие для начинающих играть в Орбитер написал Брюс Ирвинг (Bruce Irving). Ссылку на его книгу *Go Play In Space* вы можете найти на странице *Manual* официального web-сайта Орбитера.

Научные и технические аспекты космических полетов описаны во множестве книг, в том числе доступных в интернете. Хороший пример – JPL's *Basics of Space Flight*, адрес www.jpl.nasa.gov/basics/. Среди множества ресурсов, посвященных математике и физике, может оказаться полезным web-сайт *Scienceworld*, адрес scienceworld.wolfram.com.

2 Установка

В настоящем разделе перечислены требования к компьютеру, на котором можно запустить Орбитер, а также содержатся инструкции по его скачиванию и установке.

2.1 Требования к оборудованию

Стандартный пакет Орбитера может быть установлен на компьютер, удовлетворяющий следующим минимальным требованиям:

- Процессор 600MHz или выше (Pentium, Athlon)
- ОЗУ 256MB или выше
- ОС Windows 95/98/Me/2000/XP
- DirectX 7.0 или выше
- DirectX-совместимый графический 3D ускоритель с, по меньшей мере, 16MB видеопамяти (рекомендуется 32MB или больше), с поддержкой текстурного сжатия DXT
- Примерно 100MB свободного дискового пространства для минимальной инсталляции (дополнительные текстуры высокого разрешения и дополнительные расширения потребуют больше места)
- Джойстик, совместимый с DirectX (необязательно)

Установка пакета текстур высокого разрешения или дополнительных расширений может отрицательно повлиять на быстродействие, а также может повлечь значительное увеличение требований к компьютеру.



Так как Орбитер продолжает совершенствоваться, вышеперечисленные требования могут устареть. Если вам не удается получить приемлемого быстродействия (около 20fps) с использованием настроек по умолчанию (файл `Orbiter.cfg`) на компьютере, покрывающем эти требования, пожалуйста, сообщите мне об этом и я исправлю документацию.

2.2 Скачивание

Дистрибутив Орбитера может быть получен с любого зеркального Орбитер-сайта в интернете. Ссылки на эти сайты вы можете найти в разделе Download официального сайта, <http://orbit.medphys.ucl.ac.uk/>. Дистрибутив состоит из нескольких пакетов-архивов (.zip-файлов). Пакет *Base* является базовым и единственным обязательным для скачивания. Остальные пакеты являются опциональными расширениями системы.

Все пакеты содержат в своем имени 6-разрядную метку времени в формате ГГММДД, которая позволяет определить дату выпуска пакета. Например, файл `orbiter060504_base.zip` содержит базовый пакет, собранный 4 мая 2006 года. Имейте в виду, что не все последние пакеты имеют одинаковую метку времени. В частности, это касается пакетов с текстурами планет в высоком разрешении, которые обновляются довольно редко. Следите за сайтами, скачивайте последние версии.

2.3 Установка

- Создайте новую папку, например `\Program Files\Orbiter_060504`.
- Если у вас установлена предыдущая версия Орбитера, не следует ставить новую версию поверх старой, так как это может привести к конфликтам в системе. Вы можете сохранить старую версию до тех пор, пока не убедитесь в том, что новая версия работает без замечаний. Вы можете поставить на один компьютер любое число разных версий Орбитера в разных папках.
- Скачайте пакет *Base* в вашу новую папку и разархивируйте его с помощью архиватора WinZip или другой подходящей утилиты. **Важно:** Убедитесь в том, что при разархивировании сохранилась структура подкаталогов пакета (например, для WinZip потребуется включить опцию "Use Folder Names").

- После разархивации пакета убедитесь в том, что папка содержит исполняемый файл Orbiter.exe и, помимо других файлов, подпапки *Config*, *Meshes*, *Scenarios* и *Textures*.
- Запустите Orbiter.exe. На экране появится стартовый диалог Орбитера, так называемая «Стартовая площадка», где вы можете выбрать видео настройки и другие параметры симуляции.
- Теперь вы готовы к запуску Орбитера. Выберите сценарий из списка, представленного в «Стартовой площадке» и нажмите кнопку “Launch ORBITER”!



Если список сценариев на панели *Scenario* отсутствует, или если планеты в симуляторе показываются в виде белых шаров без какой-либо текстуры, то наиболее вероятная причина этого заключается в неправильной установке программы. Убедитесь в том, что папка Орбитера содержит подпапки, описанные выше. В случае необходимости придется повторить процесс установки.

2.4 Удаление

- Орбитер не меняет реестр Windows или какой-нибудь другой системный ресурс, поэтому нет необходимости в каком-нибудь специальном процессе деинсталляции. Просто удалите папку Орбитера со всем ее содержимым. Этого достаточно.

3 «Стартовая площадка» (Orbiter Launchpad)

Запуск файла Orbiter.exe приводит к появлению на экране основного диалога Орбитера – «Стартовая площадка» (диалог *Orbiter Launchpad*).

Диалог позволяет делать следующее:

- устанавливать параметры симуляции, настройки видео и джойстика
- загружать модули расширения (plugins), расширяющие базовую функциональность симулятора
- выбирать запускаемый сценарий
- открывать окно системы помощи (help)
- запускать окно симуляции Орбитера, или
- выйти из программы.

С нажатием на кнопку “Launch ORBITER” запускается симуляция в состоянии, описанном в выбранном сценарии. Если вы запустили Орбитер впервые, сначала убедитесь в том, что все настройки параметров симуляции (в частности видео-настройки) выполнены правильно, и только после этого нажимайте кнопку “Launch ORBITER”.

3.1 Панель Scenario

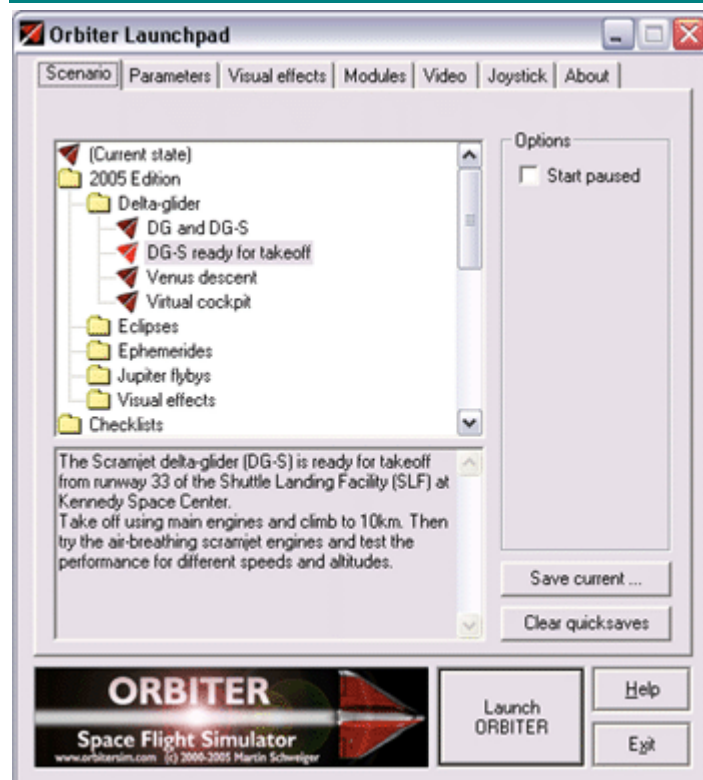


Рис 1: Диалог «Стартовая площадка», панель Scenario

Scenario (Сценарий):

Содержит список доступных сценариев в иерархическом представлении. Вы можете выбрать сценарий и нажать кнопку “Launch ORBITER”. Ниже списка сценариев можно увидеть описание сценария, выбранного в данный момент.

Специальные сценарии и папки:

- Сценарий (**Current state**) создается автоматически при выходе из симулятора. Этот сценарий можно использовать, чтобы продолжить полет из последнего сохраненного состояния.
- Папка **Tutorials** содержит заранее записанные полеты с комментариями, обучающие различным космическим операциям.

- В папке **Playback** находятся сценарии-полеты, записанные встроенным регистратором полетов. При запуске такого сценария запись начинает проигрываться.
- Папка **Quicksave** содержит сценарии, сохраненные во время игры нажатием клавиш **Ctrl+S**. Число таких сохранений не ограничено. Орбитер сохраняет состояние в сценарий, имеющий имя, состоящее из оригинального имени сценария, с которого начался полет и цифры, обозначающей порядковый номер сохранения в этом полете. Счетчик сохранений сбрасывается при каждом запуске симулятора, поэтому не забывайте сохранять копии сценариев, к которым вы хотели бы впоследствии вернуться!
- Папка **Demo** может содержать сценарии, которые автоматически запускаются Орбитером в режиме «киоск/демо» (kiosk/demo), подробнее см. раздел 21.

Options (Опции):

- **Start paused:** Сценарий будет запущен в режиме «пауза». Чтобы продолжить полет, нажмите **Ctrl+P**.

Save current (Сохранить текущий):

Сохранить текущий полет под новым именем и с новым описанием.

Clear quicksaves (Очистить папку Quicksave):

Удалить все сценарии, ранее сохраненные в папке Quicksave.

3.2 Панель Parameters

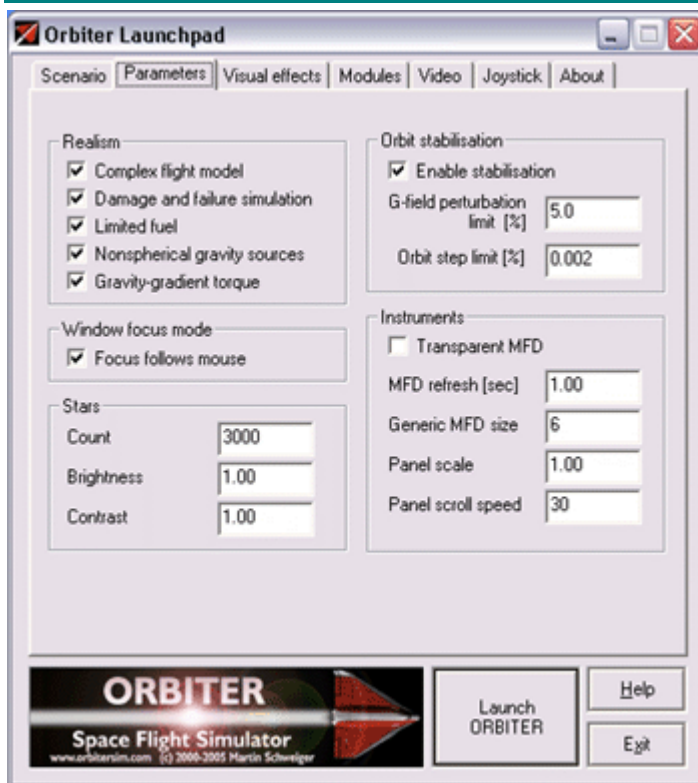


Рис 2: Диалог «Стартовая площадка», панель Parameters

Realism (Реализм)

- **Complex flight model (реалистичная модель полета):** Переключатель уровня реалистичности модели полета кораблей. Включение опции даст летной модели корабля более реалистичные характеристики. Выключение даст возможность новичкам потренироваться на упрощенной модели. Не все корабли поддерживают эту опцию.

NEW!

- **Damage and failure simulation (Разрушение и отказы оборудования):** Включить/выключить поддержку модели разрушения конструкции и отказа бортового оборудования. Не все корабли поддерживают эту опцию.
- **Limited fuel (Ограничение количества топлива):** Если снять галочку с этого переключателя, двигатели корабля станут работать, не потребляя топливо.



Некоторые, наиболее «реалистичные» корабли (например, Space Shuttle) могут РАБОТАТЬ НЕПРАВИЛЬНО в случае, когда переключатель “Limited fuel” выключен. Например, отделение 1-й ступени может зависеть от выработки топлива в ней.

- **Nonspherical gravity sources (Несферические гравитационные источники):** Включение более сложной модели расчета гравитационных сил, учитывающей несферичность источника гравитации. Учтите, что включение этой модели может сделать расчеты ваших орбит более сложными, а также вызвать нестабильность в работе вычислительных инструментов, не учитывающих несферические гравитационные источники. Не все планеты поддерживают эту модель расчета. Для того чтобы планета поддерживала эту модель расчета, ее конфигурационный файл должен содержать параметр J_{Coeff} .

Технические особенности: Орбитер использует следующую упрощенную модель расчета гравитационного потенциала небесного тела U как функции от радиальной дистанции r и широты ϕ :

$$U(r, \phi) = \frac{GM}{r} \left[1 - \sum_{n=2}^{\infty} J_n \left(\frac{R}{r} \right)^2 P_n(\sin \phi) \right]$$

где M и R – масса планеты и радиус экватора, G – гравитационная константа, P_n – Legendre-полином порядка n , и J_n – связанный пертурбационный коэффициент.

Ускорение силы тяжести рассчитывается как градиент потенциала:

$$\vec{a} = -\vec{\nabla}U$$

NEW!

- **Gravity-gradient torque (Приливные гравитационные эффекты):** Когда этот переключатель включен, корабли будут испытывать вращающие моменты, зависящие от градиента силы тяжести. Это особенно показательно для низких орбит. Появляется возможность создания станций, стабилизируемых гравитацией планеты, вокруг которой они вращаются.

Window focus mode (Поведение фокуса мыши)

- **Focus follows mouse (Фокус следует за движением указателя мыши):** При включенном режиме фокус ввода будет передаваться из одного окна Орбитера в другое, следуя за движением указателя мыши. Если выключить режим, фокус будет передаваться, как обычно – щелчком мыши на нужном окне.

Orbit stabilisation (Стабилизация орбиты)

- **Enable stabilisation (Включить стабилизацию):** Если включен этот режим, Орбитер использует альтернативный метод расчета изменения положения орбитального тела. Используется расчет взаимодействия только 2-х тел – орбитального и центрального. Это может помочь избежать нарушения орбиты при использовании ускорения времени.
- **G-field perturbation limit (Предел влияния гравитационного поля):** Определяет верхний предел пертурбации гравитационного поля [%] центрального тела, при котором включается стабилизация орбиты. Более высокое значение вызовет более раннее переключение, даже если метод расчета по 2-м телам будет недостаточно точным. Значение по умолчанию – 0.01 (1%).
- **Orbit step limit (Предел шага по орбите):** Этот параметр позволяет ограничить применение стабилизации орбиты к шагам времени, при которых орбитальное тело сдвинется больше, чем на определенную часть от полного витка. Точнее, стабилизация орбиты будет применена только при выполнении следующего условия:

$$v\Delta t > \alpha 2\pi r$$

где v – орбитальная скорость, r – длина радиус-вектора, Δt – длина шага по времени и α – заданный пользователем предел шага. Значение по умолчанию $\alpha = 0.0001$ (0.01%).

- **Примечание:** В настоящее время Орбитер использует усовершенствованный алгоритм стабилизации. Теперь, в отличие от предыдущих версий, учитывается

влияние пертурбаций гравитационного поля, аэродинамических сил и сил тяги двигателей.

Stars (Звезды)

- **Count (Количество):** Количество фоновых звезд, выводимых на экран. В Орбитере используется база данных из более чем 100000 ярких звезд. Большое количество звезд, конечно, сделает звездное небо более впечатляющим, но может снизить быстродействие симулятора. Если установить параметр в ноль, звезд не будет.
- **Brightness (Яркость):** Степень яркости звезд. Возможны значения от -4 до 4 (по умолчанию 1). Имейте в виду, что при высокой яркости небо выглядит менее реалистичным.
- **Contrast (Контраст):** Степень контрастности звезд. Диапазон значений – от 0 до 5 (по умолчанию 1).

Если количество звезд невелико, рекомендуется увеличить контраст (примерно до 1.5) и уменьшить яркость (до 0.8). Если количество звезд максимально, наилучшие результаты достигаются при яркости около 1.5 и контрасте около 1.0.

Технические особенности: Зависимость между звездной величиной m_v и яркостью c изображающего ее пикселя c вычисляется по линейному соотношению

$$c = \min \left[1, \max \left[c_0, \frac{m_1 - m_v}{m_1 - m_0} (1 - c_0) + c_0 \right] \right]$$

где

$$m_0 = 2B - 2 / C + 2,$$

$$m_1 = 2B + 2 / C + 3,$$

$$c_0 = 0.3$$

где B и C – определенные пользователем значения яркости и контраста. Для значений по умолчанию $B=1$, $C=1$, контрастно показываються звездные величины от $m_0=2$ до $m_1=7$.

Instruments (Приборы)

- **Transparent MFD (Прозрачные МФД):** Режим, при котором многофункциональные дисплеи (МФД) показываються прозрачными. Включение этого режима улучшает обзор, но затрудняет чтение показаний приборов.
- **MFD refresh (Обновление МФД):** Промежуток времени (в секундах) между обновлениями показаний МФД. Меньшее значение обеспечивает плавное изменение показаний прибора, но может снизить быстродействие симулятора. В некоторых режимах (например, в режимах *Авиагоризонт* и *Индикатор горизонтальной ситуации*) МФД имеет определенный нижний предел частоты обновления.
- **Panel scale (Масштаб приборной панели):** Масштабирующий фактор, используемый при отображении приборных панелей. Значение 1 (масштаб 1:1) обеспечивает оптимальное качество изображения, другие значения позволяют адаптировать размер панелей приборов под конкретное разрешение экрана.
- **Panel scroll speed (Скорость прокрутки приборной панели):** Определяет, насколько быстро будут прокручиваться на экране панели приборов (в пикселях в секунду). Отрицательное значение приведет к изменению направления прокрутки.

3.3 Панель Visual effects

Здесь производится настройка видеопараметров. Возможности, представленные на панели Visual effects делают симулятор более реалистичным. Но все они отрицательно сказываются на быстродействии и предъявляют повышенные требования к размеру ОЗУ и видео памяти, так что должны быть использованы с осторожностью. Если запуск Орбитера приводит к проблемам, в первую очередь следует отключить видеоэффекты.

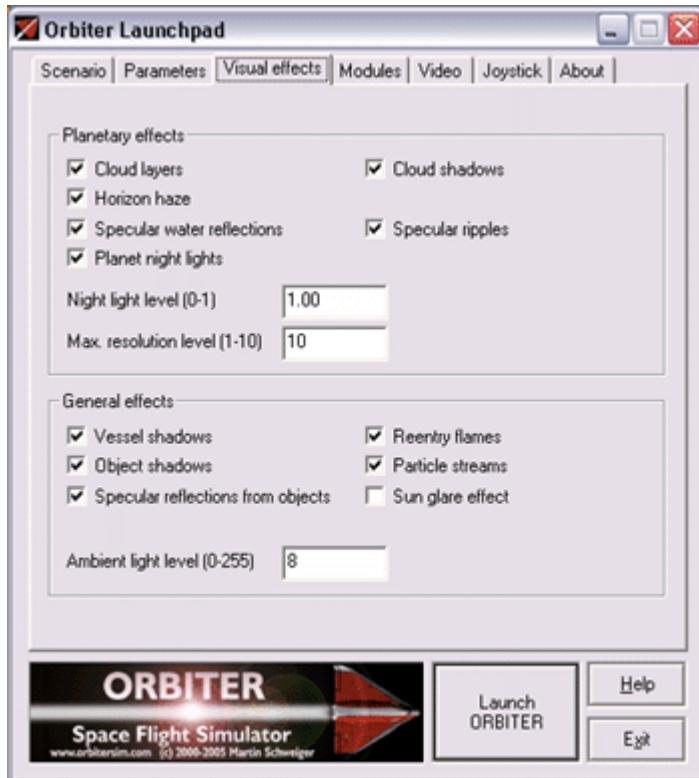


Рис 3: Диалог «Стартовая площадка», панель Visual effects

Planetary effects (Эффекты показа планеты)

- **Cloud layers (Облачные слои):** Показ облаков, если они есть на данной планете.
- **Cloud shadows (Тени от облаков):** Показ теней от облачного слоя на поверхности планеты. Для поддержки теней от облаков в конфигурационном файле планеты параметр *CloudShadowDepth* должен иметь значение < 1 .
- **Horizon haze (Дымка на горизонте):** Эффект дымки на горизонте («пылающий» горизонт) для планет с атмосферой. Красиво смотрится на закате и восходе.
- **Specular water reflections (Зеркальные блики на поверхности воды):** Эффект отражения солнечного света от воды в виде бликов.
- **Specular ripples (Зеркальная рябь):** Эффект зеркальной «ряби» на водных поверхностях, улучшает вид океана с высоты.
- **Planet night lights (Ночные огни):** Показ ночных огней городов на ночной стороне планеты (если такие огни есть).
- **Night light level (Яркость ночных огней):** Определяет яркость ночных огней городов. Диапазон возможных значений – от 0 до 1.
- **Max. resolution level (Максимальное разрешение):** Максимальный изображаемый уровень детализации поверхности планеты. Диапазон возможных значений – от 1 до 10. Чем выше значение параметра, тем большее разрешение текстуры поддерживается и тем ближе поверхность планеты к сферической. Увеличение максимального разрешения повышает требования к ресурсам компьютера (графический процессор и память) и может привести к потере быстродействия. Кроме того, увеличивается время загрузки симулятора и выхода из него.

NEW!



Использование высокого уровня максимального разрешения может очень сильно увеличить время загрузки симулятора в том случае, когда установлено большое количество текстур поверхностей планет высокого разрешения.

General effects (Общие эффекты)

- **Vessel shadows (Тени от кораблей):** Показ теней, отбрасываемых кораблями на поверхность планеты.
- **Object shadows (Тени от объектов):** Показ теней, отбрасываемых наземными объектами (зданиями и т.п.).

- **Specular reflections from objects (Зеркальные блики на объектах):** Показ зеркальных бликов от гладких поверхностей, например, от панелей солнечных батарей или металлических предметов. Может снизить быстродействие.
- **Reentry flames (Пламя трения о воздух):** Показ плазмы, возникающей вокруг корпуса корабля при входе в атмосферу.
- **Particle streams (Потоки частиц):** Показ выхлопных газов двигателей и дымных следов с использованием эффекта частиц.
- **Ambient light level (Яркость рассеянного света окружающей среды):** Определяет яркость неосвещенных сторон планет, лун и других объектов. Наиболее реалистичным является значение 0, но такая настройка сделает очень трудным визуальный поиск неосвещенного объекта. Значение 255 даст однородное освещение (неосвещенных поверхностей не будет).

3.4 Панель Modules

Здесь вы можете подключать и отключать дополнительные модули (plugins), расширяющие базовую функциональность Орбитера. В этих модулях могут быть дополнительные приборы, диалоги, интерфейсы к внешним программам и т.п. Следите за тем, чтобы были активированы только те модули, которыми вы действительно пользуетесь, так как любой модуль отнимает ресурсы процессора, даже если не работает в явном виде.

Чтобы включить модуль, выберите его в списке *Inactive modules*, затем нажмите кнопку *Activate selected* (или просто сделайте в списке двойной щелчок). Модуль будет перемещен в список *Active modules*. Отключение модуля выполняется аналогично. Включение и выключение всех модулей сразу выполняется при помощи кнопок *Activate all* и *Deactivate all*.

Модули, идущие в базовой поставке Орбитера представлены также и в пакете SDK вместе с полным исходным кодом. Широкий спектр дополнительных модулей сторонних разработчиков доступен через интернет с различных репозиториях Орбитера.

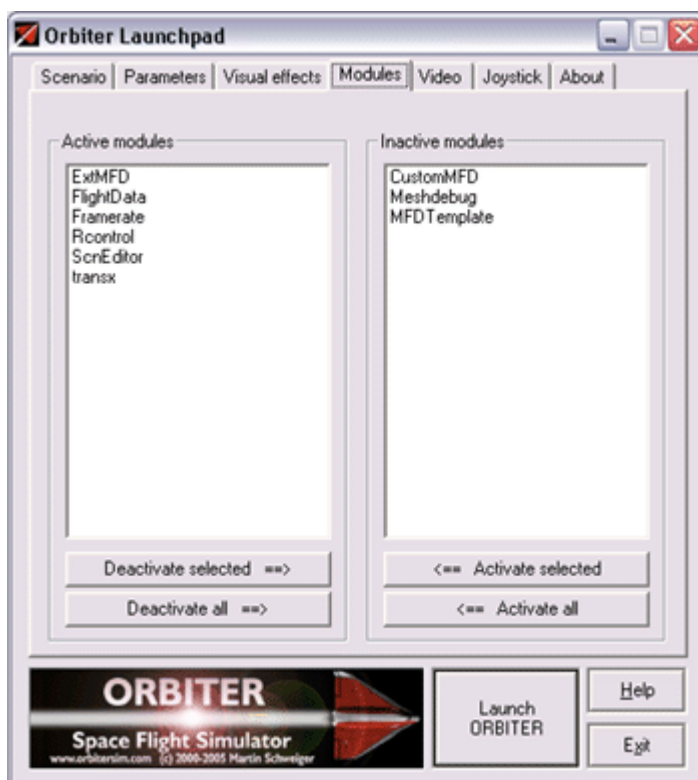


Рис 4: Диалог «Стартовая площадка», панель Modules

Вот некоторые стандартные (из базовой поставки Орбитера) модули:

ScnEditor: Универсальный редактор сценариев, который позволяет добавлять, настраивать и удалять корабли непосредственно в запущенном симуляторе. Подробнее см. раздел 18.1.

ExtMFD: Этот модуль позволяет открывать дополнительные приборы МФД во внешних окнах-диалогах. Это удобно, если вы нуждаетесь в большем количестве информации, чем могут дать встроенные в данный корабль дисплеи МФД или если вам необходимо следить за летной информацией в то время, когда камера включена в режим внешнего вида.

CustomMFD: Этот модуль представляет собой дополнительный МФД “Ascent MFD”.

Rcontrol: Дистанционное управление двигателями любого корабля. Модуль позволяет управлять кораблем, даже если корабль не поддерживает фокус прямого управления пользователем. Если модуль активирован, диалог дистанционного управления может быть открыт из списка *Custom Functions* (клавиши **Ctrl** **F4**).

FlightData: Телеметрия летных данных в реальном времени. Когда этот модуль активирован, окно с летными данными может быть открыто из списка *Custom Functions* (клавиши **Ctrl** **F4**).

Framerate: Графическое представление текущей скорости обновления экрана (frame rate, FPS). Когда этот модуль активирован, окно с графиком также может быть открыто из списка *Custom Functions* (клавиши **Ctrl** **F4**).

3.5 Панель Video

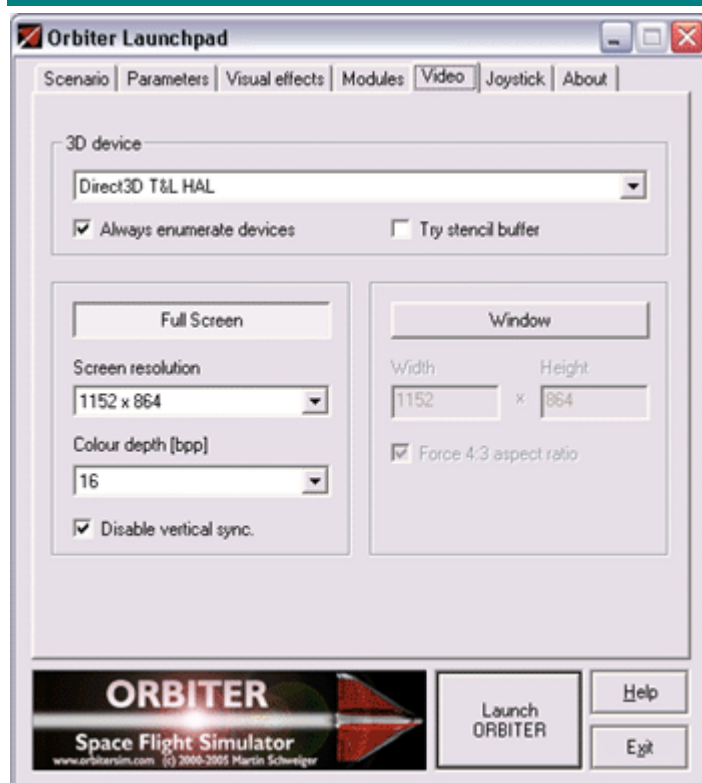


Рис 5: Диалог «Стартовая площадка», панель Video

3D Device (3D Устройства): Список доступных физических и программных устройств 3D-рендеринга. Если это возможно, выберите устройство с аппаратной поддержкой рендеринга, например, Direct3D HAL или Direct3D T&L HAL. Программные устройства, такие как RGB Emulation не могут обеспечить высокое быстродействие. Имейте в виду, что часть устройств может не поддерживать оконный режим.

Always enumerate devices (Всегда перестраивать список): Включите этот режим, если Орбитер не показывает правильно все доступные 3D-устройства (или экранные режимы). В этом случае каждый раз проводится проверка всех доступных устройств, и список строится заново, а не берется из файла device.dat.

Обязательно включите этот режим после замены графической карты или после обновления графических драйверов или драйвера DirectX.

Try stencil buffer (Попробовать stencil-буферизацию): Включает stencil-буферизацию, если графические режимы позволяют это. Буферизация может улучшить отображение некоторых визуальных эффектов (например, поддерживает генерацию теней при помощи альфа-канала), но также может слегка снизить быстродействие. Если выбранный видеорежим не поддерживает stencil-буферизацию, данная настройка игнорируется.

Full Screen (Полноэкранный режим): Используется для запуска Орбитера в полноэкранном режиме. Вы можете выбрать разрешение экрана и глубину цвета из предлагаемого списка видеорежимов. Список содержит только режимы, которые поддерживает выбранное 3D-устройство. Высокие разрешение и глубина цвета снижают быстродействие симулятора, но улучшают качество изображения.

Дополнительно, можно также включить режим *Disable vertical sync* – выключить вертикальную синхронизацию экрана. Этот режим позволяет Орбитеру обновлять кадр на экране, не дожидаясь от монитора синхронизирующего сигнала. Это позволяет повысить производительность, но может привести к появлению на экране визуальных артефактов (разрывов картинки).

Window (Оконный режим): Используется для запуска Орбитера в оконном режиме. Здесь вы можете указать размер окна симулятора. Наилучшие результаты достигаются, когда отношение ширина/высота близко к 4/3 (можно включить принудительную поддержку этого соотношения поставив галочку *Force 4:3 aspect ratio*). Большой размер окна может привести к снижению быстродействия. Имейте в виду, что некоторые графические устройства не поддерживают запуск 3-D приложений в оконном режиме.

3.6 Панель Joystick

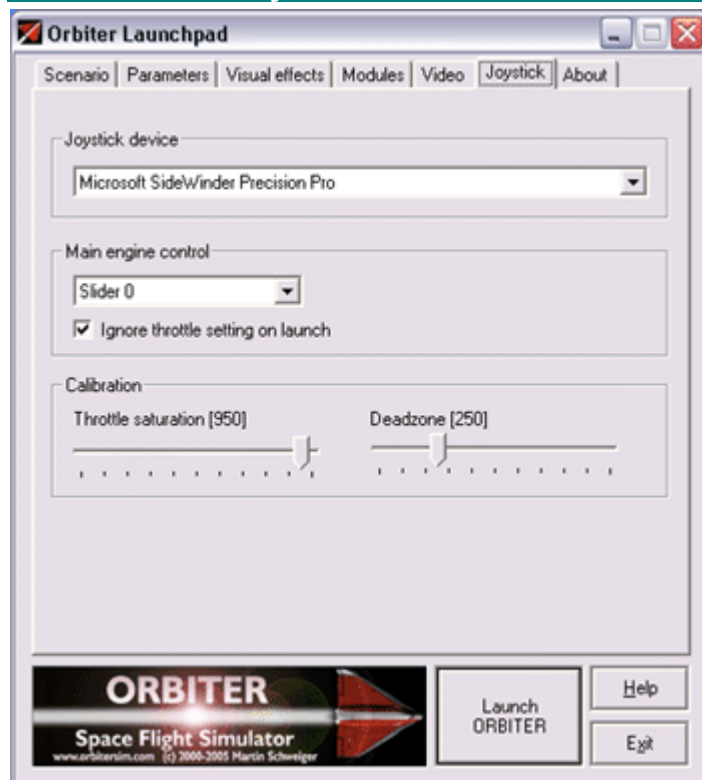


Рис 6: Диалог «Стартовая площадка», панель Joystick

Joystick device (Джойстики): Это список всех джойстиков, подключенных к компьютеру.

Main engine control (Управление главными двигателями): Определяет, какая из осей джойстика отвечает за управление тягой главных двигателей. Попробуйте разные варианты, если управление тягой на вашем джойстике не работает.

Ignore throttle setting on launch (Игнорировать положение РУД в начале симуляции): Если включить эту опцию, то положение рукоятки, управляющей тягой главных двигателей (ручка газа, РУД) будет игнорироваться с начала запуска сценария до тех пор, пока вы не сдвинете ее. Полезная возможность, которая исключает «случайное» срабатывание двигателя от того, что перед запуском сценария РУД не был выставлен на ноль.

Deadzone (Мертвая зона): Размер «мертвой зоны» определяет, как скоро джойстик откликнется на передвижение его рукоятки из нейтрального положения. Чем меньше мертвая зона, тем «чувствительнее» рукоятка. Если в нейтральном положении рукоятки управляющие двигатели не выключаются полностью, увеличьте размер мертвой зоны.

Throttle saturation: Определяет зону минимума и максимума тяги, в которых джойстик сообщает о полном выключении и о максимальной тяге соответственно. Если в минимальном положении ручки газа не происходит полного выключения главных двигателей, уменьшите значение этого параметра. (Применимо только для джойстиков, имеющих рукоятку управления тягой – throttle control).

Если требуется дальнейшая калибровка, воспользуйтесь соответствующими инструментами в Панели Управления Windows (Windows Control Panel).

3.7 Панель Extra

NEW!

На панель *Extra* вынесены наиболее продвинутые и специализированные настройки, в том числе подробная настройка методов динамической интеграции состояний в симуляторе, специализированные настройки отдельных космических кораблей, а также настройки режимов отладки. После установки дополнительных приложений в списке настроек могут появиться новые элементы.

Начинающим пользователям рекомендуется оставить все настройки по умолчанию. Более опытные пользователи могут установить для себя индивидуальные настройки.

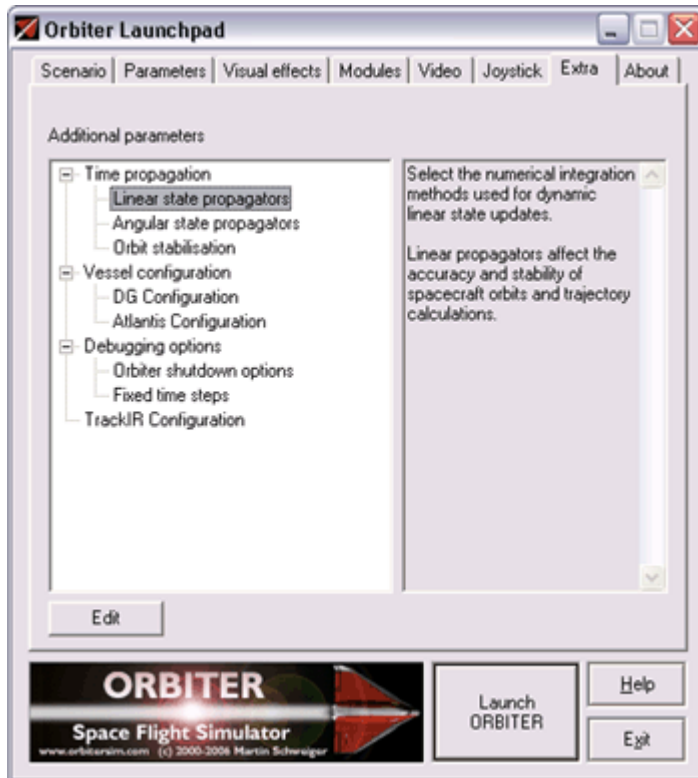


Рис. 7: Диалог «Стартовая площадка», панель Extra

Щелкните на элементе списка, чтобы увидеть в правой части диалога описание этого элемента. Двойной щелчок или нажатие кнопки *Edit* открывает диалог, позволяющий произвести соответствующую настройку.

4 Быстрый старт

В этом разделе рассказывается о том, как взлетать и садиться на примере корабля, который называется «Delta-glider». Если вы новичок, это поможет вам понять основные принципы управления кораблем. Конечно, следует изучить и остальную часть руководства, в частности разделы 5 - 7, в которых говорится о раскладке клавиатуры и об использовании джойстика, раздел 13 – о приборах корабля, раздел 14 – о принципах управления космическим кораблем и раздел 16 – базовые знания о космических маневрах.

Убедитесь в том, что вы настроили Орбитер, в частности, параметры видео и джойстика, см. раздел 3. После запуска сценария вы можете получить инструкции, пользуясь системой помощи – нажав **Alt** **F1**.

Как начать:

- Выберите сценарий *Checklists\Quickstart* (подробнее см. раздел 3.1), и нажмите кнопку «Launch ORBITER». Как только сценарий загрузится (это займет несколько секунд), вы увидите перед собой взлетную полосу номер 33, предназначенную для посадки Шаттлов (т.е. SLF, Shuttle Landing Facility) в Космическом Центре им. Кеннеди, мыс Канаверал, штат Флорида.
- Под вашим управлением – Delta-glider, довольно мощный космический корабль будущего. Корабль выровнен на полосе и готов к взлету.
- Вы всегда можете выйти из симулятора, нажав клавиши **Ctrl** **Q** или **Alt** **F4**, или нажав кнопку «Exit» в главном меню (**F4**). Орбитер сохранит текущее состояние в специальном сценарии «(Current status)», так что вы всегда сможете продолжить полет, выбрав этот сценарий в следующий раз.

Повороты камеры:

Сейчас включен вид на корабль снаружи.

- Для того чтобы повернуть камеру, пользуйтесь клавишами курсора (**↓** **↑** **→** **←**), удерживая клавишу **Ctrl**. Другой способ – двигайте мышью, удерживая ее правую кнопку. Или, если ваш джойстик снабжен «хэт-кнопкой», можете использовать ее.
- Чтобы переключиться в вид из кокпита корабля, нажмите клавишу **F1**. (**F1** также переключает и в обратную сторону – в режим внешнего вида).
- В кокпите вы можете «оглядеться», нажимая клавиши **Alt** **↓** **↑** **→** **←**, а также при помощи правой кнопки мыши или «хэт-кнопки» джойстика.
- Чтобы повернуть «взгляд» прямо вперед, нажмите клавишу **Home**.
- Подробнее об управлении камерой см. в разделе 11.















В кокпите:

- Сейчас вы находитесь в виртуальном кокпите – 3-мерном представлении кабины корабля с его приборными панелями. Впереди на стекле находится ИЛС (индикатор лобового стекла), он же HUD (head-up display). «Оглянувшись» назад вы увидите даже пассажиров позади себя!
- Режимы кокпита переключаются клавишей **F8**. Первое нажатие – стандартный кокпит, в котором есть только два МФД и ИЛС. Второе нажатие – переключение в режим 2-мерной приборной панели.
- Приборную панель можно прокручивать на экране при помощи клавиш курсора (**↓** **↑** **→** **←**). Воспользуйтесь клавишей **↑**, чтобы опустить панель вниз – вам же надо видеть взлетную полосу перед собой. Кроме того, панель может не помещаться в экран, и тогда доступ ко всем приборам можно получить, только прокручивая ее.
- Некоторые корабли имеют не одну приборную панель, а много. Для переключения на другие панели используйте сочетание клавиши **Ctrl** с клавишами курсора. Например, если вы нажмете **Ctrl** **↑**, то попадете на верхнюю приборную панель Delta-glider'a. Теперь нажмите **Ctrl** **↓** дважды, и вы увидите нижнюю панель с рычагами управления тормозами и шасси. Теперь переключитесь обратно в главную панель – **Ctrl** **↑**.

- Не во всех кораблях есть 2-мерные приборные панели или виртуальный кокпит, но стандартный кокпит есть всегда.

Многофункциональные дисплеи (МФД, они же MFD):

Наиболее важные и универсальные приборы на приборной панели – два *многофункциональных дисплея*, МФД (*multifunctional displays, MFD*). Они расположены в центральной части приборной панели. Каждый представляет собой квадратный LCD-дисплей, окруженный кнопками.

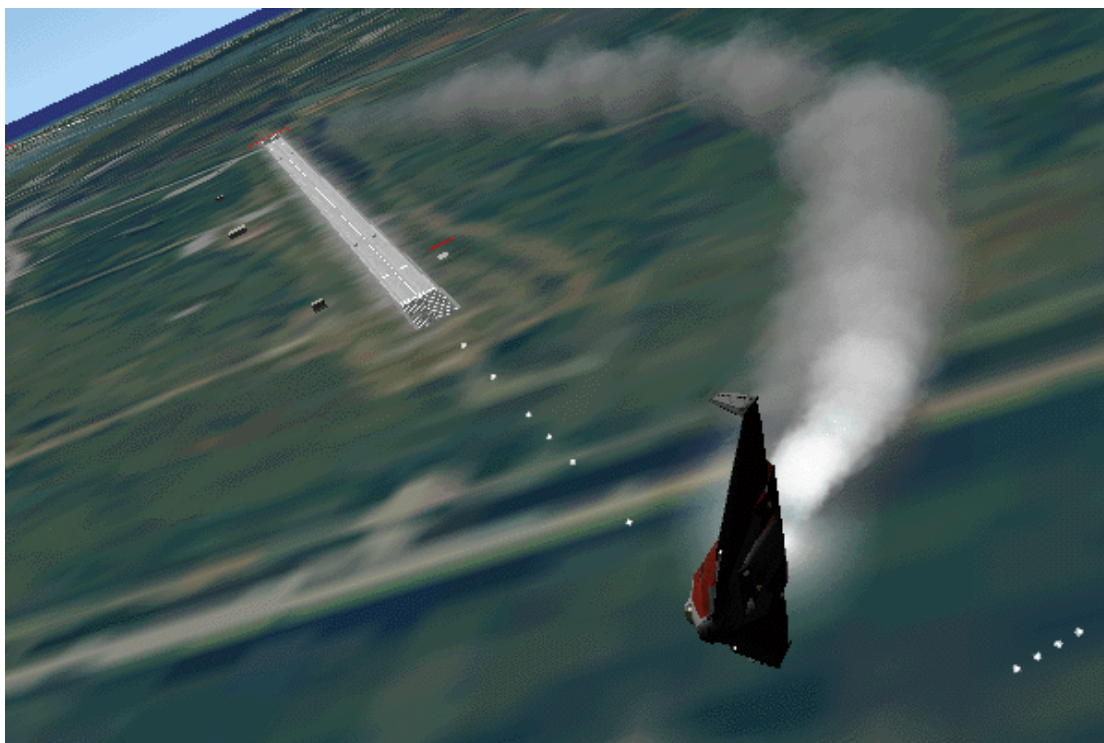
- Дисплеи МФД могут переключаться в разнообразные режимы: щелкните мышью на кнопке “SEL” снизу МФД. (Или нажмите клавиши  . В клавиатурном интерфейсе МФД всегда используется клавиша  в комбинации с другими клавишами, левый  управляет левым МФД, правый - правым). Появится список доступных режимов МФД.
- Выбор режима МФД производится нажатием на кнопку, расположенную рядом с названием режима. Например, щелчок мышью на левой верхней кнопке переключит МФД в режим *Orbit* (*Орбитальный МФД*).
- Режим МФД можно выбрать также и при помощи клавиатуры. Используйте   и   чтобы выбрать один из режимов (выбранный режим будет заключен в маркер – зеленый прямоугольник) и нажмите клавиши  , чтобы активировать его.
- Большинство режимов МФД имеют дополнительные установки, настройки и параметры, которыми можно управлять при помощи боковых кнопок МФД. Функции кнопок МФД зависят от конкретной ситуации и обозначаются надписями рядом с кнопками. Например, МФД в режиме *Orbit* имеет кнопку, обозначенную подписью “TGT”. Эта кнопка используется для того, чтобы выбрать объект (*target*, цель), орбиту которого нужно показать на дисплее. Нажмите эту кнопку и увидите диалог для выбора цели. Нажмите , напечатайте “iss” и снова нажмите . Теперь на дисплее будут показываться орбитальные параметры Международной Космической Станции (*International Space Station, ISS*).
- Короткое описание доступных режимов МФД можно посмотреть, нажав на кнопку “MNU” в нижней части дисплея (или нажмите клавиши  ).
- Полное описание стандартных МФД можно посмотреть в разделе 13. Орбитер поддерживает также и МФД сторонних разработчиков, оформленные в виде модулей – *plugin’ов*, поэтому в списке могут быть МФД, не описанные в настоящем руководстве.
- Теперь переключите левый МФД в режим *Surface* (*Авиагоризонт*) а правый – в режим *HSI* (*Индикатор горизонтальной ситуации*).



Взлет:

Ваш корабль способен совершать горизонтальный взлет и посадку на Земле (и на любой другой планете, если это позволяет плотность атмосферы).

- Чтобы начать разбег, выведите главные двигатели на полную тягу. Для этого передвиньте РУД (рукоятки *Main engine* на центральной приборной панели, справа) используя мышь (только двигайте обе рукоятки одновременно!) или жмите клавиши **Ctrl** + **Numpad** до тех пор, пока двигатели не выйдут на полную тягу. Если на вашем джойстике есть управление РУДом (throttle control), можете использовать его.
- Ваш корабль начал разбег. За изменениями скорости (она измеряется в м/с) можно следить по индикатору AIRSPD на МФД в режиме *Авиагоризонт (Surface MFD)*, или по показаниям ИЛС (HUD, head-up display) – скорость показывается в левом верхнем углу.
- Когда скорость достигнет 100 м/с, потяните на себя ручку джойстика или нажмите и удерживайте **2** **Numpad**.
- Взлетев, нажмите **G**, чтобы убрать шасси.



Если атмосфера на планете слишком разрежена и не может создать достаточную подъемную силу (например, при взлете с Луны) или если нет взлетной полосы, и требуется вертикальный взлет, используйте двигатели *вертикальной тяги* (*hover engines*):

- Передвиньте вверх рукоятку двигателей вертикальной тяги (потяните ее мышью) или нажимайте клавишу **0** *Numpad* до тех пор, пока тяга двигателей не возрастет до полной.
- Теперь ваш корабль должен взлететь вертикально. Оторвавшись от земли, включите главные двигатели и начните разгон. Обратите внимание на то, что полностью загруженный и заправленный «Delta-glider» может оказаться слишком тяжелым для взлета с Земли, в случае, если полетная модель установлена в режим «реалистичный» (“realistic” flight model).
- По мере разгона можно постепенно уменьшить мощность двигателей вертикальной тяги.

Полет в атмосфере:

В нижних слоях атмосферы «Delta-glider» похож своим поведением на обычный реактивный самолет. Попробуйте управлять им при помощи джойстика, почувствуйте его реакцию на разных высотах. Если джойстика нет, воспользуйтесь цифровой клавиатурой (клавиши **2**/**8** *Numpad* для управления по тангажу, клавиши **4**/**6** *Numpad* для управлению по крену и **1**/**3** *Numpad* – для управления по курсу). Корабль имеет мощные ракетные двигатели, но их тяга в значительной степени зависит от плотности атмосферы (например, на малых высотах вам даже не удастся преодолеть звуковой барьер).

Сейчас неплохой момент, чтобы опробовать различные режимы камеры. Откройте диалог *Camera* (**Ctrl** **F1**), и посмотрите, чем отличаются различные режимы сопровождения камерой и какой эффект дают различные настройки ширины поля зрения (FOV, field of view).

Посадка:

- Развернитесь и выполните заход на посадку на полосу 33 комплекса SLF с южной стороны. Выровняйтесь по оси ВПП. Воспользуйтесь индикатором горизонтальной ситуации (HSI) – он поможет выйти на глиссаду. Один из дисплеев HSI уже должен быть настроен на приводную систему ILS 33-ей ВПП. В МФД HSI есть указатель курса, указатели сноса и глиссады. Фактически, HSI работает как стандартный

самолетный прибор, так что, возможно, он уже знаком вам. Если нет – изучите раздел 13.4.

- По мере приближения к ВПП вы увидите стандартные посадочные сигналы PAPI и VASI (подробнее см. раздел 16.6). Сигнализация PAPI в данном случае не очень поможет, так как она настроена на нестандартный угол глиссады Space Shuttle'a – 20°.
- Сдвиньте РУД вниз и выпускайте воздушный тормоз (**Ctrl** **B**), чтобы снизить скорость. Не забудьте выпустить шасси – клавиша **G**.
- После касания ВПП можно использовать дифференциальный тормоз шасси – для левой стойки шасси клавиша **←**, для правой – **→**.

Космический полет:

До сих пор мы летали на дельта-глайдере, как на обычном самолете. Что ж, настало время подняться повыше...

- Произведите взлет, как было описано ранее. Поверните на восток (можно воспользоваться лентой компаса в верхней части ИЛС, или указателем курса, который есть в МФД *Авиагоризонт*. Возьмите «штурвал на себя» и добейтесь угла тангажа примерно в 50°.
- По мере подъема станет заметно, что поведение корабля меняется в соответствии со снижающейся плотностью атмосферы. Например, снизится подъемная сила, что проявится в постепенном опускании ИЛСовского индикатора направления скорости (значок ⊕). Другой эффект – уменьшение реакции от элеронов, управление как бы «тяжелеет».
- Примерно на 30-километровой высоте корабль будет уже опускать нос, несмотря на все старания держать его прямо. Настало время включить ракетную систему ориентации и стабилизации (RCS, Reaction Control System). Для этого щелкните правой кнопкой мыши по селектору “RCS Mode” (на приборной панели справа) или нажмите клавиши **Ctrl** **NumPad**. Теперь ваш корабль управляется не аэродинамическими поверхностями, а ракетными двигателями.
- Держите тангаж на уровне примерно 20°. По мере подъема к верхним слоям атмосферы нужно наращивать путевую скорость, приближая ее к орбитальной. Держите корабль так, чтобы индикатор направления скорости оставался над горизонтом (то есть выше 0°).
- Сейчас самое время переключить один из МФД в орбитальный режим (*Orbit* MFD). МФД покажет форму вашей текущей орбиты (зеленая кривая) относительно поверхности планеты (серая окружность), а также столбик орбитальных параметров в левой части дисплея. Переключите проекцию в режим «плоскость орбиты» (“current orbital plane”). Чтобы сделать это, нажимайте кнопку “PRJ”, пока в правом верхнем углу дисплея не появится название проекционного режима “Prj: SHP”.
- Сейчас ваша орбита выглядит как сильно вытянутый эллипс, большая часть которого пролегает под поверхностью Земли. Это означает, что вы все еще находитесь на баллистической траектории, а не на стабильной орбите. По мере роста тангенциальной составляющей скорости орбита будет расширяться. Когда зеленая кривая будет целиком над поверхностью Земли (а еще лучше чуть выше – за пределами атмосферы), это будет означать, что вы вышли на околоземную орбиту.
- На данном этапе наиболее важная информация, которую предоставляет МФД в режиме *Orbit*, это орбитальная скорость (параметр “Vel”) и радиус апогея орбиты (параметр “ApR”). Для того чтобы выйти на низкую околоземную орбиту, вам нужно набрать скорость не менее 7800 м/с. Когда такая скорость будет достигнута, вы увидите, что орбита на дисплее быстро поднимается над поверхностью Земли. Одновременно с этим начнет расти радиус апогея (апогей – высшая точка орбиты). Продолжайте разгон, пока параметр ApR не достигнет значения примерно 6.670M. Это соответствует высоте около 300 км. Теперь выключите двигатели.
- Вы почти на орбите. Все, что осталось сделать – поднять перигей орбиты (перигей – низшая точка орбиты) до безопасной высоты. Лучше сделать это в районе апогея, то есть сначала пролететь полвитка (это отнимет примерно 45 минут). Самое время переключиться в режим внешнего обзора и наслаждаться видами Земли из космоса!

- Также неплохо переключить ИЛС из режима *Surface* в режим *Orbit*. Щелкните на кнопке “ОВТ” в верхней левой части панели приборов, или дважды нажмите клавишу **[H]**. ИЛСовская «лесенка», которая была расположена вертикально и показывала угол тангажа, теперь расположилась горизонтально и показывает угол азимута относительно плоскости орбиты. Кроме того, появились два индикатора – *prograde* (направление вектора орбитальной скорости, символ \oplus) и *retrograde* (противоположное направление).
- Достигнув апогея, разверните корабль «носом вперед» (ориентация *prograde*). Вы можете оценить, насколько близок апогей, глядя на параметр ApT (время до апогея) в Орбитальном МФД. Если лететь слишком долго, нажмите **[I]** для ускорения времени симулятора (для замедления используется клавиша **[R]**). Чтобы развернуться вперед вы можете управлять двигателями ориентации RCS вручную, а можете воспользоваться автоматикой, включив навигационный режим “Prograde”. Для этого нажмите на приборной панели кнопку “Prograde” или воспользуйтесь клавишей **[I]**.
- А сейчас включите главные двигатели для завершения маневра выхода на орбиту. Следите за двумя параметрами – за эксцентриситетом орбиты (“Есс”) и за радиусом перигея (“PeR”). Чем меньше эксцентриситет, тем ближе орбита к круговой, а радиус перигея ближе к радиусу апогея (ApR). Когда эксцентриситет достигнет минимального значения, выключите двигатели. Теперь можно выключить режим «prograde», щелкнув еще раз по кнопке “Prograde”.
- Поздравляю! Вы на орбите!

Сход с орбиты:

Если захотите когда-нибудь вернуться на Землю, придется выполнить операцию схода с орбиты (*deorbit*). Это значит, что нужно снизить высоту перигея настолько, чтобы в нижней точке орбиты корабль задевал верхние слои атмосферы, чтобы трение о воздух оказало достаточный тормозящий эффект.

- Торможение для схода с орбиты выполняется главными двигателями в положении «спиной вперед» (ориентация *retrograde*). Щелкните на кнопке “Retrograde”, дождитесь разворота и стабилизации корабля и можете включать главные двигатели.
- Держите тягу полной до тех пор, пока точка перигея не уйдет под земную поверхность – это гарантирует сход с орбиты на ближайшем витке. Строго говоря, импульс двигателя для схода с орбиты должен быть тщательно рассчитан, ведь он определяет угол входа в атмосферу. Если торможение окажется недостаточным, возникнет эффект «блинчика» – корабль отскочит от атмосферы и уйдет обратно в космос. Если перетормозить, то угол входа будет большой и корабль превратится в горящую падающую звезду. Но сейчас мы тренируемся, и не будем вдаваться в такие детали...
- Снова развернитесь «носом вперед» (ориентация *prograde*) и подождите, пока высота не упадет до верхних слоев атмосферы (ниже 100 км). Чем ниже вы будете опускаться, тем сильнее будет трение о воздух, скорость будет падать все быстрее и быстрее. Обычно вход в атмосферу выполняется на больших углах атаки (*angle of attack*, AOA) – около 40° в случае Space Shuttle.
- Когда аэродинамика опять заработает, и вы сможете управлять кораблем при помощи элеронов, можете выключить систему ориентации (RCS). Ваш космический корабль снова превратился в самолет.
- Наверняка вы оказались весьма далеко от своей первоначальной точки старта. Сход с орбиты и последующая посадка в заранее выбранном районе требует некоторого навыка. Оставим эти тонкости до следующего раза. А сейчас просто попытайтесь найти сушу, пригодную для посадки корабля...
- На этом ваша первая орбитальная экскурсия завершена!

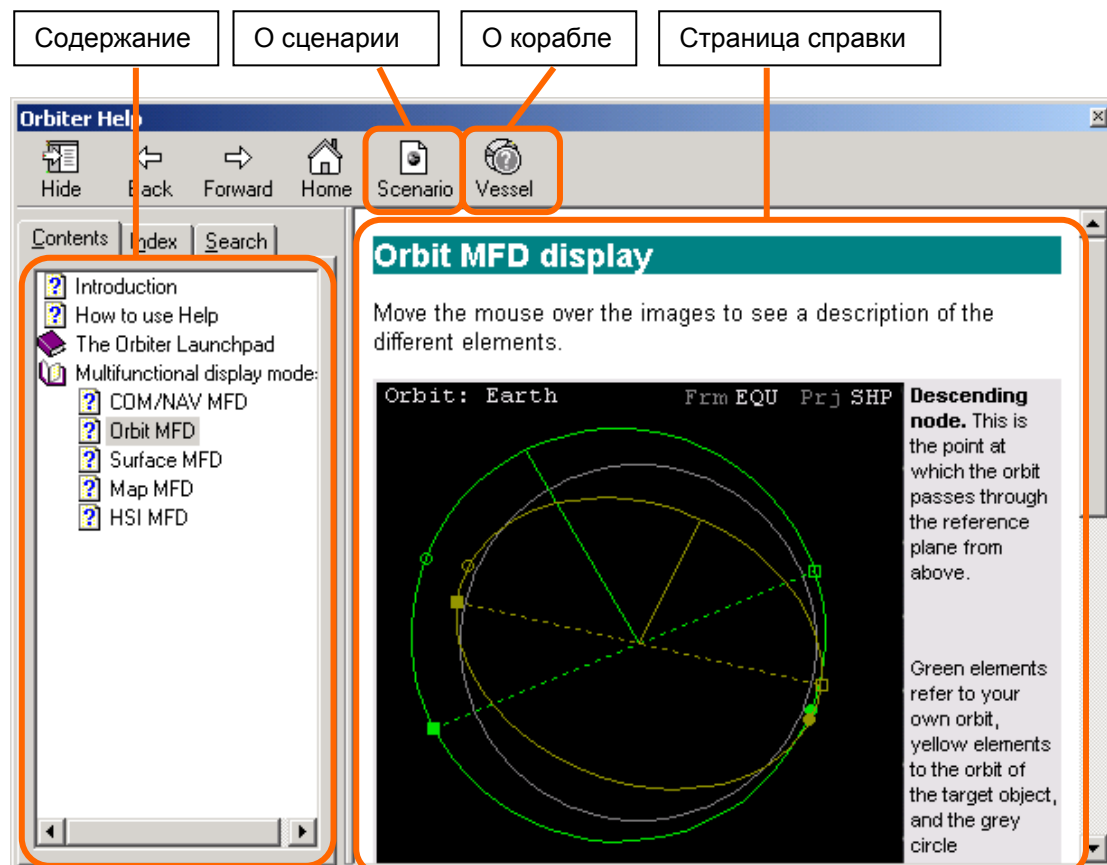
Теперь вы готовы к более сложным полетам. Попробуйте взлететь и состыковаться с МКС, этот полет описан в разделе 19. Но перед этим лучше узнать больше об орбитальном маневрировании и стыковке – в разделе 16.

5 Система помощи (Help)

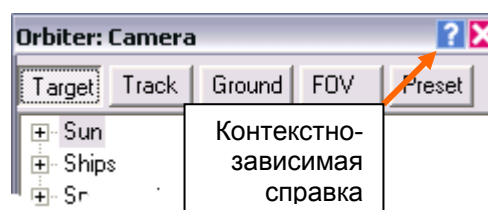
Находясь в диалоге «Стартовая площадка» (Orbiter launchpad), вы можете получить детальное описание всех возможных настроек, открыв окно справочной системы кнопкой «Help» справа внизу.

Во время симуляции окно справочной системы открывается нажатием на клавиши **Alt F1**. Можно также воспользоваться командой «Help» в главном меню симулятора (**F4**).

Справочная система может также содержать информацию о режимах МФД (MFD), описания текущего сценария или выбранного в данный момент космического корабля.



Многие окна-диалоги имеют контекстно-зависимую справку, которая открывается нажатием на кнопку «?», расположенную в заголовке окна.



В настоящее время справочная система все еще разрабатывается. Далеко не все сценарии и корабли снабжены контекстной справкой. Справочная система может быть доработана в будущем описаниями новых кораблей и сценариев. Разработчики добавлений (addons) также могут помещать в справочную систему свои справки и документацию.

6 Клавиатура

Здесь описана настройка клавиш *по умолчанию*. Имейте в виду, что назначения клавиш можно поменять, редактируя файл `keumap.dat`, расположенный в папке Орбитера. Поэтому реальное действие той или иной клавиши может отличаться от приведенных ниже.

Ссылки на клавиши выглядят в соответствии с раскладкой клавиатуры, приведенной на Рис. 8. Для других раскладок подписи на клавишах могут отличаться, в таком случае следует смотреть не на изображение клавиши, а на ее положение на Рис. 8. К примеру, для немецкой раскладки клавиши для функций «поворот по нормали орбиты», “turn orbit-normal” (;) и «поворот против нормали орбиты», “turn orbit-antinormal” (') будут “ö” и “ä”.

Клавиши цифровой клавиатуры и клавиши курсора обозначены подстрочными примечаниями, например, $\boxed{+}$ Numpad или $\boxed{\text{Home}}$ Cursorpad.

Помните, что отдельные корабли могут иметь свою, индивидуальную раскладку управления, так что обязательно сверяйтесь с документацией к конкретному кораблю.

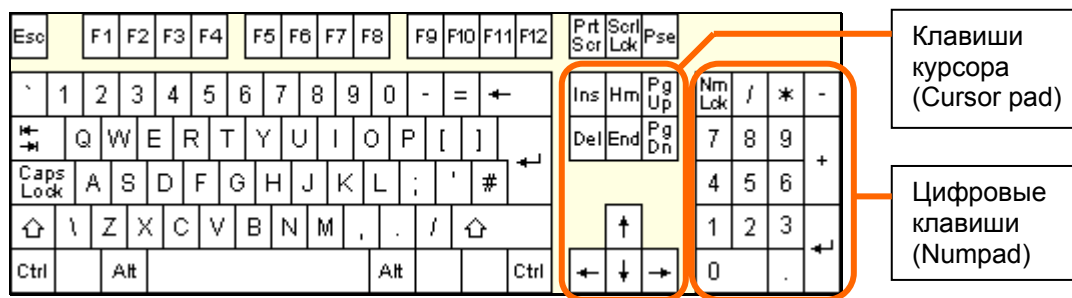













Рис. 8: Схема раскладки клавиатуры

6.1 Основное




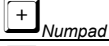

\boxed{F}	Отображение скорости обновления экрана, вкл./выкл.
\boxed{I}	Отображение информации о текущем объекте и камере, вкл./выкл.
\boxed{R}	Ускоритель времени: снизить скорость симуляции в 10 раз (мин. – 0.1 от нормальной). См. также диалог <i>Time acceleration</i> ($\boxed{\text{Ctrl}} \boxed{F2}$)
\boxed{T}	Ускоритель времени: увеличить скорость симуляции в 10 раз (макс. – в 100000 быстрее нормальной). См. также диалог <i>Time acceleration</i> ($\boxed{\text{Ctrl}} \boxed{F2}$)
\boxed{X}	Увеличить угол поля зрения. См. также диалог <i>Camera</i> ($\boxed{\text{Ctrl}} \boxed{F1}$)
$\boxed{\text{Ctrl}} \boxed{C}$	Включить/выключить запись полета или остановить воспроизведение. См. также диалог <i>Flight recorder</i> (клавиши $\boxed{\text{Ctrl}} \boxed{F5}$)
\boxed{Z}	Уменьшить угол поля зрения. См. также диалог <i>Camera</i> ($\boxed{\text{Ctrl}} \boxed{F1}$)
$\boxed{\text{Ctrl}} \boxed{D}$	Отстыковаться от корабля.
$\boxed{\text{Ctrl}} \boxed{P}$	Пауза, вкл./выкл.
$\boxed{\text{Ctrl}} \boxed{Q}$	Выход в диалог «Стартовая площадка» (Launchpad).
$\boxed{\text{Ctrl}} \boxed{S}$	Быстрое сохранение сценария.
$\boxed{F1}$	Переключение между внешним и внутренним видами на управляемый в данный момент корабль.
$\boxed{\text{Ctrl}} \boxed{F1}$	Открыть диалог <i>Camera</i> (выбор цели для камеры, угла поля зрения и варианта сопровождения объекта камерой).
$\boxed{F2}$	Переключение вариантов сопровождения камерой внешнего вида связана с целью / смешанная / связана с глобальной системой координат (target-relative / absolute direction / global frame).

	Открыть диалог <i>Time acceleration</i> , который позволяет увеличивать и уменьшать скорость симуляции и включать / выключать паузу.
	Открыть диалог <i>Select spacecraft</i> , позволяющий переключать управление между различными кораблями.
	Переключить управление на предыдущий выбранный корабль. Это позволяет быстро переключаться между двумя кораблями.
	Открыть главное меню.
	Открыть диалог <i>Custom functions</i> . В нем содержится список дополнительных функций, определенных в дополнительных модулях (plugin modules), если они есть.
	Открыть диалог <i>Flight recorder/playback</i> , который содержит список записанных полетов и дает возможность их воспроизведения.
	Открыть диалог <i>Object Info</i> , который содержит специфические данные о том или ином объекте, например, частоты радиостанций или приводных маяков ILS и т.п.
	Открыть диалог <i>Map</i> (местоположение космопортов, навигационных точек и т.п.)
	Открыть диалог <i>Navaid Info</i> , содержащий справочную информацию по навигационным радиомаякам.
	Открыть диалог <i>Visual helpers</i> , позволяющий настраивать отображение в симуляторе дополнительной информации, например, того, что показывается в режиме «Планетарий».
	Вкл./выкл. визуализатор, настраиваемый при помощи диалога <i>Visual helpers</i> .


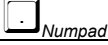
6.2 Управление кораблем

Эти клавиши позволяют ручное маневрирование кораблем, находящимся в данный момент под управлением пользователя. См. также управление джойстиком. Имейте в виду, что некоторые корабли могут не иметь в своей конструкции все представленные ниже типы двигателей.



Управление главными/тормозными двигателями (Main/Retro thrusters):



	Плавное увеличение тяги главных двигателей или уменьшение тяги тормозных двигателей.
	Плавное уменьшение тяги главных двигателей или увеличение тяги тормозных двигателей.
	Выключить главные и тормозные двигатели.
	Мгновенная 100% тяга главных двигателей (действует, пока нажата)
	Мгновенная 100% тяга тормозных двигателей (действует, пока нажата)


Управление двигателями вертикальной тяги (Hover thrusters), если они есть:

	Увеличить тягу.
	Уменьшить тягу.




Управление двигателями ориентации (режим вращения):


	Включить двигатели для вращения вокруг продольной оси (угол крена (вращения), bank)
	Включить двигатели для вращения вокруг поперечной оси (угол

	тангажа, pitch)
 Numpad	Включить двигатели для вращения вокруг вертикальной оси (угол курса (рысканья), yaw)
 Numpad	Включить навигационный режим "Kill rotation". Режим автоматически останавливает вращение корабля, самостоятельно включая необходимые двигатели ориентации.













Примечание: В комбинации с , двигатели включаются только на 10% максимальной тяги для более тонкого управления.

Управление двигателями ориентации (режим линейных перемещений):

 Numpad	Включить двигатели для перемещений вверх/вниз.
 Numpad	Включить двигатели для перемещений влево/вправо.
 Numpad	Включить двигатели для перемещений вперед/назад

Примечание: В комбинации с , двигатели включаются только на 10% максимальной тяги для более тонкого управления.

Остальные клавиши управления кораблем:

 Numpad	Переключение режима двигателей ориентации между режимом вращения и режимом линейных перемещений.
 Numpad	Вкл./выкл. систему двигателей ориентации (RCS, reaction control system).
 Numpad	Вкл./выкл. управления аэродинамическими поверхностями (элероны, рули высоты и направления), если они есть на корабле.
	Вкл./выкл. режим «Держать высоту» ("Hold altitude"). Высота поддерживается только за счет применения двигателей вертикальной тяги. Данный режим не будет работать, если в корабле нет двигателей вертикальной тяги, при больших углах крена или тангажа, а также в том случае, когда двигатели не способны преодолеть притяжение планеты. Рекомендуется комбинировать данный режим с режимом горизонтальной стабилизации ("H-level").
	Вкл./выкл. режим горизонтальной стабилизации ("H-level"). В этом режиме корабль будет поддерживаться в положении, выровненном по местному горизонту, с нулевыми углами крена и тангажа. Режим поддерживается при помощи двигателей ориентации (RCS).
	Вкл./выкл. режим «Разворот по движению» ("Turn prograde"). Корабль разворачивается в направлении, совпадающем с направлением текущего вектора орбитальной скорости.
	Вкл./выкл. режим «Разворот против движения» ("Turn retrograde"). Корабль разворачивается в направлении, противоположном направлению текущего вектора орбитальной скорости.
	Вкл./выкл. режим «Поворот по нормали орбиты» ("Turn orbit-normal"). Корабль разворачивается в направлении нормали к плоскости орбиты (т.е. в направлении $\vec{R} \times \vec{V}$)
	Вкл./выкл. режим «Поворот против нормали орбиты» ("Turn orbit-antinormal"). Корабль разворачивается в направлении, обратном направлению нормали к плоскости орбиты (т.е. в направлении $-\vec{R} \times \vec{V}$)
 Cursorpad	Управление триммером руля высоты (только для кораблей с аэродинамическими поверхностями)
	Включить левый колесный тормоз (если таковой есть)
	Включить правый колесный тормоз (если таковой есть)

6.3 Камера внешнего вида

	Удаление камеры от объекта
	Приближение камеры к объекту
 	Вращение камеры вокруг объекта

В наземном варианте камеры (камера как бы стоит на земле), сочетания

 перемещают камеру в горизонтальной плоскости, и меняют высоту камеры над землей, а

 поворачивают саму камеру (если только она не сопровождает определенный объект-цель).

6.4 Камера внутреннего вида (кокпит)

Два многофункциональных дисплея (МФД, MFD) слева и справа управляются при помощи комбинаций с левым/правым Shift соответственно.



Индикатор лобового стекла (ИЛС) или Head-up display (HUD) и МФД (MFD) доступны только при «виде изнутри», т.е. в кокпите.

	Переключение между стандартным кокпитом, 2-мерными панелями управления и 3-мерным кокпитом (если таковые поддерживаются в данном корабле)
 	Вращение направлением «взгляда» (камеры).
	«Взгляд» – вперед.
 	Прокрутка приборной панели (в режиме 2-мерной панели приборов, если такой режим есть в данном корабле).
 	Перейти к соседней приборной панели (если таковая есть).
	Вкл./выкл. ИЛС (HUD).
	Переключение режима ИЛС (HUD).
	Выбор тела отсчета для ИЛС (HUD). Для ИЛС в режиме орбитального полета (Orbit HUD): открывает диалог ввода имени тела отсчета, для ИЛС в режиме стыковки (Docking HUD): последовательное переключение ИЛС на доступные навигационные приемники (NAV receivers).
	ИЛС в режиме стыковки (Docking HUD): выбор цели в обход приемников XPDR и IDS сигналов.
NEW!	Вкл./выкл. МФД (MFD).
	Открыть меню выбора режима для левого/правого МФД (MFD).
NEW!	Движение по списку МФД в режиме выбора МФД.
NEW!	Включение МФД в режиме выбора.
	Открыть/пролистать/закрыть меню выбора параметров МФД (MFD).

Про управление различными МФД см. раздел 13 или Приложение А.

6.5 Работа с меню-списком

	Перейти к предыдущему элементу списка.
	Перейти к следующему элементу списка.
	Показать список-подменю, если он есть.
	Вернуться из списка-подменю в основной список.

	Выбрать текущий элемент списка и закрыть список.
	Закрыть список.



7 Джойстик

Для управления кораблем также можно использовать джойстик.

Действие	Результат
Рукоятка влево или вправо	Поворот корабля вокруг продольной оси, угол крена (вращения), bank
Рукоятка вперед или назад	Поворот корабля вокруг поперечной оси, угол тангажа, pitch
Поворот педалей или Рукоятка влево/вправо с нажатой кнопкой номер 2	Поворот корабля вокруг вертикальной оси, угол курса (рысканья), yaw
Управление тягой двигателей (throttle control)	Управление тягой главных двигателей. То же, что клавиши и , но только для главных (но не тормозных) двигателей.
Хэт-кнопка ("coolie hat")	Вид из кокпита: поворот камеры Внешний вид: вращение камеры вокруг объекта
Хэт-кнопка с нажатой кнопкой номер 2	Вид из кокпита: прокрутка приборной доски (если таковая есть) Внешний вид: поворот камеры (только для режима "ground observer", т.е. «камера на земле»)

8 Мышь

В приборных панелях кораблей можно пользоваться мышью. Большинство кнопок и переключателей срабатывают от нажатия левой кнопки мыши. Некоторые элементы могут управляться как левой, так и правой кнопками. В стандартном кокпите кнопки, расположенные вокруг МФД (MFD) могут нажиматься мышью.

В режиме внешнего вида можно пользоваться *колесом мыши* (если оно есть) для того, чтобы приближать камеру к объекту или удалять ее от него. То есть колесо мыши работает так же, как клавиши  и .

Направление камеры можно менять, двигая мышью с одновременно нажатой правой кнопкой. Это работает как для кокпита, так и для вида снаружи.

Конечно, мышь можно использовать и обычным способом – работая в диалогах.

9 Космические аппараты

В настоящее время в Орбитере доступны следующие стандартные (т.е. идущие в стандартной поставке) космические аппараты. Намного больше кораблей можно скачать из Интернета в виде добавлений (addons). Список web-сайтов – репозиториев добавлений можно найти на официальном сайте Орбитера.

9.1 Delta-glider

Delta-glider («Дельта-глайдер») идеален для пилотов-новичков. Футуристическая концепция, высокая тяга двигателей и низкое потребление топлива упрощают выход на орбиту и даже позволяют совершать межпланетные перелеты. Крылатая конструкция позволяет совершать полеты в плотных слоях атмосферы, подобно обычному самолету. В то же время двигатели вертикальной тяги позволяют взлетать и садиться вертикально, независимо от наличия атмосферы и взлетно-посадочных полос.



Визуальная модель и текстуры Delta-glider'a созданы Роджером Лонгом (Roger "Frying Tiger" Long). Автор приборной панели – Мартин Швейгер (Martin Schweiger).

Есть два варианта DG: Стандартный DG, оборудованный главными, тормозными двигателями и двигателями вертикальной тяги, а также скрэм-джет версия, DG-S. По сравнению со стандартным, DG-S дополнительно оборудован двумя скрэм-джет двигателями с воздухом в качестве рабочего тела. Эти двигатели особенно эффективны при сверх- и гиперзвуковых полетах с числом Маха от 3 до 8.

Модель DG снабжена 2-мерной приборной панелью и 3-мерным виртуальным кокпитом.

Модель «Дельта-глайдера» имеет также посадочное шасси, носовой стыковочный узел, шлюзовую камеру, раскрывающийся радиатор и подвижные аэродинамические поверхности (рули, элероны и воздушные тормоза). В настоящее время модель также имеет реактивный выхлоп, выполненный с использованием технологии частиц (particle effects).

Детальное описание приборных панелей, переключений камеры и технические характеристики содержатся в отдельном документе *Doc\DeltaGlider.pdf*.

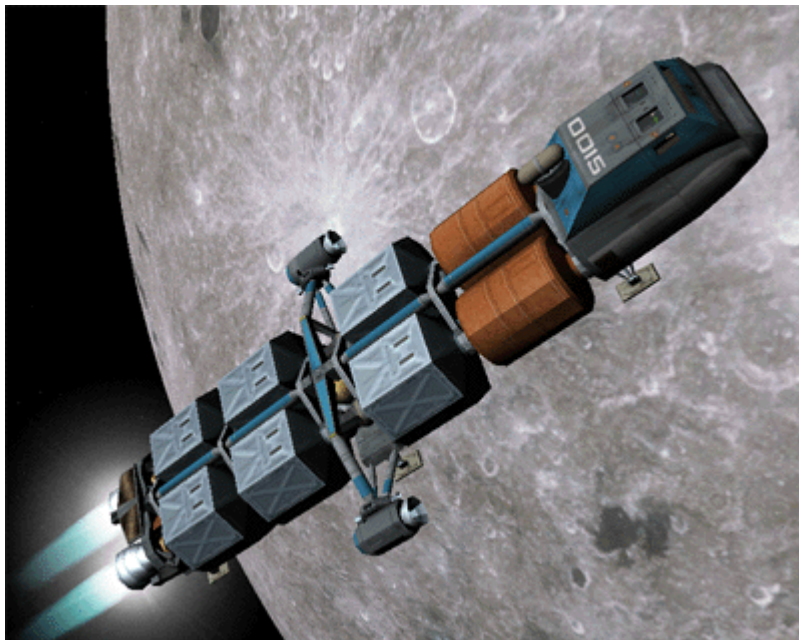
→ см. также: *Doc\DeltaGlider.pdf* (русский перевод документа можно найти на сайте www.kulch.spb.ru)

9.2 Shuttle-A

Это новые и старые корабли Shuttle-A, разработанные Роджером Лонгом (он же "Frying Tiger"). Shuttle-A – это среднего класса грузовик, предназначенный для грузовых перевозок в условиях планет с низкой гравитацией и разреженной атмосферой. Его

конструкция позволяет достичь низкой околоземной орбиты, но с риском полностью израсходовать запасы топлива.

На корабле установлены два маршевых двигателя, два двигателя вертикальной тяги и два боковых двигателя. Боковые двигатели смонтированы в специальных люльках, которые могут вращаться в пределах 180°, создавая тягу вперед, назад или вверх (а также в любом промежуточном направлении).



*Визуальная модель:
Роджер Лонг (Roger Long). Программный
модуль и панель
приборов: Мартин
Швейгер (Martin
Schweiger).
Виртуальный
кокпит, управление
полезным грузом:
Раду Пьенару (Radu
Poenaru).*

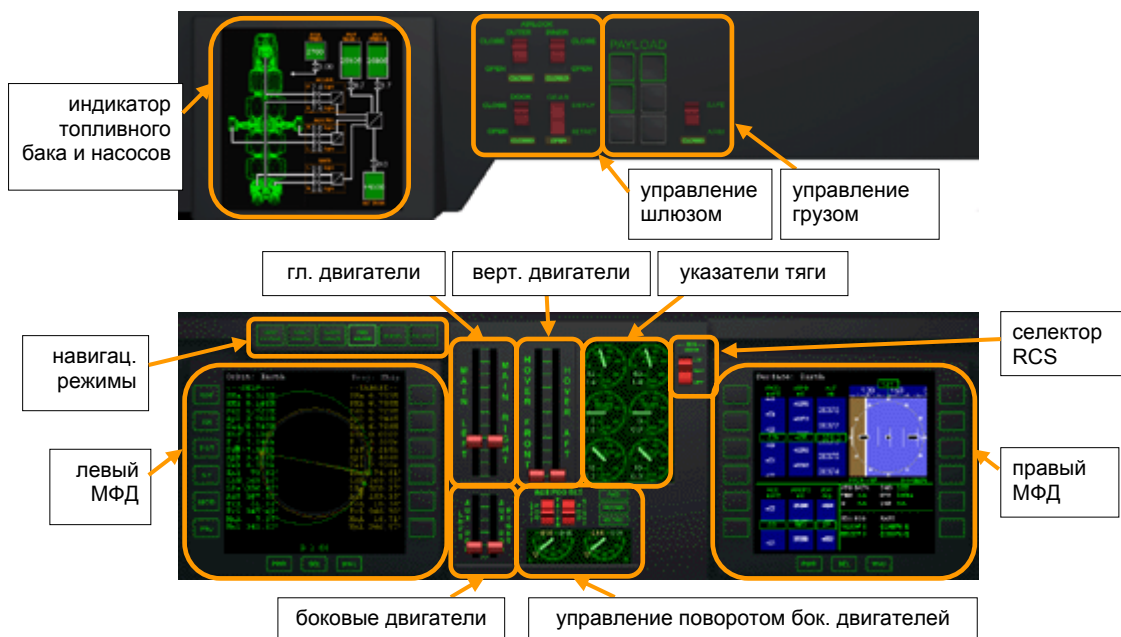
Модель Shuttle-A имеет приборную панель. Детальное описание управления и технические характеристики содержатся в отдельной Технической инструкции по Shuttle-A (Shuttle-A Technical Manual).

NEW!

Последняя версия корабля Shuttle-A имеет виртуальный кокпит, съемные грузовые контейнеры и убираемое шасси, разработанные Раду Пьенару (Radu Poenaru).

Главная и верхняя панели приборов:

Переключение из стандартного кокпита в 2-мерные приборные панели и в виртуальный кокпит производится, как обычно, клавишей **F8**. В корабле есть две приборные панели, между которыми можно переключаться при помощи клавиш **Ctrl** **↓** и **Ctrl** **↑**.

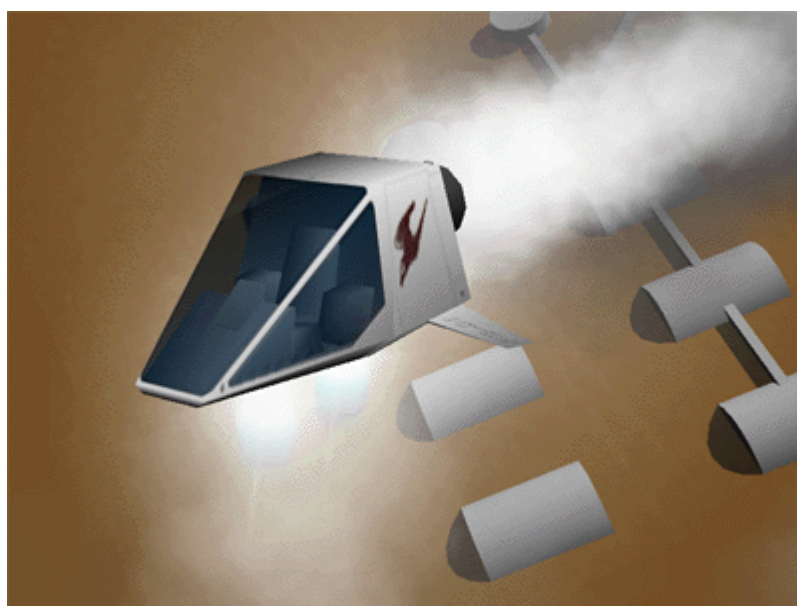


Специфические сочетания клавиш:

К	Открыть/закрыть стыковочный узел
О	Открыть/закрыть внешнюю гермодверь
G	Выпустить/убрать шасси.

9.3 Shuttle PB (PTV)

Shuttle PB – весьма проворный одноместный корабль. В атмосфере развивает небольшую подъемную силу, а посадку и взлет делает при помощи двух двигателей вертикальной тяги. Никакого аэродинамического управления корабль не имеет, ориентация осуществляется при помощи двигателей RCS.



*Дизайн и текстуры:
Balázs Patyi.
Программный
модуль: Мартин
Швейгер (Martin
Schweiger)*

Технические характеристики:

Масса	500 кг (сухая масса)
	750 кг (масса топлива)

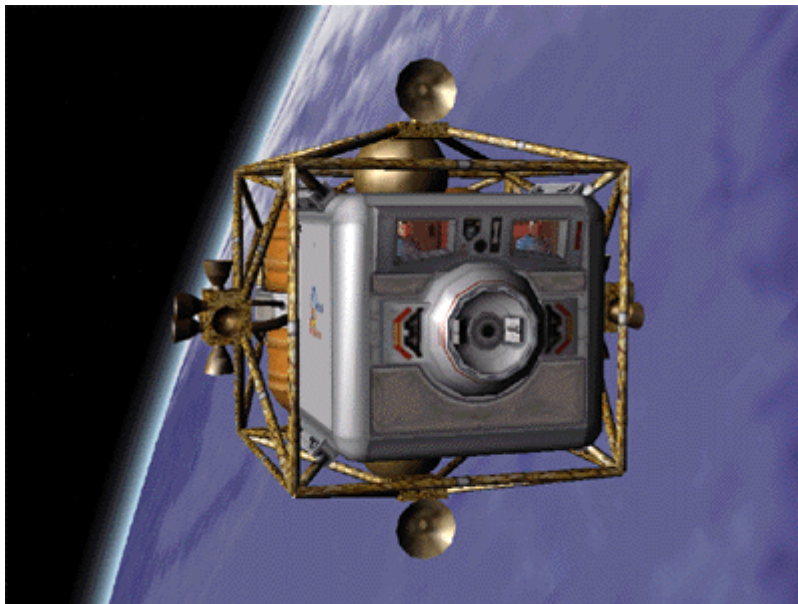
	1250 кг	(полная масса)
Длина	7 м	
Тяга	$3.0 \cdot 10^4$ Н	(главный двигатель)
	$2 \times 0.75 \cdot 10^4$ Н	(двигатели вертикальной тяги)
Isp	$5.0 \cdot 10^4$ м/с	(удельный импульс топлива в вакууме)

9.4 Dragonfly

“Dragonfly” – космический буксир, предназначенный для перемещения грузов на орбите. Его можно использовать для того, чтобы перемещать на более высокие орбиты грузы, доставленные кораблем Space Shuttle, или для сборки из модулей больших орбитальных конструкций.

Корабль не имеет маршевых двигателей, но оборудован универсальной и адаптируемой системой RCS.

“DRAGONFLY” НЕ ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ СНИЖЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ ИЛИ ДЛЯ ПОСАДКИ НА ПОВЕРХНОСТЬ ПЛАНЕТ!



Оригинальный дизайн “Dragonfly”: Мартин Швейгер (Martin Schweiger). Развитие модели и текстуры: Роджер Лонг (Roger Long). Системы симуляции и панели приборов: Раду Пьенару (Radu Poenaru).

“Dragonfly” – первый корабль, имеющий детальную модель электрической системы и системы жизнеобеспечения, разработанную Раду Пьенару (Radu Poenaru). Детальную информацию можно получить в отдельной Инструкции по Dragonfly (Dragonfly Operations Handbook).

Технические характеристики:

Масса	$7.0 \cdot 10^3$ кг	(сухая)
	$11.0 \cdot 10^3$ кг	(заправленный на 100%)
Длина	14.8 м	
Ширина	7.2 м	
Высота	5.6 м	
Тяговая система		
RCS смонтирована в 3 группы (левая, правая, задняя), всего 16 двигателей		
Тяга	1.0 кН	на двигатель
Isp	$4.0 \cdot 10^4$ м/с	(удельный импульс топлива в вакууме)

9.5 Space Shuttle Atlantis

«Атлантис» (Space Shuttle Atlantis) – единственный «реальный» корабль, включенный в стандартную поставку Орбитера (однако, многие другие модели реальных космических кораблей могут быть доустановлены в качестве дополнений). Эта модель не так

терпима к ошибкам пилотирования, как «Дельтаглайдер», поэтому вывести корабль на орбиту намного сложнее.

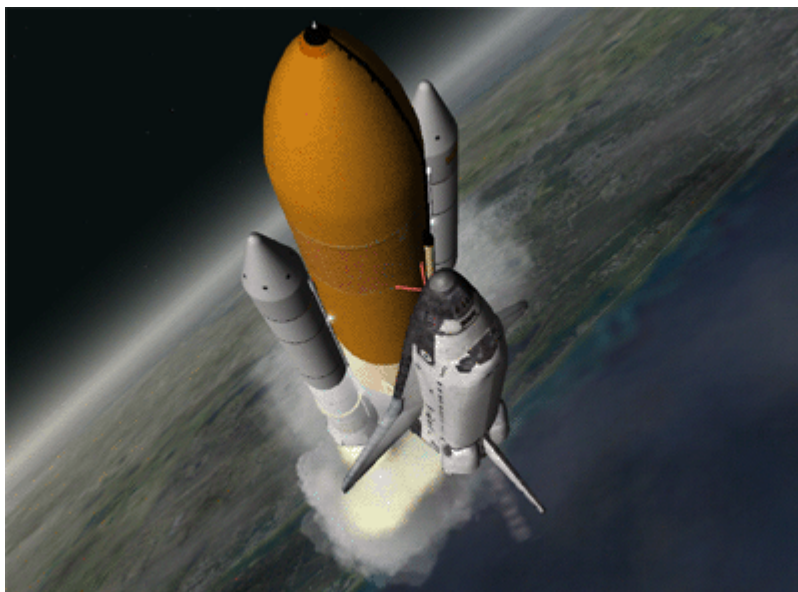
«Атлантис» снабжен грузовым отсеком и работающим манипулятором (система “Canadam”), поэтому вы можете моделировать выведение спутников на орбиту, а также их захват и съем с орбиты или обслуживание Международной космической станции. Модель снабжена также виртуальным кокпитом с работающими приборами МФД, Индикатором лобового стекла (ИЛС или HUD), а также индивидуальными маневрирующими устройствами для выхода в открытый космос (MMU).

Подробное описание модели вынесено в отдельные документы:

→ см. также: **Doc\Atlantis.pdf**

→ см. также: **Doc\Atlantis_MMU_Sat_30.pdf**

Ниже приведены упрощенные карты операций, производимых при взлете, стыковке и при работе с полезной нагрузкой.



Визуальная модель и текстуры: Майкл Гросберг (Michael Grosberg), Дон Галлахер (Don Gallagher) (орбитер) и Дамир Гулесич (Damir Gulesich) (бак ET и ускорители SRB). Оригинальный программный модуль: Мартин Швейгер (Martin Schweiger). Манипулятор и устройство MMU: Роберт Конли (Robert Conley). Программное расширение модуля: Дэвид Хопкинс (David Hopkins) и Дуэглас Бичи (Douglas Beachy)



Виртуальный кокпит, вид с места командира корабля.

Взлет:

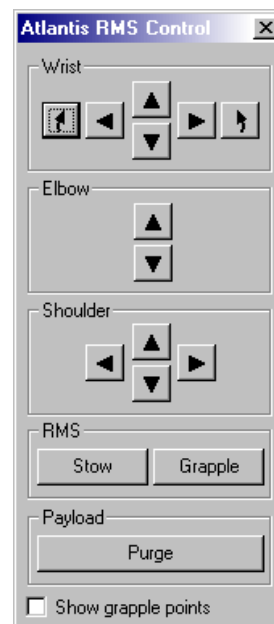
- Довести тягу главных двигателей до 100%.
- Зажигание SRB произойдет автоматически по достижении уровня тяги главных двигателей в 95%. Ускорители SRB не управляются и не могут быть выключены после зажигания.
- Во время запуска управление осуществляется поворотом векторов тяги ускорителей. Разверните шаттл на нужный азимут и постепенно уменьшайте тангаж по мере выхода на орбиту.
- Ускорители SRB отделяются автоматически в T+2:06 мин. В случае наступления аварийной ситуации ускорители могут быть сброшены вручную нажатием на клавишу **J**.
- Продолжайте подъем на маршевых двигателях орбитального аппарата. Плавно снижайте тягу для того, чтобы обеспечить максимальное ускорение не более 3g.
- Внешний бак отделяется в T+8:58 мин (высота 110 км) после выработки топлива или вручную, нажатием на клавишу **J**.
- После отделения внешнего топливного бака корабль переключается на двигатели орбитального маневрирования (orbital maneuvering system, OMS), использующие внутренние баки с топливом. Включите двигатели для того, чтобы завершить выход на орбиту. Ориентация корабля осуществляется при помощи двигателей RCS (reaction control system).

Стыковка:

- Стыковочный узел орбитального аппарата расположен в грузовом отсеке.
- Перед стыковкой откройте створки грузового отсека.
- Направление движения при стыковке – вверх, в координатах орбитального аппарата +y, поэтому показания стыковочного МФД следует понимать соответствующим образом.







Манипулятор RMS, захват грузов:

- В шаттле есть манипулятор, позволяющий захватывать различные грузы и укладывать их в грузовой отсек, выгружать грузы, а также ассистировать миссиям MMU.
- Манипулятор можно использовать только после полного открытия створок грузового отсека.
- Диалог управления манипулятором RMS открывается нажатием на клавиши **Ctrl**+Space.
- Манипулятор имеет три шарнира: «плечо» (shoulder) может поворачиваться в двух плоскостях, «локоть» (elbow) может поворачиваться в одной плоскости и «запястье» (wrist) может поворачиваться в трех плоскостях.
- Чтобы захватить спутник, находящийся в грузовом отсеке, передвиньте конец манипулятора к точке захвата и нажмите кнопку “Grapple”. Если захват прошел успешно, надпись на кнопке сменится на “Release”.
- Чтобы облегчить процесс, включите режим “Show grapple points” (показать точки захвата). Точки захвата будут показаны мигающими стрелками.
- Чтобы выпустить спутник, нажмите кнопку “Release”.
- Вы можете захватывать манипулятором и свободно летящий рядом спутник, если поднесете манипулятор к одной из точек захвата.
- Чтобы вернуть спутник с орбиты на Землю, его следует захватить и уложить в грузовой отсек. Используйте манипулятор для того, чтобы развернуть спутник в правильное положение в грузовом отсеке. Как только это произойдет, станет доступна кнопка “Arrest”. Нажмите ее и спутник будет закреплен в грузовом отсеке и отцеплен от манипулятора.



- Чтобы вернуть манипулятор из рабочего положения в транспортное, нажмите кнопку “Stow”, которая доступна только в том случае, когда манипулятор свободен от груза.
- Груз может быть запущен непосредственно из грузового отсека нажатием на кнопку “Purge”.

Специфические сочетания клавиш:

	Сброс ускорителей или внешнего бака
	Открыть/закрыть створки грузового отсека. Створки могут быть закрыты только тогда, когда убрана антенна Ки-диапазона.
	Выпустить/убрать шасси (работает только после отделения внешнего бака).
	Раскрыть воздушный тормоз.
	Раскрыть/убрать антенну Ки-диапазона. Антенну можно раскрыть только после того, как створки грузового отсека полностью откроются.
	Открыть диалог управления манипулятором RMS.

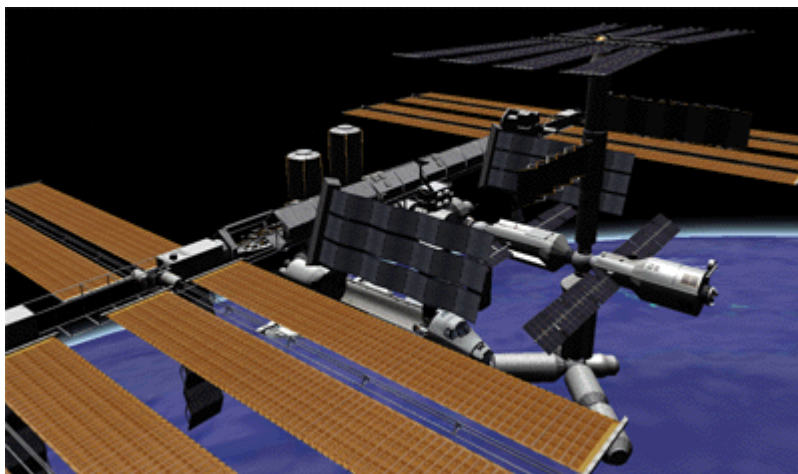


В отличие от футуристических космических кораблей, «Атлантис» не позволяет совершать большие ошибки при выводе на орбиту. Перед тем, как пытаться запустить «Атлантис», потренируйтесь на менее сложных кораблях. Обязательно включите режим «ограничение количества топлива», поскольку «Атлантис» слишком тяжел, чтобы выйти на орбиту в полностью заправленном виде!

9.6 International Space Station (ISS)

Международная космическая станция (МКС) – это международный проект научной орбитальной платформы, который в настоящее время еще строится (окончательная судьба проекта пока находится под вопросом в связи с катастрофой шаттла «Колумбия»).

В Орбитере МКС представлена в полностью построенном варианте. МКС является неплохой целью для стыковки как для кораблей Space Shuttle, так и для других кораблей Орбитера.



Визуальная модель и текстуры: Проект «Альфа» Эндрю Фарнаби (Project Alpha by Andrew Farnaby)

В Орбитере МКС снабжена транспондером (XPDR) с частотой сигнала 131.30.

На МКС есть 5 стыковочных узлов (docking ports). В Орбитере каждый из них оборудован радиостанцией приводной системы IDS (Instrument Docking System). По умолчанию использованы следующие частоты IDS:

Port 1	137.40
Port 2	137.30

Port 3	137.20
Port 4	137.10
Port 5	137.00

Подробнее о процедуре стыковки см. раздел 16.7.

9.7 Космическая станция «Мир»

В Орбитере русская станция «Мир» все еще находится на орбите и может быть использована для стыковочных процедур. В отличие от реальной станции, «Мир» в Орбитере вращается по орбите, которая лежит в плоскости эклиптики, что делает станцию удобной платформой для запуска лунных и межпланетных миссий.



Визуальная модель и текстуры: Джейсон Бенсон (Jason Benson)

Для удобства сближения станция оборудована транспондером с частотой 132.10.

Станция имеет 3 стыковочных узла (docking ports), каждый из которых оборудован передатчиком приводной системы IDS с частотами:

Port 1	135.00
Port 2	135.10
Port 3	135.20

9.8 Lunar Wheel Station

Лунная «Станция-Колесо» – это большая фантастическая станция, вращающаяся по орбите вокруг Луны. Она состоит из колеса, соединенного со ступицей двумя спицами. Колесо имеет диаметр 500 метров и вращается с частотой один оборот за 36 секунд, что обеспечивает жителей станции искусственной гравитацией на уровне 7.6 м/с^2 , или около 0.8g.

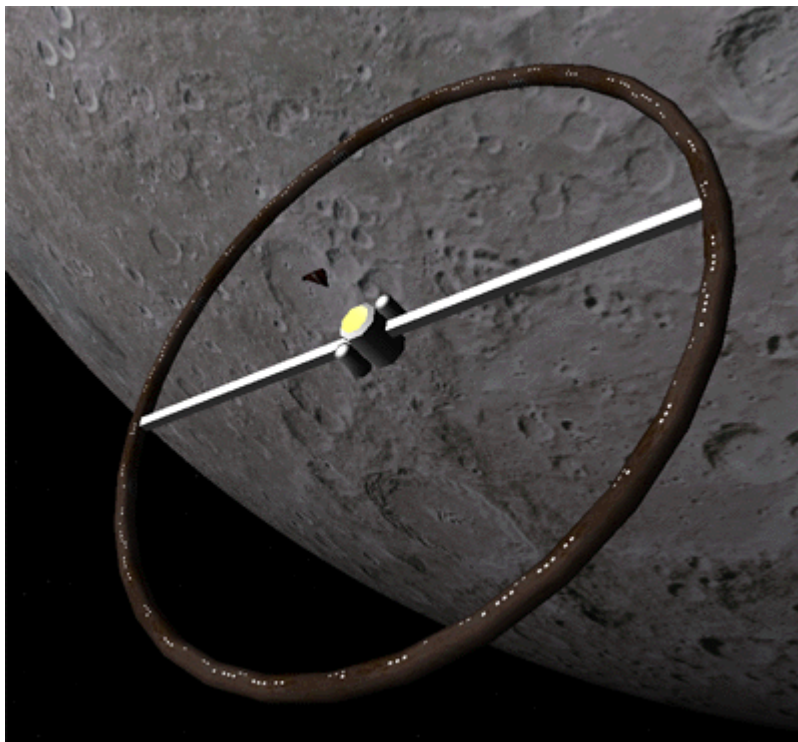
Главная проблема – сложность маневра стыковки со станцией. Стыковка с вращающимся объектом возможна только в направлении оси вращения. В «ступице» колеса имеется два стыковочных узла. Направление стыковки совпадает с осью вращения станции. Перед стыковкой приближающийся корабль должен синхронизировать свое продольное вращение с вращением станции. Подробнее о процедуре стыковки см. в разделе 16.7.



В настоящее время стыковочные инструменты в Орбитере неспособны обеспечить вращение корабля вокруг оси стыковки, если эта ось не является продольной осью корабля. Таким образом, правдоподобная стыковка со станцией-колесом доступна, например, для кораблей Shuttle-A и Dragonfly, и недоступна для Delta-glider или Space Shuttle.

Станция оборудована транспондером с частотой сигнала 132.70. Частоты приводных IDS по умолчанию:

Port 1	136.00
Port 2	136.20






Визуальная модель и текстуры: Мартин Швейгер (Martin Schweiger)

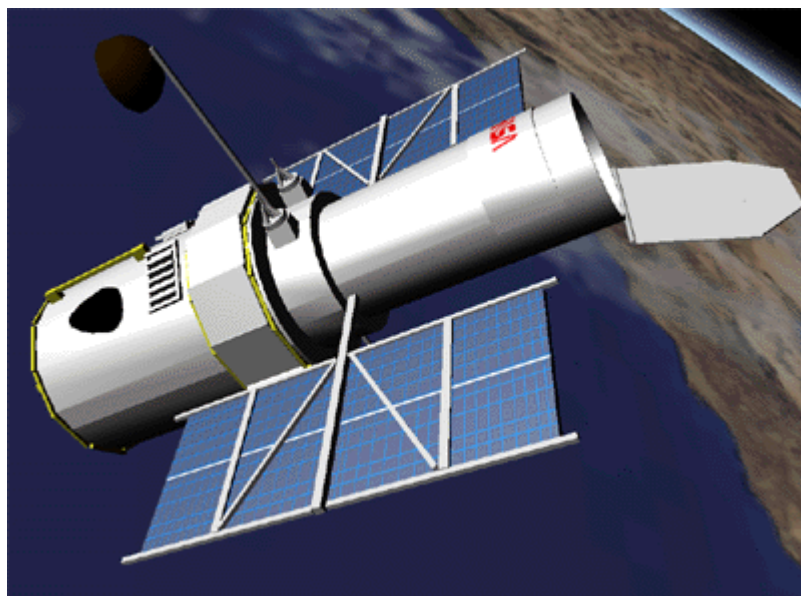
9.9 Hubble Space Telescope

Космический телескоп «Хаббл» (HST) является одним из элементов астрономической программы «Большие Обсерватории». Телескоп может вести наблюдения в видимом, ультрафиолетовом и ближнем инфракрасном диапазонах. Космический телескоп обеспечивает значительно более высокое разрешение, чем наземные телескопы. Назначение HST: (1) исследование состава, физических характеристик и динамики небесных тел; (2) исследование процессов возникновения и развития звезд и галактик; (3) изучение истории и эволюции Вселенной; и (4) создание основы для перспективных программ в области оптической астрономии космического базирования. Во время первых после вывода на орбиту проверок телескопа был выявлен оптический дефект главного зеркала. Причиной являлась неисправность диагностической аппаратуры, при помощи которой телескоп проверялся еще на Земле. К счастью, телескоп был разработан как обслуживаемый инструмент. Первая миссия по ремонту телескопа, STS-61, была запущена в декабре 1993. В процессе ремонта был полностью заменен оптический пакет телескопа и некоторые другие приборы. Во время второй миссии по обслуживанию телескопа (март 1997) были установлены два дополнительных астрономических инструмента.

В Орбитере представлено несколько миссий по разворачиванию и обслуживанию телескопа «Хаббл» с помощью корабля Space Shuttle. Описание Space Shuttle см. выше, раздел 9.5.

Специфические сочетания клавиш:

 1	Развернуть/убрать антенну высокой частоты
 2	Открыть/закрыть люк трубы телескопа
 3	Развернуть/убрать солнечные батареи



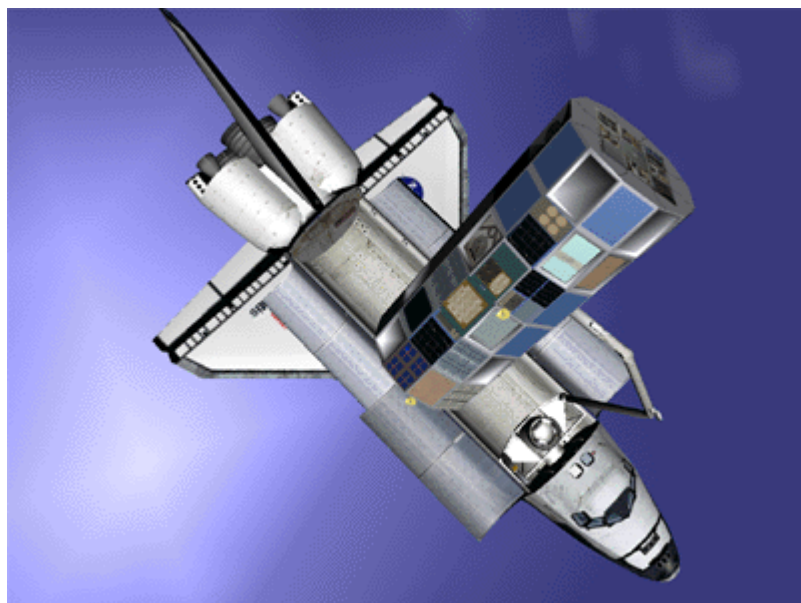
Визуальная модель и текстуры: Дэвид Сандстром (David Sundstrom)

9.10 LDEF Satellite

Долгоживущая платформа, Long Duration Exposure Facility (LDEF).

Этот спутник был выведен на орбиту шаттлом «Челленджер» 7 апреля 1984 года с расчетным сроком возвращения через год. После катастрофы «Челленджера» спутник пробыл на орбите шесть лет. Экипаж миссии STS-32 снял спутник LDEF с орбиты 11 января 1990 года за два месяца до того, как он должен был войти в атмосферу Земли и разрушиться.

LDEF удобен для моделирования миссий по выводу спутников на орбиту и возвращению их на Землю.



Визуальная модель Дона Галлахера (Don Gallagher)

10 Информация об объектах

Пользуйтесь информационным диалогом для получения различных данных о следующих объектах:

- объект, к которому привязана камера
- космические корабли
- космопорты (наземные базы)
- небесные тела (солнце, планеты, луны)

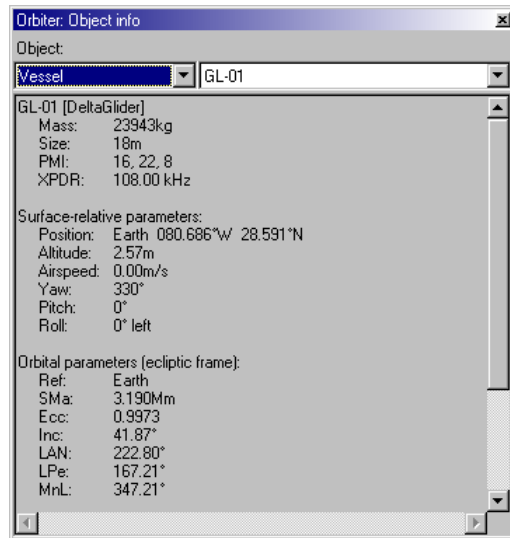
Чтобы открыть информационный диалог во время симуляции, используйте клавиши **Ctrl I** или выберите пункт *Object info* в главном меню симулятора.

10.1 Корабли

Выберите тип объектов *Vessel*, затем выберите конкретный корабль из доступных в симуляции в настоящий момент.

Информационный лист по космическим кораблям содержит следующие данные:

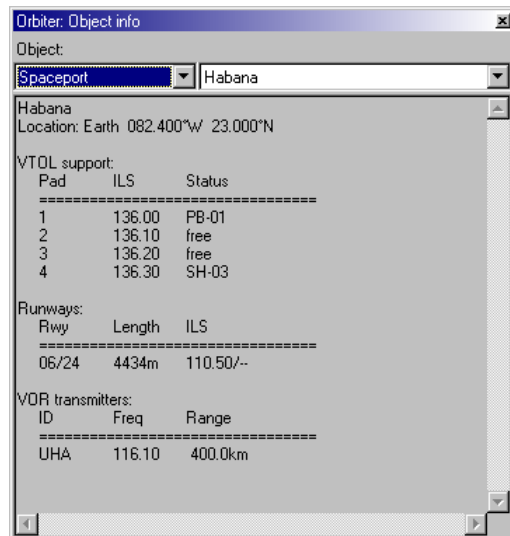
- текущая масса
- размер
- нормализованный по массе тензор основных моментов инерции (PMI)
- частота транспондера
- экваториальная позиция (долгота и широта) на планете, вокруг которой корабль обращается
- высота
- скорость относительно поверхности планеты
- углы ориентации по отношению к текущему горизонту (курс, тангаж, крен)
- элементы орбиты в эклиптической системе координат относительно планеты, вокруг которой обращается корабль (главная полуось, эксцентриситет, наклонение, долгота восходящего узла, долгота перицентра и средняя долгота)
- состояние стыковочных узлов, если они есть – свободен/занят, частота радиостанции приводной системы (instrument docking system, IDS)
- режим обновления статуса (в полете или посажен, динамическое обновление или стабилизированное)



10.2 Космопорты

Выберите тип объектов *Spaceport*, затем выберите одну из доступных наземных баз. Информационный лист космопорта содержит следующие данные:

- экваториальные координаты на планете
- состояние посадочных площадок – свободно/занято, частота радиостанции приводной системы (instrument landing system, ILS)
- информация о ВПП (посадочный курс, длина, частота приводной радиостанции ILS)
- частота маяков VOR (very high frequency omnidirectional radio), относящихся к данному космопорту.



10.3 Небесные тела

Выберите тип объектов *Celestial body*, затем выберите одно из небесных тел. Информационный лист небесного тела (солнца, планеты или луны) содержит следующие данные:

- физические параметры:
 - масса (M)
 - средний радиус (R)
 - длина солнечного (“звездного”) дня (Ts)
 - наклон оси вращения к плоскости эклиптики (Ob)
- параметры атмосферы (если есть):
 - давление на нулевой высоте (p0)
 - плотность на нулевой высоте (r0)
 - газовая постоянная (R)
 - показатель адиабаты c_p/c_v (g)
- элементы орбиты в эклиптических координатах относительно небесного тела, вокруг которого происходит обращение (большая полуось, эксцентриситет, наклонение, долгота восходящего узла, долгота перицентра и средняя долгота)
- текущая эклиптическая позиция в полярных координатах (долгота, широта и радиус) относительно небесного тела, вокруг которого происходит обращение (правый подъем и склонение)

The screenshot shows a window titled "Orbiter: Object info" with a dropdown menu set to "Celestial body" and "Mars" selected. The window displays the following data:

Planet/Planetoid of Sun	
Physical parameters	
M	6.41854e+023kg [mass]
R	3389.92km [mean radius]
Ts	24h 37m 23s [siderial day]
Ob	26.72° [obliquity of ecliptic]
Atmospheric parameters	
p0	610.0Pa [pressure at zero alt.]
r0	0.02kg/m^3 [density at zero alt.]
R	188.92J/(K kg) [specific gas constant]
g	1.29 [ratio of specific heats]
Orbital elements (ecliptic frame)	
Ref	Sun
SMA	1.524AU [semi-major axis]
Ecc	0.0934 [eccentricity]
Inc	1.850° [inclination]
LAN	49.561° [longitude of ascending node]
LPe	335.969° [longitude of periapsis]
MnL	225.087° [mean longitude]

11 Режимы камеры

В Орбитере Солнечная система состоит из множества разнообразных объектов, таких как планеты, их луны, космические корабли, стартовые площадки и т.п. На любой объект можно посмотреть, если соответствующим образом настроить камеру. Чтобы открыть диалог настройки камеры, нажмите клавиши **Ctrl F1**.

Здесь вы можете:

- Выбрать объект, сопровождаемый камерой.
- Вернуться обратно к своему кораблю в режим внешнего вида или вида из кокпита (клавиша **F1**).
- Выбрать для внешнего вида режим сопровождения объекта камерой (клавиша **F2**).
- Изменить поле зрения камеры (field of view, FOV). Клавиши **Z** и **X**.
- Сохранять и загружать режимы камеры.

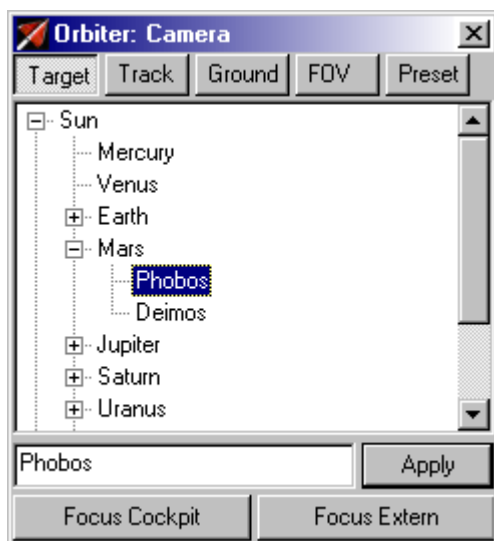


Рис. 9: Диалог «Камера» – выбор объекта, сопровождаемого камерой.


11.1 Вид изнутри

Вид изнутри корабля (вид из кокпита) – то, что вы бы увидели сидя внутри корабля и глядя вперед. Приборные панели, Индикатор Лобового Стекла, ИЛС (head-up display, HUD) и многофункциональные дисплеи, МФД (multifunctional displays, MFD) показываются только при виде из кокпита. Переключение из внешнего вида в вид из кокпита (и обратно) делается клавишей **F1**, или нажатием на кнопку *Focus Cockpit* в диалог «Камера» (Camera).

В некоторых кораблях кроме стандартного вида есть 2-мерная приборная панель, в некоторых – 3-мерный виртуальный кокпит. Переключение между стандартным видом, приборной панелью и виртуальными кокпитом делается клавишей **F8**.

Управлять вращением камеры можно комбинациями клавиш **Alt** и **↓** **↑** **→** **←**. Чтобы вернуться к «взгляду вперед», нажмите клавишу **Home**.





Приборные панели можно прокручивать, пользуясь клавишами курсора . Это поможет пользоваться большой приборной панелью, если она не помещается в экран целиком.

Если корабль имеет несколько приборных панелей, переключение между ними производится при помощи клавиш .





Подробнее о режимах HUD и MFD см. разделы 12 и 13.


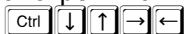
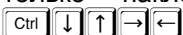
11.2 Внешние виды


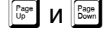
Внешние виды позволяют посмотреть на любой объект симулятора, включая солнце, планеты, луны, космические корабли, орбитальные станции и наземные базы (космопорты).

Если на экране – вид из кокпита, переключиться во внешний вид данного корабля можно, нажав клавишу . Внешний вид любого другого объекта можно получить, указав этот объект в диалоге *Camera (Камера)*, который открывается клавишами .

Внешняя камера имеет два режима:

Режим сопровождения (Track views) объекта. В этом режиме камеру можно вращать вокруг объекта, пользуясь клавишами . Клавишами  и  можно приближать камеру к объекту и удалять ее. Есть несколько вариантов сопровождения объекта камерой (переключаться между ними можно при помощи клавиши , а также на вкладке *Track* в диалоге *Camera*):








- **Target-relative (Связанный)**: Камера неподвижна относительно объекта и вращается вместе с ним. В этом варианте при взгляде, например, на планету, камера будет вращаться вместе с планетой вокруг ее оси вращения. Клавишами  можно вращать камеру вокруг объекта (вокруг осей его системы координат).
- **Global frame (Сопровождающий)**: Камера неподвижна относительно объекта, но не вращается вместе с ним. Если в этом режиме посмотреть на планету, то можно увидеть, как она вращается под вами. Клавишами  можно вращать камеру относительно объекта вокруг осей глобальной (эклиптической) системы координат.
- **Absolute direction (Смешанный)**: Этот вариант является комбинацией двух предыдущих: направление, в котором «смотрит» камера не меняется, меняется только наклон камеры соответственно вращению объекта. Клавишами  можно вращать камеру вокруг объекта (вокруг осей его системы координат).
- **Target to ... (Нацелить на ...)**: Направляет камеру на указанный объект.
- **Target from ... (Нацелить от ...)**: Располагает камеру так, чтобы указанный объект был позади камеры.





В режимах *Target to ...* и *Target from ...* вращение камеры клавишами  не работает, но можно двигать камеру в радиальном направлении клавишами .

В **неподвижном режиме (Ground-based views)** камера помещается в некоторую фиксированную точку (называемую *обсервационной*), привязанную к поверхности планеты. Вы как бы находитесь на месте неподвижного наблюдателя и этим способом можно, например, проследить за запуском ракеты, каким его увидел бы наземный зритель. Или увидеть посадку «Шаттла» словно бы из контрольной башни. Переключиться в вид из обсервационной точки можно на вкладке *Ground* в диалоге *Camera*. Вы можете выбрать одну из предустановленных обсервационных точек, последовательно указывая ее «адрес», например, выберите «Earth», потом «KSC» и теперь «Pad 39 Tower». Можно также вручную задать координаты обсервационной точки – долготу (в градусах, положительные значения для восточных долгот), широту (в градусах, положительные значения для северных широт), и высоту над поверхностью

планеты (в метрах), например, "Earth", затем "-80.62 +28.62 15". Чтобы переключиться в обсервационную точку, нажмите кнопку *Apply*.

Вы также можете переключиться в обсервационную точку, имеющую координаты и высоту текущей камеры. Для этого нажмите на кнопку *Current*. Долгота, широта и высота будут введены автоматически.

В неподвижном режиме можно двигать камеру в горизонтальной плоскости, нажимая клавиши     , а высоту можно менять, нажимая клавиши  и . Скорость камеры может регулироваться слайдером *Panning speed* в пределах от 0.1 до 10^4 м/с.

Направление камеры можно менять двумя способами. Если установлена галочка *Target lock*, камера всегда будет автоматически направляться на объект-цель. Если галочка не установлена, можно произвольно менять направление камеры при помощи клавиш    .

О том, как добавить новые наземные обсервационные точки, см. раздел 11.4.

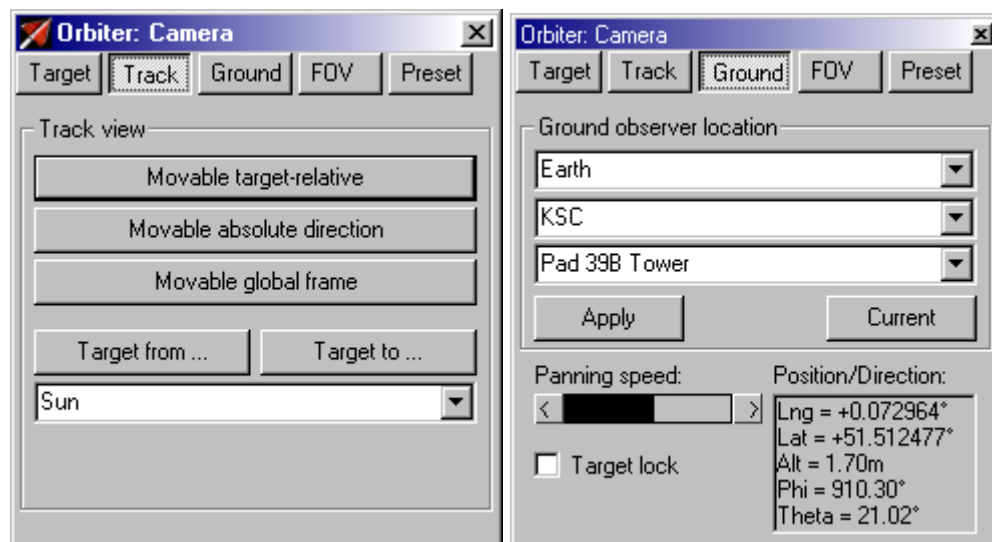


Рис. 10: Выбор режима сопровождения камерой (слева), настройка неподвижного режима (справа).

Получить информацию об объекте, на который сейчас нацелена камера, можно нажав клавишу .

11.3 Настройка ширины поля зрения

Апертуру камеры (ширину поля зрения) можно настроить на панели *FOV* диалога *Camera*. Диапазон возможных значений – от 10° до 90° (в Орбитере имеется в виду угловое расстояние, соответствующее расстоянию между верхней и нижней границами окна симулятора). Наиболее естественная ширина поля зрения зависит от размера окна симулятора и расстояния от глаз до экрана. Типичное значение апертуры – от 40° до 60° .

Менять ширину поля зрения можно, нажимая кнопки со значениями в градусах, двигая слайдер или вводя конкретные цифровые значения.

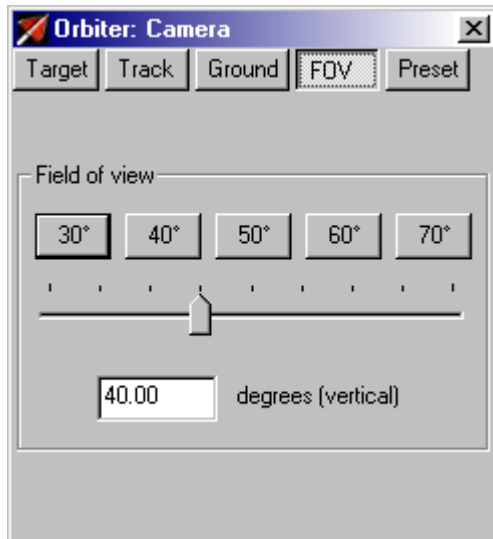


Рис. 11: Настройка ширины поля зрения.

С клавиатуры ширину поля зрения можно менять клавишами **Z** (уменьшить угол FOV) и **X** (увеличить угол FOV). Значение текущей ширины поля зрения показывается в верхнем левом углу окна симулятора.

11.4 Сохранение и вызов настроек камеры

В Орбитере есть простой метод сохранять и вызывать настройки камеры. Во вкладке *Preset* диалога *Camera* все сохраненные в данном сценарии настройки представлены в виде списка. Чтобы вызвать сохраненную настройку, сделайте на ней двойной щелчок мышью или выберите ее в списке и нажмите кнопку *Recall*.

Чтобы сохранить текущую настройку камеры, просто нажмите кнопку *Add*. В списке появится новая настройка с коротким описанием. Чтобы удалить настройку, нажмите кнопку *Delete*, а кнопка *Clear* очищает весь список сохраненных настроек.

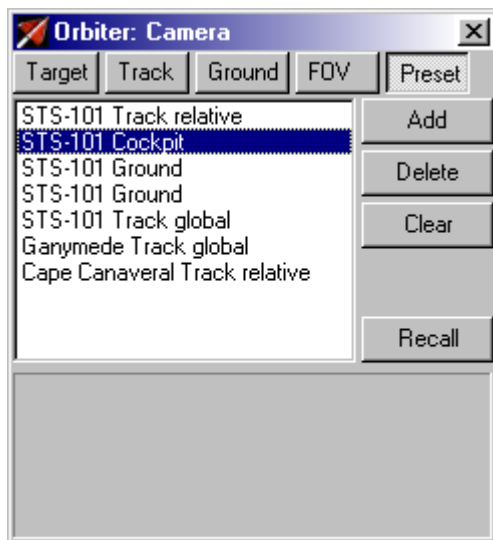


Рис. 12: Список сохраненных настроек камеры

Для каждого варианта сохраняются объект-цель, режим сопровождения камерой, позиция камеры и ширина поля зрения. Список настроек камеры – хороший способ приготовить заранее нужные камеры-наблюдатели, чтобы, например, следить за запуском ракеты, быстро переключаясь из одного вида в другой. Список настроек сохраняется в файл сценария.

12 Стандартный кокпит

Стандартный кокпит доступен в любом корабле и позволяет получить наиболее важную летную информацию в стандартном формате. В некоторых кораблях кроме стандартного кокпита есть еще и 2-мерный кокпит с разнообразными приборными панелями, а также 3-мерный виртуальный кокпит. В таком случае переключение между стандартным, 2-мерным и 3-мерным кокпитами производится при помощи клавиши **F8**.

В стандартном кокпите есть индикатор лобового стекла, ИЛС (head-up display, HUD), на который выводится различная полетная информация.

ИЛС включается и выключается нажатием клавиш **Ctrl H**. Режимы ИЛС переключаются клавишей **H**. Есть три режима ИЛС:

- **Surface (Атмосферный)**: Показывает шкалы тангажа, курса, индикаторы скорости и высоты (имеется в виду «атмосферная» скорость “airspeed”, т.е. скорость относительно поверхности планеты).
- **Orbit (Орбитальный)**: Показывает индикатор плоскости орбиты и шкалу отклонения оси корабля от нее. Также – индикаторы направлений вектора орбитальной скорости. Это два индикатора – направление в сторону движения (prograde) и в обратную сторону (retrograde). Орбитальная скорость – это скорость корабля относительно планеты, не путать с «атмосферной скоростью», эти скорости будут совпадать только в случае отсутствия суточного вращения планеты.
- **Docking (Стыковочный)**: Показывает дистанцию до корабля-цели и индикаторы относительной скорости.

Во всех режимах в левом верхнем углу показывается статус двигателей и топлива, а в правом верхнем углу показывается основная информация симулятора (время, параметры камеры и т.п.).

NEW!

Два многофункциональных дисплея, МФД (multifunctional displays, MFD) представлены независимо от режимов ИЛС (см. раздел 13). Каждый МФД имеет до 12 кнопок, назначение которых зависит от режима МФД (они расположены с боков дисплея) и 3 стандартных кнопки ниже дисплея. Перечислим стандартные кнопки:

- **PWR**: Включает и выключает дисплей. Когда дисплей выключен, он не показывается. Эта кнопка доступна всегда.
- **SEL**: Показывает на дисплее селектор выбора режима. Это позволяет переключать дисплей в тот или иной режим при помощи 12 боковых кнопок. Если дисплей имеет более 12 режимов, повторное нажатие на кнопку SEL позволит увидеть (пролистать) остальные режимы.
- **MNU**: Показывает на дисплее меню для 12 функциональных кнопок (включая возможные «горячие» клавиши), характерное для данного режима дисплея.

Кнопки МФД можно нажимать мышью или пользоваться соответствующими «горячими» клавишами.

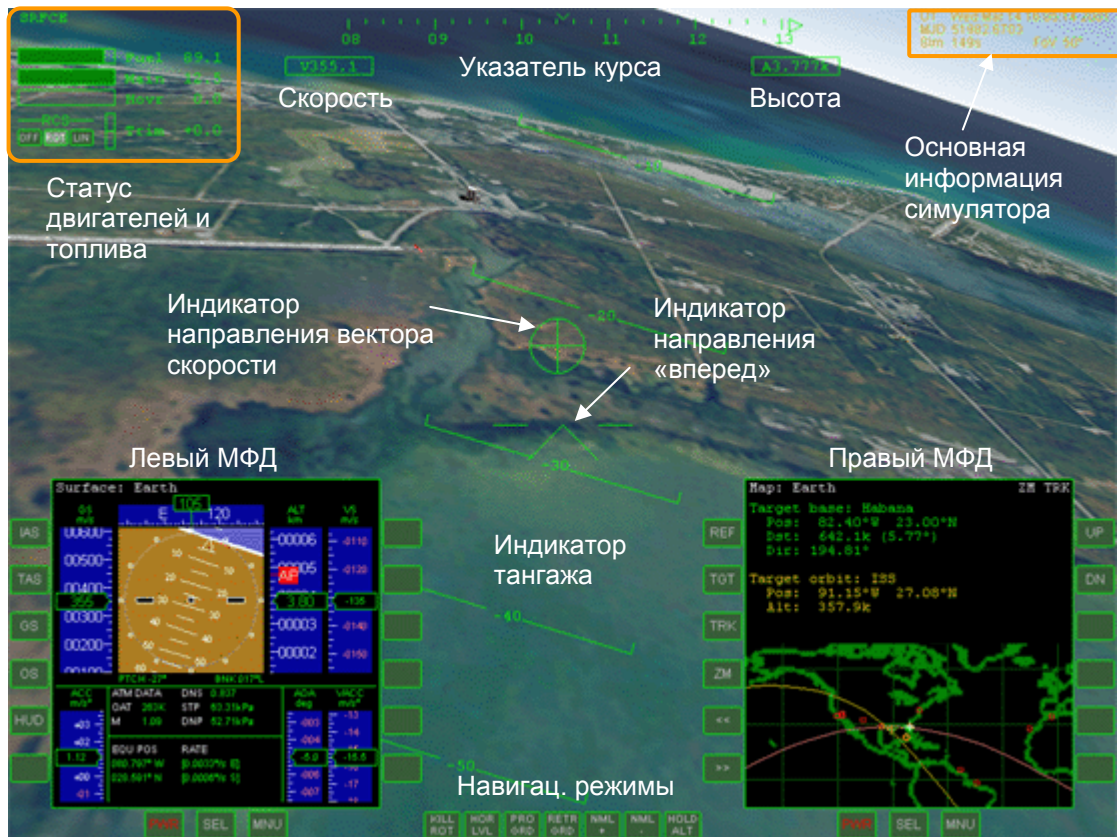


Рис. 13: Стандартный кокпит с двумя МФД (MFD) и индикатором лобового стекла ИЛС (HUD), включенным в режиме Surface.

12.1 Дисплей основной информации симулятора

Этот дисплей – блок информации о текущем времени симулятора, о степени сжатия (ускорения) времени. Сюда же выводятся основные параметры камеры – размер экрана, ширина поля зрения, число кадров в секунду. Дисплей можно выключать и включать клавишей **I**.

Универсальные дата и время	<pre> UT Wed Jun 13 01:05:31 2001 MJD 52073.0455 Wrp 100x Sim 371s FoV 50° FPS 120 [1152x864x16] </pre>	Коэффициент ускорения времени
Модифицированная Юлианская Дата (в днях)		Ширина поля зрения (апертура камеры)
Время симуляции (в секундах)		Размеры экрана (Ширина x Высота x Глубина цвета в bpp)
Скорость обновления экрана		

Рис. 14: Основная информация симулятора

- UT:** Универсальное время, отсчитываемое от 0^h полуночи. Единица измерения – средний солнечный день.
- MJD:** Юлианская дата (*Julian Date, JD*) – интервал времени, измеренный в средних солнечных днях от Гринвичского полудня 1 Января 4713 года до Р.Х. до настоящего момента. Модифицированная Юлианская дата (*Modified Julian Date, MJD*) – это Юлианская дата минус 240 0000.5
- Sim:** Время симуляции (в секундах) измеряется с момента старта сценария.
- Wrp:** Коэффициент ускорения времени. Если ускорения времени нет (коэффициент 1, полет в реальном времени), это поле не выводится.

- FoV:** Ширина поля зрения (по вертикали) в градусах.
FPS: Текущая частота обновления экрана (кадров в секунду).
Dim: Размеры окна симулятора (ширина и высота в пикселях, глубина цвета в битах на пиксель).

Показ частоты обновления экрана и размеров окна можно включать и выключать клавишей **F**.

NEW!

В симуляторе предусмотрена утилита – конвертер даты (файл *date.exe* в подпапке *Utils*). Редактор сценариев (*Scenario Editor*, см. раздел 18.1) позволяет менять дату и время в уже запущенной симуляции.

12.2 Дисплей информации «камера/цель»

Этот блок информации выводится только в режиме камеры внешнего вида, в левом верхнем углу окна симулятора. Здесь выводится название объекта, на который нацелена камера, дистанция от камеры до объекта и название режима камеры. Дисплей можно выключать и включать клавишей **I**.

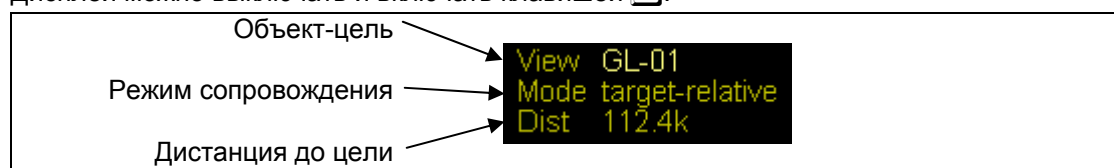


Рис. 15: Информация о камере внешнего вида

- View:** Название объекта сопровождения.
Mode: Режим сопровождения цели камерой.
Dist: Дистанция от камеры до объекта сопровождения.

12.3 Дисплей статуса двигателей и топлива

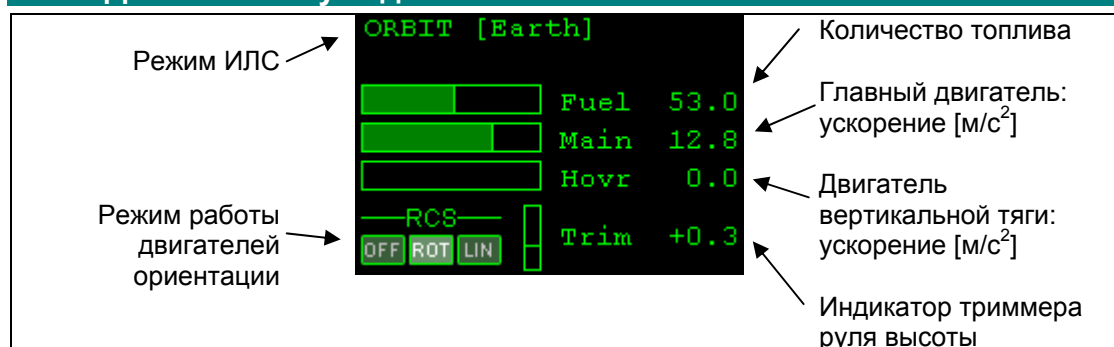


Рис. 16: Дисплей статуса двигателей и топлива

Этот блок информации выводится только в стандартном кокпите.

Fuel status (Статус топлива): Остаток топлива, показывается в процентах от полного бака.

Main engine (Главный двигатель): Индикатор показывает текущую тягу главного и тормозного двигателей относительно максимальной тяги. Зеленым показывается тяга главного двигателя, оранжевым – тяга тормозного двигателя. Числовое значение рядом показывает ускорение в m/s^2 (положительное для главного двигателя и отрицательное для тормозного). Имейте в виду, что ускорение будет меняться, даже если тяга не меняется, потому что масса корабля меняется по мере вырабатывания топлива.

Hover engine (Двигатель вертикальной тяги): Этот индикатор показывается, если на корабле есть двигатели вертикальной тяги. Эти двигатели обычно смонтированы в нижней части фюзеляжа и позволяют совершать вертикальные взлеты и посадки. Индикатор аналогичен индикатору главного двигателя.

NEW!

RCS indicators/controls (Режим работы двигателей ориентации и управление ими): Речь идет о маленьких двигателях системы RCS, позволяющих управлять вращением корабля. Эти двигатели могут работать в двух режимах – режиме вращения (rotation

mode) и режиме линейных перемещений (translation mode). Кроме того, они могут быть выключены (off). Индикатор показывает, в каком режиме работают двигатели ориентации (off/rotational/translational). Для изменения режима щелкните мышью на кнопке индикатора.

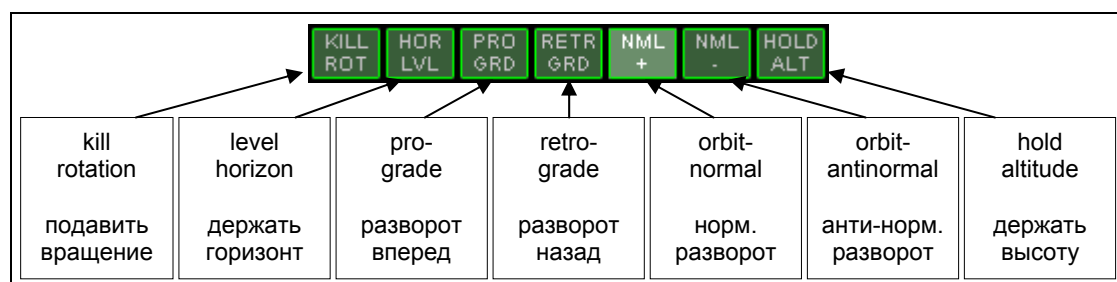
Trim setting (установки триммера руля высоты): Индикатор показывает текущее положение триммера руля высоты (если он есть на корабле). Триммер руля высоты помогает управлять крылатым кораблем при полете в атмосфере.

Подробнее о двигателях и управлении космическим кораблем см. раздел 14.

NEW! 12.4 Индикация и управление навигационными режимами

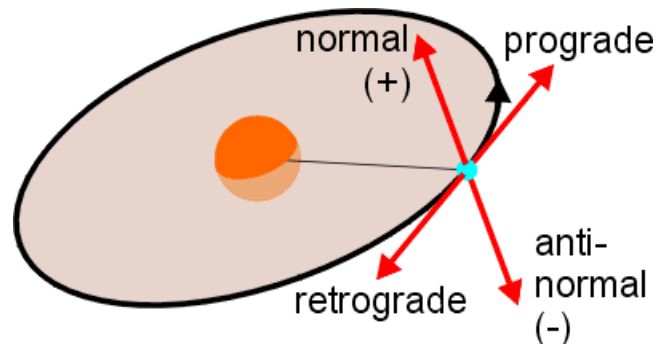
Индикаторы и управляющие кнопки навигационных режимов расположены в линию вдоль нижнего края окна в режиме стандартного кокпита. Индикаторы отображают текущий активный *навигационный режим*, например, «разворот вперед» (“prograde orientation”) или «подавить вращение» (“kill rotation”). Индикаторы одновременно являются кнопками, которые можно нажимать мышью для включения того или иного навигационного режима.

Навигационные индикаторы не показываются, если ИЛС выключен.



режим	клавиша	действие
KILLROT	[5] <i>numpad</i>	автоматическая остановка вращения корабля
HORLVL	[L]	удерживать корабль в плоскости местного горизонта
PROGRD	[I]	выровнять корабль по вектору орбитальной скорости
RETRGRD	[J]	выровнять корабль против вектора орбитальной скорости
NML+	[;]	выровнять корабль по нормали к плоскости орбиты
NML-	[']	выровнять корабль по анти-нормали к плоскости орбиты
HOLDALT	[A]	удержание высоты (режим «воздушной подушки»)

Все навигационные режимы, за исключением HOLDALT используют систему RCS. Режимы PROGRD, RETRGRD, NML+ и NML- выравнивают корабль относительно вектора орбитальной скорости и плоскости орбиты, режим HORLVL выравнивает корабль по отношению к местному горизонту. Режим HOLDALT доступен только для кораблей, имеющих двигатели вертикальной тяги (hover thrusters).



Режим KILLROT автоматически выключается после остановки вращения корабля. Все другие навигационные режимы выключаются только вручную или тогда, когда включается режим, с которым они функционально несовместимы.

12.5 Атмосферный режим ИЛС

Сопровождается показом сокращения “SRFCE” в левом верхнем углу окна симулятора. В атмосферном режиме шкала тангажа ИЛС показывает ориентацию корабля относительно плоскости горизонта планеты. Плоскость горизонта определяется нормалью, проведенной из центра планеты к кораблю.

Шкала указателя курса (компас) в верхней части ИЛС показывает текущий курс корабля относительно геометрического севера планеты. Треугольный маркер показывает направление на выбранную цель (обычно, космопорт).


Число в прямоугольнике слева под указателем курса показывает текущую высоту [м]. Число в прямоугольнике справа показывает текущую скорость относительно поверхности планеты [м/с]. Ветра в симуляторе нет, поэтому эту скорость можно называть «воздушной» (“airspeed”), несмотря на возможное отсутствие атмосферы.

Направление вектора скорости (направление полета) показывается маркером “⊕”.

12.6 Орбитальный режим ИЛС

Сопровождается показом сокращения “ORBIT *Ref*” в левом верхнем углу окна симулятора, где *Ref* – имя объекта, относительно которого ведутся измерения параметров (планета, вокруг которой происходит орбитальный полет).

В этом режиме показывается шкала углового отклонения продольного направления корабля от плоскости орбиты. Это похоже на повернутую «на бок» шкалу тангажа, но “0” показывает не плоскость горизонта, а плоскость орбиты. Здесь также есть маркеры скорости, но уже орбитальной, т.е. скорости относительно планеты без учета ее суточного вращения. Направление вектора орбитальной скорости маркируется символом “⊕”, обратное направление – символом “+”. Если корабль развернут так, что в поле зрения не попадают маркеры скорости, показывается стрелка с надписью “PG” (prograde), указывающая направление на маркер ⊕.

Объект-тело отсчета для ИЛС (планета) может быть выбран вручную клавишами .

12.7 Стыковочный режим ИЛС

Сопровождается показом сокращения “DOCK *Tgt*” в левом верхнем углу окна симулятора, где *Tgt* – имя объекта-цели (корабля, с которым планируется стыковка).

В этом режиме на ИЛС выводится квадратный маркер, оконтуривающий корабль-цель, рядом с ним можно прочесть имя цели и дистанцию до нее. Также на ИЛС выводятся направление и величина вектора скорости относительно корабля-цели. Направление, в котором нужно ускориться, чтобы синхронизировать свою скорость со скоростью корабля-цели, показывается маркером “⊕”. Противоположное направление (направление вектора относительной скорости) показывается маркером “+”. Если корабль развернут так, что маркера ⊕ и + не видны, тогда направление к маркеру ⊕ показывается стрелкой. Если маркер корабля-цели оказывается за пределами ИЛС, то направление на него также показывается стрелкой.

Корабль-цель может быть выбран вручную при помощи клавиш .

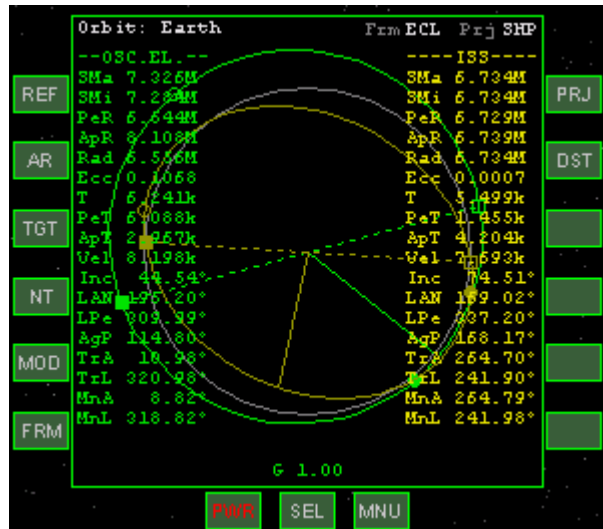
13 Режимы многофункциональных дисплеев

NEW!

Многофункциональные дисплеи, МФД (Multifunctional displays, MFD) используются в кокпитах большинства военных и современных гражданских самолетов. Они позволяют свести большую часть традиционных приборов в один и демонстрируют пилоту данные, необходимые в той или иной летной ситуации.

В космическом полете предоставление пилоту информации, адекватной текущему режиму полета, еще более важно. Поэтому в кораблях типа Space Shuttle широко используются дисплеи МФД. Орбитер использует МФД для того, чтобы обеспечить возможность вывода разнообразной информации независимо от типа космического корабля.

МФД представляет собой квадратный дисплей (обычный LCD), снабженный устройством ввода – кнопками, расположенными по периметру экрана. Конкретные конструкторские реализации могут меняться, но суть одна. На рис. показан МФД в варианте стандартного кокпита, доступного для всех типов космических кораблей. В стандартном кокпите может быть не более двух МФД (левый и правый). В кораблях, имеющих собственный 2- и 3-мерные кокпиты, количество МФД может быть другим. В стандартном кокпите дисплеи МФД показываются прямо поверх вида на 3-мерную сцену за бортом.



Центральная часть МФД – это экран с данными. Справа и слева от экрана располагаются 12 кнопок, функции которых зависят от ситуации и от режима дисплея. Подписи на кнопках могут меняться в соответствии с их функциями. Три кнопки, расположенные снизу экрана имеют одинаковое назначение во всех режимах дисплея.

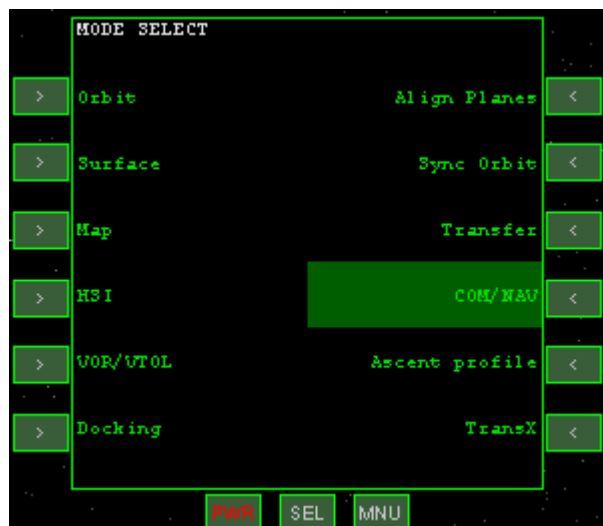
МФД могут управляться щелчками мышь по их кнопкам или клавиатурой. «Горячие» клавиши МФД представляют собой **Shift**-сочетания, при этом левый или правый **Shift** используются соответственно для управления левым и правым МФД. Если приборная панель содержит более двух дисплеев МФД, только два из них будут управляться с клавиатуры, остальными можно будет управлять только при помощи мыши.

Включение и выключение МФД

Кнопка **PWR** позволяет включать и выключать дисплей МФД. «Горячая» клавиша – **Shift Esc**. В режиме стандартного кокпита выключение МФД означает, что он перестает показываться на экране, за исключением кнопки **PWR**, которая позволит снова включить его.

Выбор режима МФД

Кнопка **SEL** включает экран выбора режима МФД. «Горячая» клавиша – **Shift F1**. В разных режимах МФД показывают информацию, характерную для различных навигационных задач (параметры орбиты, настройки радио, стыковочные устройства и т.п.).



Подробно стандартные режимы МФД описаны в настоящем разделе ниже. Дополнительные режимы МФД должны быть описаны в документации, поставляемой вместе с дополнениями (addons).

На экране выбора показаны все доступные режимы МФД, по одному напротив каждой функциональной кнопки. Чтобы включить тот или иной режим, щелкните мышью по соответствующей кнопке. Чтобы сделать то же самое с клавиатуры, передвиньте индикатор выбора (зеленый прямоугольник) на нужный режим клавишами **[Shift]** и **[.]**, нажмите **[Shift]** **[Enter]**, чтобы включить его.

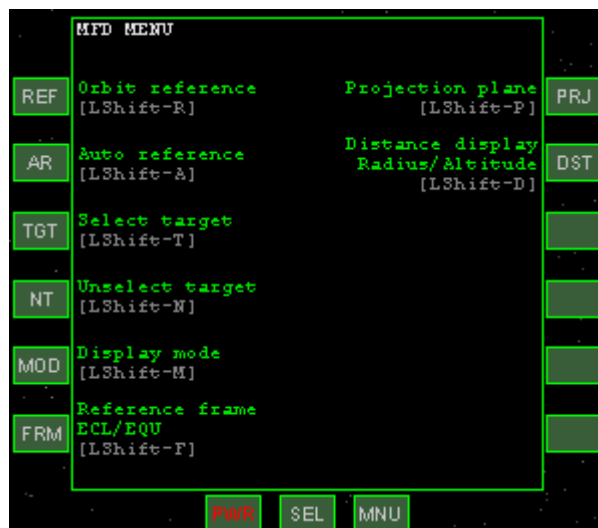
Если количество доступных режимов велико и не помещается на одном экране, вы можете «листать» экраны, нажимая кнопку **SEL** (или **[Shift]** **[F1]**). Когда откроется последний экран с доступными режимами, еще одно нажатие кнопки **SEL** закроет экран выбора и вернет МФД в ранее выбранный режим.

Функциональные кнопки

Назначение функциональных кнопок справа и слева от экрана МФД зависит от текущего режима МФД, надписи на кнопках также могут меняться в зависимости от их функций. Раскладка функциональных кнопок для стандартных режимов описана в настоящем разделе ниже. Дополнительные режимы должны быть описаны в документации, поставляемой вместе с дополнениями (addons). Иногда функциональные кнопки работают как переключатели, или запускают выполнение каких-то операций, иногда необходимо нажать и удерживать кнопки для того, чтобы изменить какой-то параметр.

Функциональные кнопки также могут быть доступны с клавиатуры комбинациями с клавишей **[Shift]**. Нажатие на кнопку **MNU** (внизу дисплея) переключит МФД в экран меню («горячая» клавиша **[Shift]** **[.]**), в котором показаны короткие описания для каждой функциональной кнопки. Повторное нажатие кнопки **MNU** (или нажатие функциональной кнопки) вернет дисплей в основной экран текущего режима.

В стандартном кокпите и в большинстве приборных панелей дисплеи МФД имеют по 12 функциональных кнопок. Однако их может быть и больше. Если МФД имеет больше функций, ассоциированных с кнопками, вы можете «пролистать» эти функции, повторно нажимая кнопку **MNU**.



Далее следуют подробные описания стандартных режимов МФД Орбитера. См. также краткое описание режимов МФД в разделе Приложение А.

13.1 Радио-МФД (COM/NAV MFD)

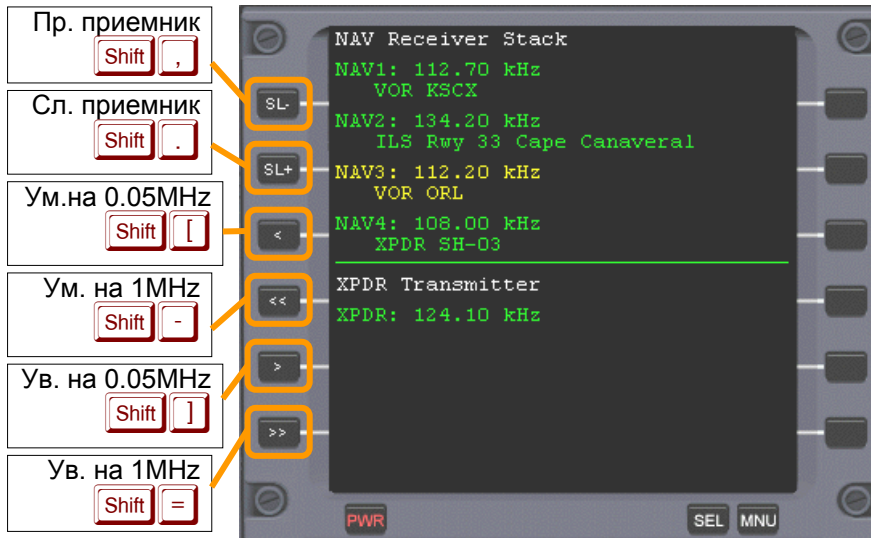
МФД **COM/NAV** позволяет настраивать частоты бортовых радиоприемников. Радиоприемники, в свою очередь, поставляют другим приборам навигационную информацию, опираясь на принимаемый радиосигнал. Здесь же можно настроить частоту транспондера корабля. Транспондер – передатчик-маяк, позволяющий идентифицировать ваш корабль. Режим радио-МФД можно включить, выбрав в списке режимов (**[Shift]** **[F1]**) пункт **COM/NAV**.

МФД показывает список частот и информацию о получаемых сигналах для всех NAV-приемников корабля (от NAV1 до NAVn). Количество приемников (n) зависит от конкретного космического корабля. Приемник NAV выбирается в списке при помощи клавиш **[Shift]** **[.]** и **[Shift]** **[.]**. Выбранный приемник выделяется желтым шрифтом (см. ниже).

Клавиши:

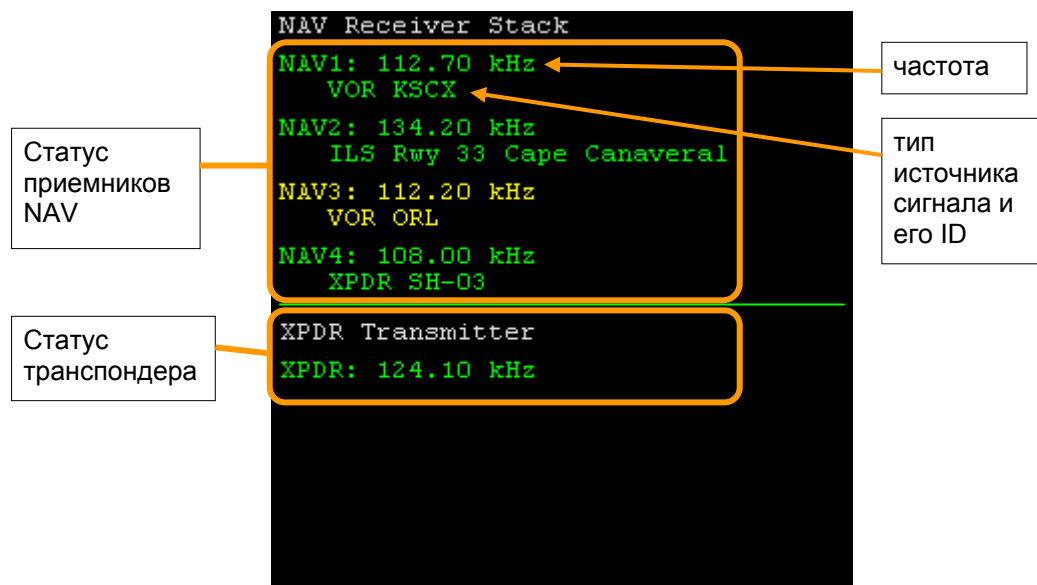
	Выбрать предыдущий приемник NAV
	Выбрать следующий приемник NAV
	Уменьшить частоту на 1 MHz.
	Увеличить частоту на 1 MHz
	Уменьшить частоту на 0.05 MHz
	Увеличить частоту на 0.05 MHz

Раскладка кнопок MFD:



Экран MFD:

Экран делится на две секции: настройка частот приемников NAV и текущий статус принимаемого сигнала, и секция настройки собственного транспондера корабля.



Частоту выбранного приемника (передатчика) можно менять с шагом 1MHz клавишами и , а с шагом 0.05MHz – клавишами и . Диапазон частот – от 85.00MHz до 140.00MHz. Если в пределах дальности сигнала появится совпадающий по частоте NAV-передатчик, дисплей покажет информацию о нем – тип и идентификатор.

Примечания:

- Некоторые приборы, например МФД Launch/Land функционируют в связке с бортовым NAV-приемником и могут быть полезны только в том случае, когда приемник получает нужный сигнал. В этой части современный Орбитер отличается от более ранних версий, где необходимая связь устанавливалась автоматически.
- Для получения справки по частотам тех или иных источников сигналов (навигационных радиостанций VOR, маяков ILS, транспондеров космических аппаратов) передатчиков удобно пользоваться диалогами *Object Info* (Ctrl+I) и *Navaid Info* (Ctrl+N).
- Положение и частоты маяков VOR-станций можно видеть напрямую в окне симулятора в виде маркеров на поверхности планеты. Для этого требуется включить флажок *VOR Markers* в диалоге *Visual helpers* (клавиши Ctrl+F9).

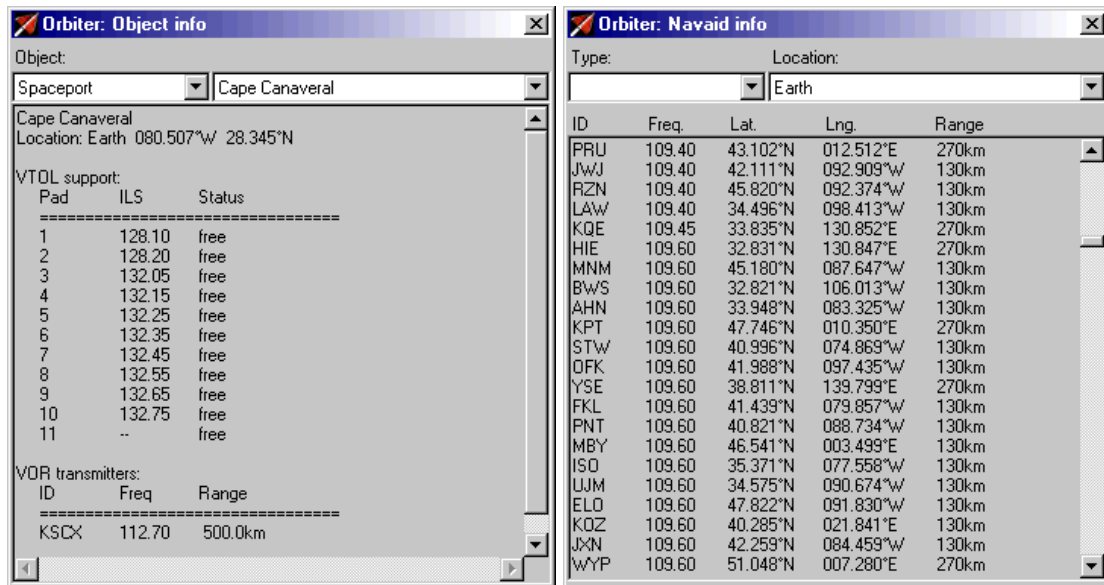


Рис. 17: Диалоги Info и Navaid с частотами VOR и ILS.

13.2 Орбитальный МФД (Orbit MFD)

В режиме *Orbit* (Орбитальный МФД) дисплей показывает параметры, характеризующие орбитальное движение корабля вокруг некоего центрального небесного тела, а также графическое представление орбиты корабля. Вдобавок, можно посмотреть орбитальные параметры для некоего объекта-цели (это может быть другой космический корабль, орбитальная станция или луна), который также вращается вокруг того же центрального тела. Орбитальный режим включается выбором пункта *Orbit* в списке доступных режимов МФД (Shift+F1).

Дисплей показывает *оскуллирующую орбиту* на текущий момент, исходя из расчета взаимодействия 2-х тел и в соответствии с текущими векторами движения корабля. Параметры орбиты могут меняться во времени из-за влияния различных возмущающих факторов (дополнительные источники гравитации, неоднородность гравитационного поля центрального тела, влияние атмосферы, воздействие тяги двигателей и т.п.).

Элементы орбиты могут вычисляться относительно двух систем отсчета: системы, связанной с плоскостью *эклиптики* и системы, связанной с *экватором* центрального тела (или тела отсчета). Плоскость эклиптики определяется как плоскость орбиты обращения Земли вокруг Солнца. Эклиптическую систему отсчета удобно использовать при планировании межпланетных перелетов. Плоскость экватора определяется экватором текущего тела отсчета. Экваториальную систему отсчета удобно использовать при межорбитальных перелетах и полетах *поверхность-орбита*. Для переключения между системами отсчета используются клавиши Shift+F. Текущий режим индицируется в верхней строке дисплея (параметр *Frm*).

Плоскость, в которую проецируется графическое изображение орбиты, выбирается при помощи клавиш **Shift** **P**. Текущий режим проекции индицируется в правом верхнем углу дисплея (параметр *Prj*). Сокращения *ECL* или *EQU* означают, что изображение орбиты представляет собой проекцию орбиты на плоскость системы отсчета (эклиптики или экватора соответственно). Сокращение *SHP* означает проекцию орбиты на плоскость орбиты корабля, а сокращение *TGT* означает проекцию на плоскость объекта-цели, если таковой был определен.

Длины текущих радиус-векторов, расстояния до апоцентра и перицентра могут быть показаны в одном из двух вариантов:

- планетоцентрический (или радиальный), когда расстояния измеряются от центра планеты (фокуса орбиты), указанные параметры обозначаются как *Rad*, *ApR* и *PeR* соответственно;
- высотный, когда расстояния измеряются как высоты над поверхностью планеты (определяемой средним радиусом планеты), тогда указанные параметры соответственно обозначаются как *Alt*, *ApA* и *PeA*.

Для переключения между этими двумя режимами используются клавиши **Shift** **D**.

Клавиши **Shift** **T** открывают меню для выбора объекта-цели. В качестве цели могут быть выбраны только объекты, вращающиеся вокруг текущего тела отсчета. Выбранный объект-цель можно сбросить, нажав **Shift** **N**.

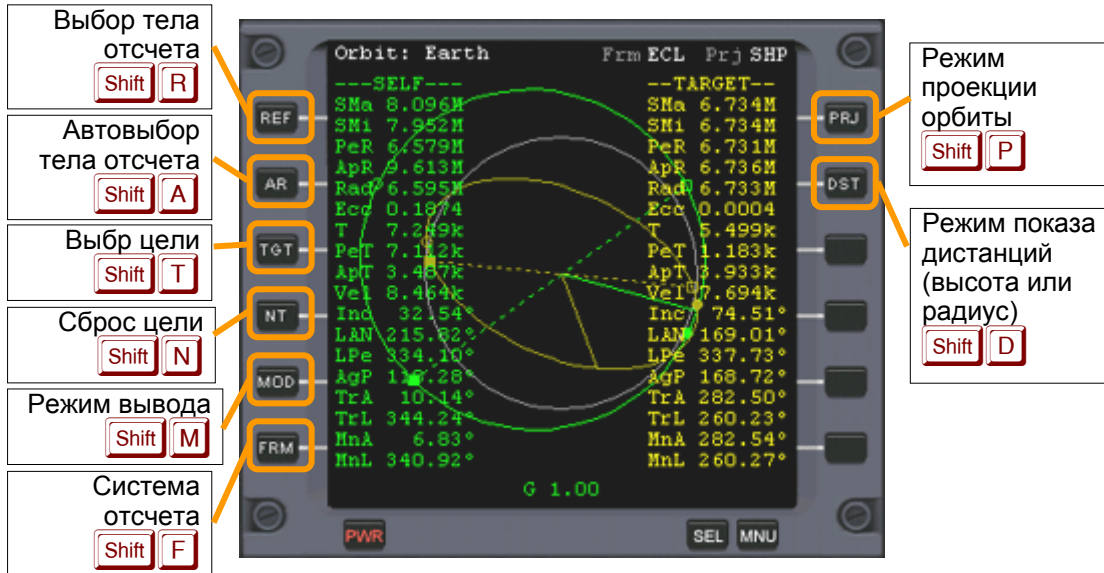
NEW!

Клавиши **Shift** **H** переключают ИЛС (HUD) в орбитальный режим и одновременно задают для ИЛС то же тело отсчета, что выбрано в МФД. Часто это более удобно, чем указывать имя тела отсчета для ИЛС в строке ввода **Ctrl** **R**.

«Горячие» клавиши, соответствующие кнопкам МФД:

Shift A	AR	Автоматический выбор тела отсчета.
Shift D	DST	Переключение режима расчета радиуса, апоцентра и перицентра. Расстояния меряются от фокуса орбиты (радиальный режим), либо от поверхности планеты, определяемой средним радиусом планеты (режим высоты).
Shift F	FRM	Переключение между системами отсчета (относительно эклиптики или относительно экватора тела отсчета)
Shift H	HUD	Установить ИЛС (HUD) в орбитальный режим с выбранным в МФД телом отсчета.
Shift M	MOD	Переключение режима вывода (список параметров, графическое представление или смешанный вариант)
Shift N	NT	Сброс цели.
Shift P	PRJ	Переключение режима проекции орбит (проекция на плоскость системы отсчета, на плоскость орбиты корабля, на плоскость орбиты объекта-цели)
Shift R	REF	Выбор нового тела отсчета (планеты или луны).
Shift T	TGT	Открыть меню для выбора объекта-цели.

Элементы управления МФД:

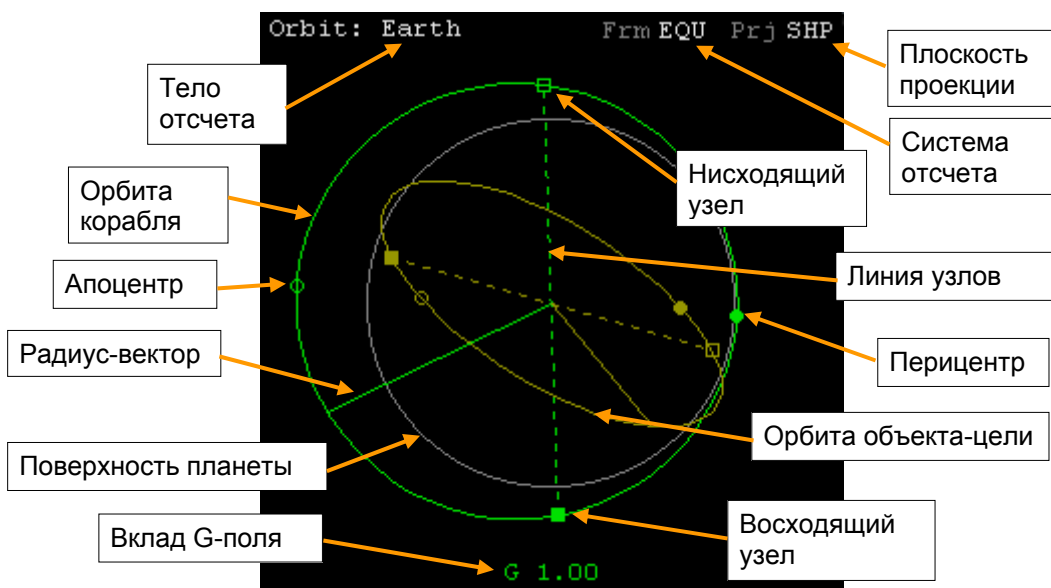


Режимы МФД:

1. Графический режим

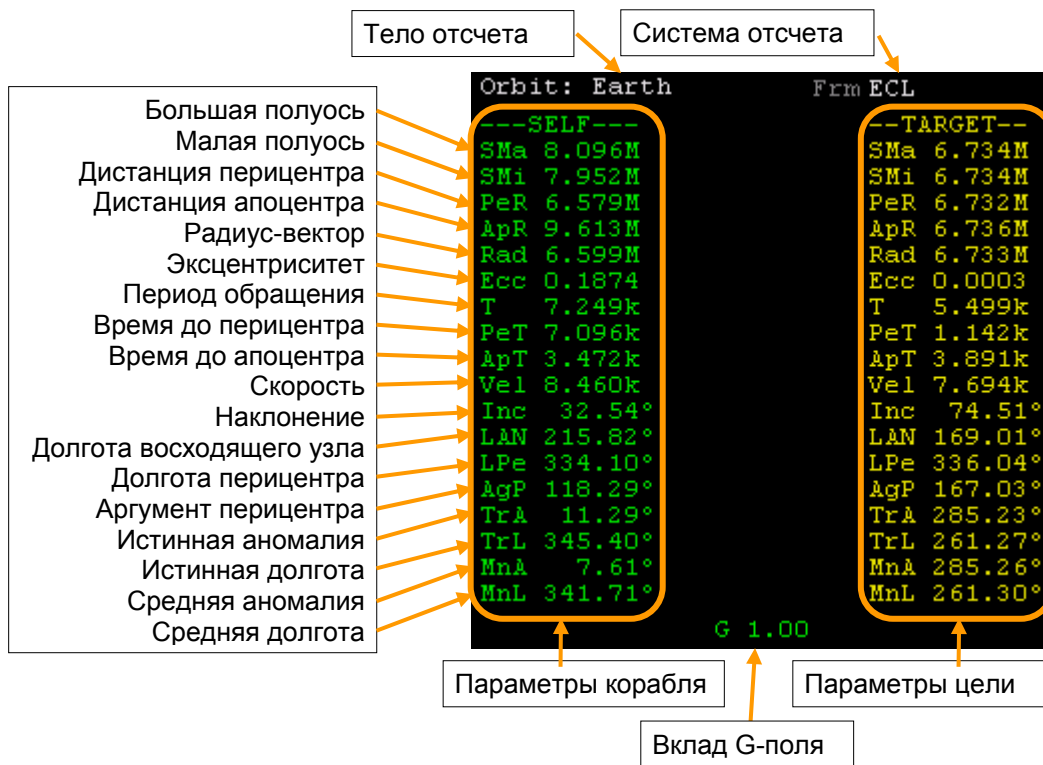
В графическом режиме МФД показывает орбиту корабля зеленым цветом и орбиту объекта-цели (если он выбран) желтым цветом. Серым цветом обозначается поверхность тела отсчета. Кроме того, дисплей показывает текущую позицию корабля (радиус-вектор), перицентр (нижнюю точку орбиты), апоцентр (высшую точку орбиты), а также восходящий и нисходящий узлы орбиты относительно плоскости системы отсчета.

Пользователь может выбирать систему отсчета, а также плоскость проекции орбиты (плоскость орбиты корабля, плоскость орбиты объекта-цели или плоскость системы отсчета – эклиптики или экватора тела отсчета).



2. Режим списка элементов орбиты

В этом режиме элементы орбиты корабля (и другие параметры) выводятся в столбец *SELF* слева МФД (параметры зеленого цвета). Если выбрана какая-нибудь цель, элементы ее орбиты будут сведены в столбец *TARGET* в правой части МФД (желтые параметры). Величина параметров зависит от системы отсчета, поэтому значения будут меняться при переключении между эклиптической (ECL) и экваториальной (EQU) системами отсчета.



Примечания:

- Большая полуось: наибольший полудиаметр эллипса орбиты.
- Малая полуось: наименьший полудиаметр эллипса орбиты.
- Перигентр: самая низкая точка орбиты (для околоземной орбиты чаще используется название *перигей*, для околосолнечной орбиты – *перигелий*).
- Апоцентр: самая высокая точка орбиты (для околоземной орбиты чаще используется название *апогей*, для околосолнечной орбиты – *афелий*).
- Восходящий узел: точка, в которой орбита пересекает плоскость горизонта системы отсчета (плоскость эклиптики или плоскость экватора) в направлении «снизу-вверх».
- Нисходящий узел: точка, в которой орбита пересекает плоскость горизонта системы отсчета в направлении «сверху-вниз».
- Радиус-вектор: вектор, построенный из точки фокуса орбиты к текущей позиции обращающегося тела (например, корабля).

Более подробно об элементах орбиты см. Приложение С.

Для гиперболических (т.е. непериодических) орбит, следующие параметры интерпретируются специальным образом:

SMa: реальная (большая) полуось a : расстояние от точки пересечения асимптот гиперболы до перигентра. В случае гиперболической орбиты большая полуось будет представлена отрицательным числом.

SMi: воображаемая (малая) полуось $b = a \sqrt{e^2 - 1}$

ApD: апоцентр: не имеет смысла

T: период обращения: не имеет смысла

PeT: время достижения перигентра; после прохождения перигентра получает отрицательное значение

ApT: время достижения апоцентра: не имеет смысла

MnA: средняя аномалия, определяется как $e \sinh E - E$, где E – гиперболическая эксцентрическая аномалия

G-field contribution (Вклад гравитационного поля)

Значение “G” в нижней части дисплея показывает относительный вклад гравитационного поля тела отсчета в полное гравитационное воздействие на корабль в его текущей позиции. Этот параметр можно использовать для оценки применимости

метода Кеплера (метода 2-х тел) для расчета элементов орбиты. Для значений, близких к 1, метод 2-х тел дает достаточно точное приближение. При меньших значениях реальная орбита будет постепенно отклоняться от вычисленной аналитически.

Для значений $G < 0.8$ индикатор будет показан желтым цветом, что сигнализирует о неточности предоставляемых данных. Если же индикатор G стал красного цвета, это означает, что текущее тело отсчета не является доминирующим гравитационным источником. В этом случае «горячая» клавиша **Shift A** обеспечит автоматический переход к доминирующему гравитационному телу как к телу отсчета.

13.3 МФД VOR/VTOL

Режим МФД VOR/VTOL – это навигационный инструмент, используемый при полетах над поверхностью планеты, а также для вертикальных взлетов и посадок (VTOL, Vertical Take-Off and Landing). Помимо высоты и скорости прибор может показывать позицию корабля относительно маяка VOR (very high frequency omnidirectional range, высокочастотный всенаправленный маяк).

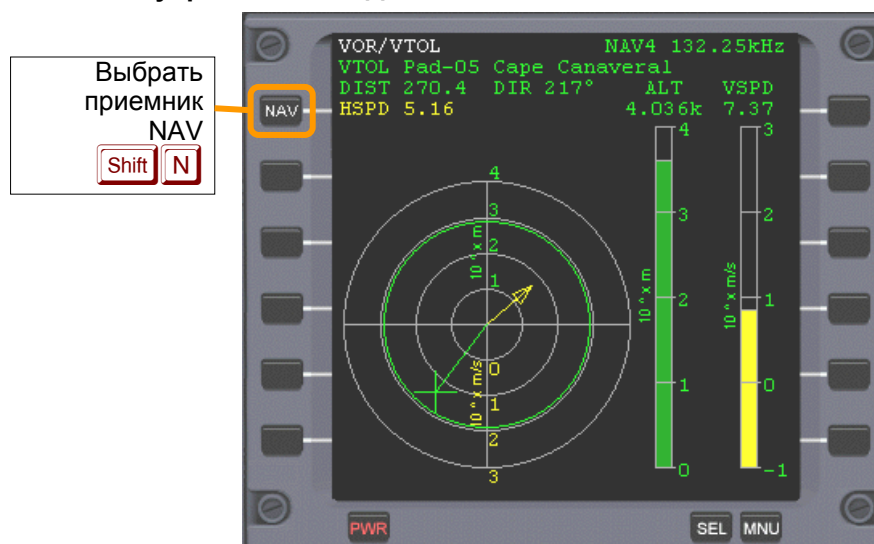
МФД VOR/VTOL работает в сочетании с одним из навигационных приемников корабля (NAV). Выбранный приемник и настройка его частоты отображаются в верхнем правом углу дисплея. Если на указанной частоте есть сигнал, во второй строке приводится идентификатор (ID) принимаемого радиомаяка. В случае, если корабль имеет более одного NAV-приемника, нужный приемник можно выбрать клавишами **Shift N**. Настройка частоты выбранного приемника производится в режиме COM/NAV МФД (см. раздел 13.1).

МФД в режиме VOR/VTOL можно также использовать для ориентации корабля при вертикальной посадке (VTOL). Если выбранный приемник настроен на частоту радиомаяка посадочной площадки VTOL, дисплей покажет положение корабля относительно этой площадки.

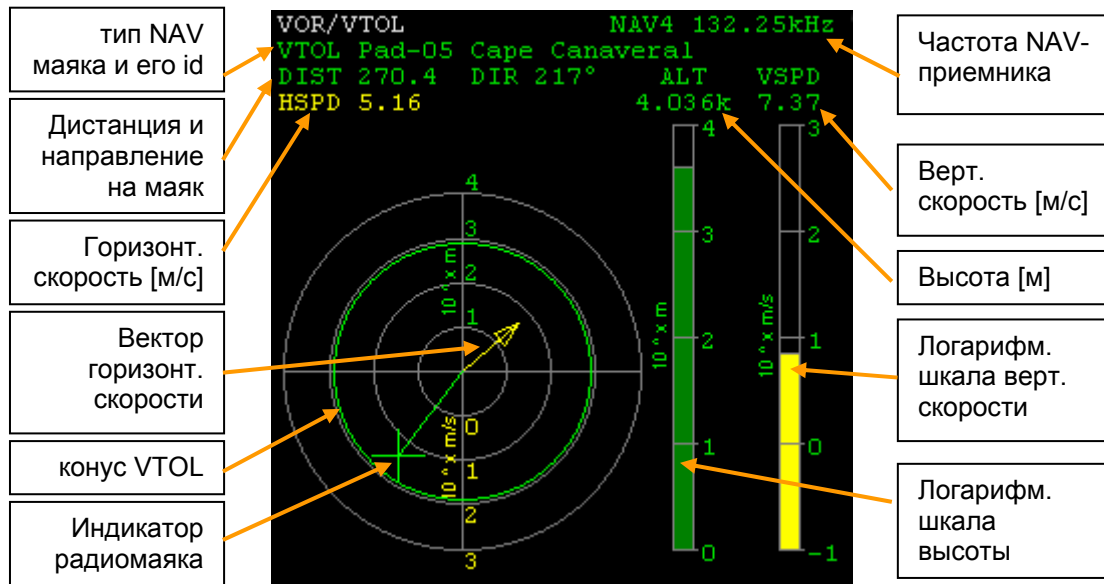
«Горячие» клавиши:

Shift N	Выбрать навигационный приемник (NAV) для приема информации маяка VOR или маяка VTOL
----------------	---

Элементы управления МФД:



Элементы изображения:



- **DIST:** расстояние до маяка NAV [м]
- **DIR:** направление на маяк NAV (по отношению к кораблю)
- **HSPD:** горизонтальная скорость [м/с]
- **ALT:** высота [м]. Шкала высоты – логарифмическая и имеет диапазон от 1 до 10^4 м.
- **VSPD:** вертикальная скорость [м/с]. Шкала скорости также логарифмическая и имеет диапазон от ± 0.1 до $\pm 10^3$ м/с. Положительные значения скорости показываются указателем зеленого цвета, отрицательные – указателем желтого или красного цвета. *Красный цвет* означает опасность удара о поверхность планеты.
- **Target indicator (Индикатор радиомаяка):** Показывает положение принимаемого радиомаяка в плоскости горизонта относительно корабля. Дает расстояние до маяка в логарифмической шкале. Диапазон шкалы: от 1 до 10^4 м.
- **Hspeed vector:** Индикатор-стрелка, показывает горизонтальную составляющую скорости корабля относительно поверхности планеты по логарифмической шкале. Диапазон шкалы: от 0.1 до 10^3 м/с.
- **VTOL cone (конус VTOL, конус посадки):** Это круг, очерчивающий область поверхности планеты, на краю которой произойдет посадка корабля при текущих значениях скоростей и высоты. Во время вертикальной посадки индикатор маяка площадки VTOL должен оставаться внутри конуса посадки. Если цвет круга стал *красным*, это означает, что маяк находится за пределами конуса посадки и корабль не долетает до площадки VTOL. Конус посадки отображается только тогда, когда МФД настроен на VTOL-маяк.

13.4 Индикатор горизонтальной ситуации (HSI)

Индикатор горизонтальной ситуации (Horizontal Situation Indicator, HSI) представляет собой два независимых дисплея. Каждый дисплей можно подключить к приемнику NAV и тогда он будет показывать информацию о положении корабля относительно лучей радиомаяка. Приборы HSI получают информацию от наземных радиомаяков, таких как станции VOR или системы инструментальной посадки ILS. Функциональность HSI в Орбитере такая же, как на HSI в любом авиалайнере.

Каждый дисплей HSI изображает гирокомпас, показывающий текущий курс полета (в позиции «12 часов»). Желтая стрелка в центре прибора является *указателем курса селектора OBS* (OBS – Omni Bearing Selector). Когда подключенный к прибору NAV-приемник настроен на VOR-станцию, селектор OBS можно поворачивать кнопками OB- («горячие» клавиши **Shift** **I**) и OB+ (**Shift** **J**). Если идет прием сигнала VOR-станции, то поворачивая селектор OBS вы выбираете радиал этой станции. Если идет прием

сигнала системы ILS, селектор OBS автоматически фиксируется на соответствующем курсе подхода к ВПП.

Средняя секция стрелки селектора называется *индикатором отклонения курса* (Course Deviation Indicator, CDI). Она может «уходить» влево или вправо, показывая отклонение курса корабля от выбранного селектором OBS направления. Если индикатор CDI отклонился влево, выбранный радиал VOR-станции проходит левее текущей позиции корабля.

В левом нижнем углу прибора находится индикатор TO/FROM. “TO” означает, что прибор работает с радиалом, показывающим направление *от корабля к станции*; “FROM” означает радиал, показывающий направление *от станции к кораблю*.

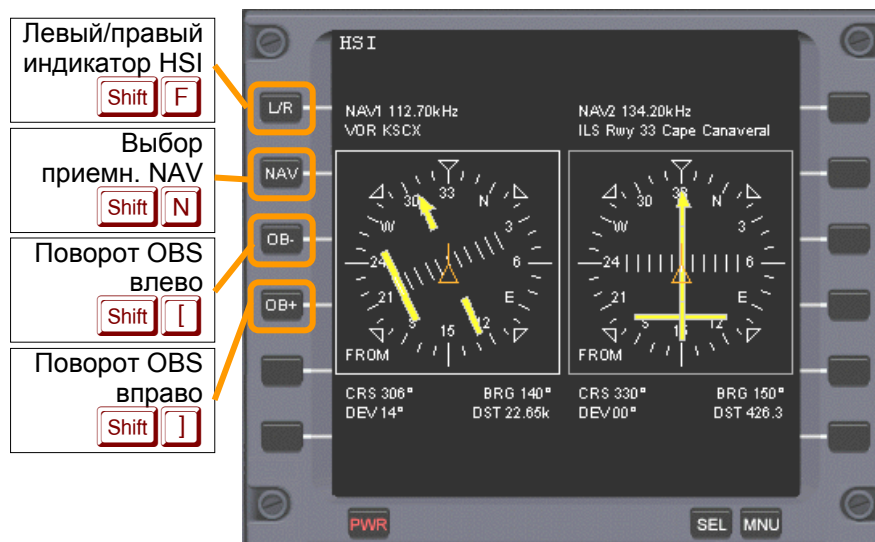
Когда прибор настроен на передатчик системы ILS (Instrumental Landing System), дисплей показывает также горизонтальную черту – индикатор глиссады (glideslope). Этот индикатор помогает выровнять корабль по вертикали относительно глиссады ВПП. Если индикатор находится в центре прибора, корабль – на глиссаде. Если индикатор «уплыл» в верхнюю половину дисплея, это означает, что глиссада проходит *над* кораблем, т.е. вы летите *слишком низко*. Если индикатор глиссады опустился в нижнюю половину дисплея, это означает, что глиссада проходит *под* кораблем, и вы заходите на ВПП *слишком высоко*.

Частота обновления показаний прибора HSI – 4 Гц или выше, если в настройках диалога «Стартовая площадка» (*Launchpad*) указана более высокая частота.

«Горячие» клавиши:

	Выбор приемника NAV
	Переключение между левым и правым приборами HSI
	Поворот OBS влево
	Поворот OBS вправо

Элементы управления МФД:



Элементы изображения:



Использование HSI для навигации:

- Определите частоту маяка VOR-станции, которую вы хотите использовать для навигации (можно найти станцию на карте **[Ctrl][M]** или посмотреть ее описание в информационном окне, **[Ctrl][I]**), и настройте на нее один из приемников NAV (используйте для этого режим МФД COM/NAV).
- Подключите один из индикаторов HSI к этому приемнику клавишами **[Shift][N]**.
- Чтобы определить курс для полета в сторону маяка станции, поверните селектор OBS таким образом, чтобы индикатор CDI выровнялся со стрелкой, а индикатор TO/FROM показал "TO".
- Разверните корабль так, чтобы стрелка селектора OBS показала позицию «на 12 часов». Теперь корабль летит в сторону VOR-станции.
- Если по мере приближения к VOR-станции индикатор CDI начнет «уходить», доверните корабль по курсу в ту сторону, в которую отклонился индикатор. Когда индикатор вернется на середину, снова выправьте курс так, чтобы стрелка OBS показала положение «12 часов».
- Если нужно лететь от станции, используйте ту же последовательность действий, но поверните стрелку селектора OBS так, чтобы индикатор TO/FROM показывал "FROM".

Использование МФД в режиме HSI для инструментальной посадки:

- Убедитесь, что ВПП оборудована радиомаяком системы инструментальной посадки ILS (воспользуйтесь информационным диалогом, **[Ctrl][I]**), и настройте один из NAV-приемников на соответствующую частоту.
- Подключите один из индикаторов HSI к этому приемнику.
- Как только корабль окажется в пределах дальности маяка ILS, стрелка OBS автоматически развернется в направлении посадочного курса. Теперь ее можно использовать как указатель курса (localizer). В то же время должен появиться индикатор глиссады (glideslope). Когда оба индикатора скрещены в центре («собраны в кучу»), ваш корабль находится «на курсе, на глиссаде». Если индикатор глиссады ниже центра, ваш корабль летит выше глиссады. Если выше центра – ваш корабль ниже глиссады.

13.5 Стыковочный МФД (Docking MFD)

Стыковочный МФД (*Docking MFD*) помогает правильно провести финальное сближение с другим кораблем (космической станцией) для стыковки. Прибор имеет индикаторы, помогающие правильно выровнять корабль по отношению к траектории сближения, а также указатели относительной скорости и дистанции.

Данные о сближении, обрабатываемые прибором, могут быть получены тремя способами:

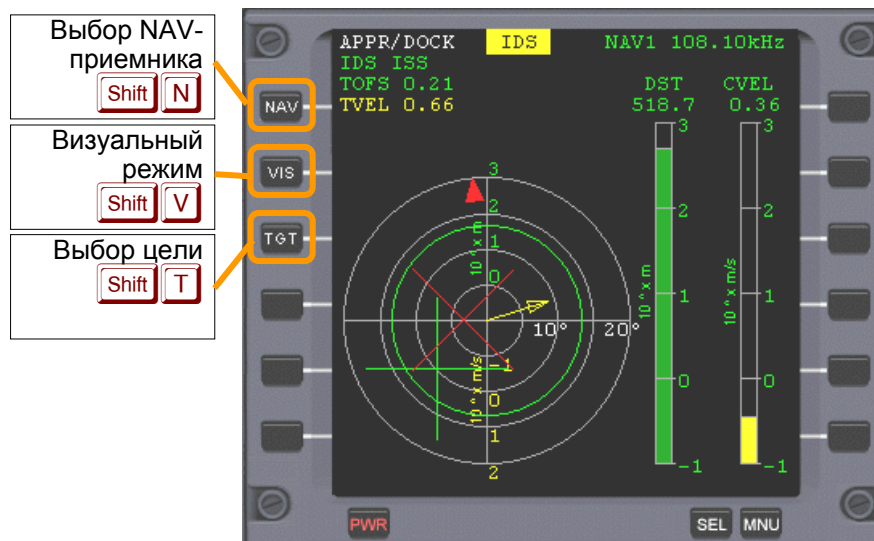
- Режим IDS: Прибор получает данные из радиосигнала, который посылает корабль, с которым производится сближение. Система инструментальной стыковки IDS (Instrument Docking System) посылает радиосигнал определенной частоты. NAV-приемник, подключенный к стыковочному МФД принимает этот сигнал. Типичная дальность действия системы – около 100 км. Выбор NAV-приемника (и переход в режим IDS) производится клавишами **Shift N**. Частота, на которую настроен приемник, индицируется в правом верхнем углу МФД.
- Визуальный режим: Параметры стыковки определяются бортовой системой визуального слежения за кораблем-целью (обычно это – видеокамеры, смонтированные на стыковочном узле). Визуальный режим позволяет провести стыковку с кораблем, не оборудованным системой IDS. Типичная дальность действия системы – около 100 м. Переключение в визуальный режим производится клавишами **Shift V**.
- Прямой выбор цели: Если вы хотите избежать сложностей, связанных с настройкой навигационного радио, просто откройте диалог, в котором можно напрямую задать цель для сближения («горячая» клавиша **Shift T**) и введите имя корабля цели (и дополнительно, через пробел, номер стыковочного узла корабля цели, число ≥ 1). Возможно, в будущих версиях Орбитера метода прямого выбора цели не будет.

За исключением различной дальности действия, все три метода обеспечивают одинаковую функциональность стыковочного МФД.

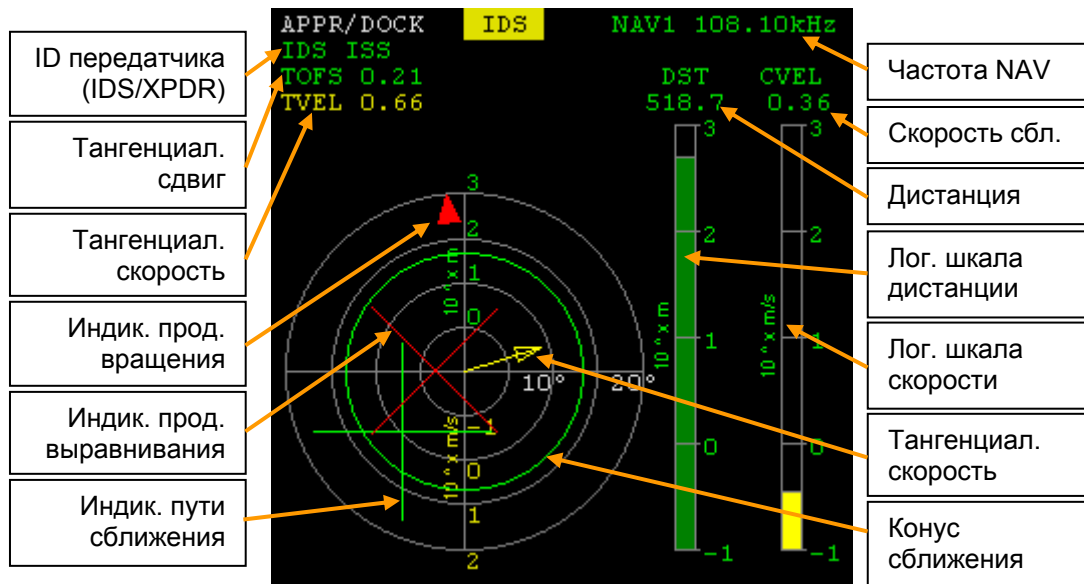
«Горячие» клавиши:

Shift N	Выбор приемника NAV для получения сигналов системы IDS.
Shift V	Переключение на визуальный режим сближения.
Shift T	Прямой выбор корабля-цели и его стыковочного узла.

Элементы управления МФД:



Элементы изображения:



- **IDS source (источник сигналов IDS):** Идентификатор источника сигналов системы IDS, принимаемых в настоящий момент.
- **TOFS:** Тангенциальный сдвиг корабля относительно оптимальной траектории сближения (относительный боковой снос). Эта величина определяется как отношение бокового сдвига корабля к радиусу конуса сближения, рассчитанного по текущей дистанции до цели. Когда величина $TOFS < 1$, это означает, что корабль находится внутри конуса сближения.
- **TVEL:** Тангенциальная скорость (скорость относительно корабля-цели в проекции на плоскость, нормальную к оптимальной траектории сближения) [м/с]
- **DST:** Дистанция, которую осталось пройти, т.е. расстояние от вашего стыковочного узла до стыковочного узла корабля-цели [м]. Индикатор показывает дистанцию в логарифмической шкале, диапазон значений от 0.1 до 10^3 м.
- **CVEL:** Скорость сближения [м/с]. Индикатор показывает скорость сближения в логарифмической шкале, диапазон значений от 0.1 до 10^3 м/с. Желтый цвет означает положительную скорость сближения, т.е. ваш корабль приближается к кораблю-цели.

Индикатор в виде мишени (концентрических кругов с перекрестьем) показывает положение вашего корабля по отношению к траектории сближения и ориентацию относительно стыковочного узла корабля-цели.

- **Approach path indicator (Индикатор пути сближения):** Зеленый плюс показывает расположение оптимальной траектории сближения относительно корабля. Когда индикатор находится в центре мишени, ваш корабль расположен на траектории сближения. Мишень представляет собой логарифмическую шкалу с диапазоном значений от 0.1 до 10^3 м (зеленая градуировка). По этой шкале можно измерять тангенциальное отклонение корабля (боковой снос) от траектории сближения. Управлять тангенциальным отклонением следует при помощи двигателей ориентации (RCS) в режиме *линейных перемещений (linear mode)* (см. раздел 14.2).
- **Tangential velocity indicator (Индикатор тангенциальной скорости):** Желтая стрелка показывает направление и величину тангенциальной скорости вашего корабля относительно корабля-цели. При измерении этой скорости мишень также представляет собой логарифмическую шкалу с диапазоном значений от 0.01 до 10^2 м/с (желтая градуировка). Для того, чтобы выровнять ваш корабль относительно траектории сближения, используйте двигатели ориентации (RCS) в линейном режиме таким образом, чтобы желтая стрелка скорости была направлена в сторону зеленого плюса (индикатора пути сближения).
- **Alignment indicator (Индикатор продольного выравнивания):** Белый (или красный) крест показывает угловую ориентацию вашего корабля относительно

направления сближения с кораблем-целью. Когда индикатор находится в центре мишени, это означает, что направление вашего стыковочного узла совпадает с направлением траектории сближения. Крест становится красным, когда ошибка выравнивания превышает 2.5° . Шкала мишени для индикатора выравнивания является линейной, с диапазоном значений от 0 до 20° (белая градуировка). Угловую ориентацию корабля следует выполнять при помощи двигателей ориентации (RCS) в *режиме вращения (rotational mode)* (см. раздел 14.2).

- **Longitudinal rotation indicator (Индикатор продольного вращения):** Этот *треугольник* показывает взаимное выравнивание стыковочных узлов по крену. Стыковочные узлы выровнены правильно, если индикатор занимает положение «на 12 часов». Выравнивание по крену следует выполнять при помощи двигателей ориентации (RCS) в *режиме вращения*, управлением *по крену (banking)* (см. раздел 14.2). Если выравнивание по крену выполнено удовлетворительно, индикатор имеет белый цвет. Если ошибка превышает 2.5° , цвет индикатора меняется на красный. *Индикатор продольного вращения не показывается, если ошибка продольного выравнивания (см. выше) превышает 5° .*
- **Approach cone (Конус сближения):** *Концентрическая зеленая или красная окружность* показывает размер конуса сближения для текущего расстояния между стыковочными узлами. Вы должны проводить сближение таким образом, чтобы индикатор пути сближения был всегда *внутри* конуса сближения (в этом случае конус показывается зеленым цветом, в противном случае – красным). По мере сближения с кораблем-целью, конус сближения уменьшается.

По мере сближения, следует уменьшить скорость корабля (используйте тормозные двигатели). К моменту стыковки скорость должна быть менее 0.1 м/с.

Примечания:

- Для успешной стыковки необходимо, чтобы расстояние между стыковочными узлами было около 0.3 м. В будущих версиях Орбитера возможно появление дополнительных ограничений (на скорость, на точность выравнивания и т.п.)
- В настоящей версии нет никакой проверки на удар или столкновение. Если стыковка не получится и вы будете продолжать двигаться в сторону станции-цели, ваш корабль просто пролетит сквозь нее.

13.6 Авиагоризонт (Surface MFD)

Авиагоризонт (Surface MFD) используется при полете вблизи поверхностей планет. Это – сложный прибор, который состоит из следующих элементов:

- **Искусственный горизонт** с индикаторами тангажа и крена.
- **Heading indicator tape, Указатель курса (компас)**
- **Altitude tape, Указатель высоты** с маркерами высот периферии и апоцентра
- **Vertical speed tape, Указатель вертикальной скорости**
- **Vertical acceleration tape, Указатель вертикального ускорения**
- **Speed tape, Указатель скорости (IAS/TAS/GS/OS)**
- **Acceleration tape, Указатель ускорения**
- **Angle of attack tape, Указатель угла атаки**
- **Atmospheric data, Данные об атмосфере за бортом**
- **Equatorial position, Географические координаты** (долгота и широта, а также скорости их изменения)

Данные об атмосфере демонстрируются при ее наличии и включают в себя следующие параметры:

- **OAT:** Температура за бортом: Абсолютная температура воздуха в спокойном состоянии [K].
- **M:** Число Маха $M=v/a$, где v – скорость в потоке воздуха, a – скорость звука в воздухе.
- **DNS:** Плотность воздуха ρ [кг/м³]
- **STP:** Статическое давление [Па]

- **DNP:** Динамическое давление $q = \frac{1}{2} \rho v^2$ [Па].

«Горячие» клавиши:

	Показывать <i>Индикаторную скорость (Indicated Airspeed)</i> .
	Показывать <i>Истинную скорость (True Airspeed)</i> .
	Показывать <i>Относительную скорость (Ground-relative Speed)</i> .
	Показывать <i>Орбитальную скорость (Orbital Speed)</i> .

Элементы управления МФД:

Элементы изображения:

Режимы представления скорости:

Пользователь может переключить МФД в один из четырех режимов представления скорости:

- **TAS (true airspeed), Истинная скорость:** Скорость корабля относительно окружающей среды. Обычно скорость в атмосфере вычисляется при помощи трубки Пито по разнице между давлением в свободном потоке и давлением в

остановленном потоке воздуха. Режим показа TAS доступен только для атмосфер (или высот), в которых давление свободного потока $p_1 > 10^{-4}$ Па (для Земли это давление соответствует высоте около 140 км). Если скорость TAS нельзя измерить, индикатор сбрасывается на 0, а в цифровом окошке показывается “----”.

- **IAS (indicated airspeed), Индикаторная скорость:** Параметр, характерный для обычного самолета. IAS измеряется по соответствию плотности атмосферы скорости звука на уровне моря. Значения скоростей IAS и TAS одинаковы для малых высот, но расходятся для больших, при этом $IAS < TAS$. Измерение скорости IAS имеет тот же предел давления, что и для TAS: $p_1 > 10^{-4}$ Па.
- **GS (ground-relative speed), Относительная скорость:** Скорость относительно поверхности планеты. Скалярное значение вектора скорости корабля, трансформированного во вращающуюся систему отсчета, связанную с планетой. На низких высотах эта скорость совпадает со скоростью TAS, но отличается от нее на больших высотах. Обычно, скорость TAS уже не может быть измерена на тех высотах, на которых она существенно отличается от скорости GS.
Примечание: Для кораблей, расположенных на идеальной геостационарной орбите, скорость GS должна быть равна нулю.
- **OS (orbital speed), Орбитальная скорость:** Скорость корабля относительно центра планеты в невращающейся планетарной системе отсчета. Эта скорость идентична скорости “Vel” – параметру, доступному в Орбитальном МФД.
Примечание: обычно для посаженного на поверхность планеты корабля OS не равна нулю из-за суточного вращения планеты.

Указатель скорости слева от искусственного горизонта показывает скорость корабля в зависимости от выбранного режима. Указатель ускорения, расположенный ниже, показывает скорость изменения скорости также в зависимости от выбранного режима. Указатели вертикальной скорости и вертикального ускорения не зависят от выбранного режима представления скорости.

Частота обновления показаний прибора HSI – 4 Гц или выше, если в настройках диалога «Стартовая площадка» (*Launchpad*) указана более высокая частота.

Технические особенности: Для вычисления индикаторной скорости в Орбитере используется модель сжимаемого течения газа:

$$v_{IAS} = a_s \sqrt{\frac{2}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{p_0 - p_1}{p_s} + 1 \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right]}$$

где p_0 и p_1 – давление в остановленном потоке и давление в свободном потоке соответственно, p_s и a_s – стандартные статическое давление и скорость звука на уровне моря, и γ – характеристический тепловой коэффициент.

Давление в остановленном потоке p_0 вычисляется с использованием значения истинной скорости

$$v_{TAS} = a_1 \sqrt{\frac{2}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right]}$$

где a_1 – скорость звука в свободном потоке.

13.7 Карта (Map MFD)

МФД Карта (*Map MFD*) показывает карту поверхности планеты в экваториальной проекции (если карта доступна). Если карты для планеты нет, МФД может показать только сетку параллелей и меридианов.

Пересечение плоскости текущей орбиты корабля с поверхностью планеты (т.н. *трек*) показывается в виде кривой линии зеленого или(и) красного цвета. Текущая позиция корабля на орбите обозначается белым крестом. Зеленая часть кривой соответствует той части орбиты, которая проходит *над* поверхностью планеты. Красная часть кривой (когда она есть) соответствует части орбиты, проходящей *под* поверхностью планеты.

Наличие красного участка трека говорит о том, что орбита является баллистической, и полет по ней приведет к удару о поверхность планеты, если в результате работы двигателей корабля не будет поднят перицентр орбиты.

Точки пересечения траектории полета с поверхностью планеты обозначаются красным и зеленым квадратами. Красный квадрат – точка удара о поверхность. На эту точку можно ориентироваться при расчетах тормозных импульсов для схода с орбиты. Имейте в виду, что орбиты, не имеющие красных частей треков, все же могут быть нестабильны, если задевают атмосферу планеты.

Помимо трека корабля, дисплей может показывать также трек другого корабля-цели (или луны), обращающегося вокруг этой же планеты. Трек корабля-цели обозначается желтой кривой, а позиция корабля-цели на орбите отмечается желтым крестом. Части траектории, проходящие под поверхностью планеты, никак не выделяются.

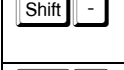
Имейте в виду, что треки, представленные на карте, соответствуют траектории корабля (или небесного тела) на данный момент времени. Это означает, что треки непрерывно смещаются в горизонтальном направлении в соответствии с суточным вращением планеты.

Наземные базы (космопорты) обозначаются красными квадратами. Одну из баз можно выбрать в качестве цели. Для выбранной базы показываются ее географические координаты и дистанция до нее.

Дисплей может показывать карту полностью (360° x 180°) или с 2-кратным увеличением (180° x 90°). Кнопки прокрутки позволяют сдвигать карту и просматривать невидимые ранее участки.

Можно также включить режим слежения (track mode), тогда текущая позиция корабля всегда будет в центре дисплея, а карта будет двигаться под ним в соответствии с движением корабля. В режиме слежения функция прокрутки карты отсутствует.

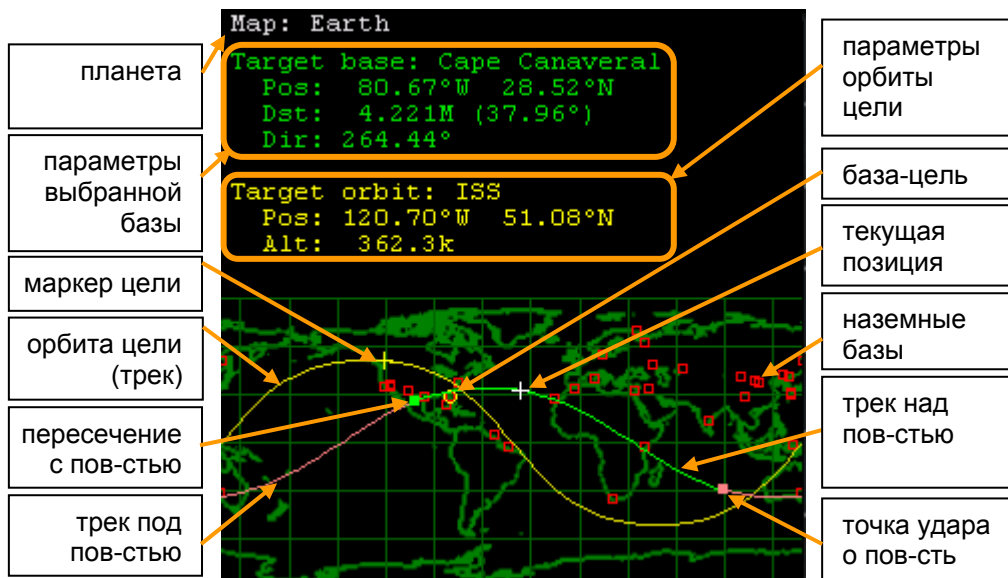
«Горячие» клавиши:

	REF	Открывает строку ввода, позволяющую указать центральное небесное тело.
	TGT	Открыть меню для выбора цели (наземной базы, другого корабля или луны).
	TRK	Включение/выключение режима слежения.
	ZM	Включение/выключение 2-кратного увеличения.
	<<	Прокручивание карты влево (не в режиме слежения).
	>>	Прокручивание карты вправо (не в режиме слежения).
	UP	Прокручивание карты вверх (не в режиме слежения, и при включенном увеличении).
	DN	Прокручивание карты вниз (не в режиме слежения, и при включенном увеличении).

Элементы управления МФД:



Элементы изображения:



Выбранная наземная база-цель:

- **Pos:** Экваториальные координаты (долгота, широта) выбранного космопорта.
- **Dst:** Расстояние от точки проекции корабля на поверхность планеты до выбранного космопорта.
- **Dir:** Направление на цель из корабля (курсовой угол).

Орбита выбранного объекта-цели (корабля или луны):

- **Pos:** Экваториальные координаты (долгота, широта) текущей проекции объекта-цели на поверхность планеты.
- **Alt:** Высота объекта-цели над поверхностью планеты.

Примечания:



- В качестве цели можно выбрать только те объекты, которые обращаются вокруг этой же планеты.
- В качестве базы-цели можно выбрать только космопорт, находящийся на этой же планете.
- Трек вашего корабля показывается только в том случае, если корабль обращается вокруг планеты.

13.8 Выравнивание плоскостей орбит (Align orbital plane MFD)


Этот режим МФД помогает рассчитать разворот орбиты вашего корабля таким образом, чтобы ее плоскость совпала с плоскостью некоторой целевой орбиты (например, орбиты, по которой движется другой космический корабль). Прибор показывает значимые орбитальные параметры (наклонение и долготу восходящего узла) для текущей и целевой орбит. Кроме того, прибор показывает относительное наклонение текущей орбиты (т.е. угол между текущей и целевой орбитами), угловое расстояние от текущего радиус-вектора вашего корабля до восходящего и нисходящего узлов, а также время достижения следующего узла и приблизительную длительность маневра по развороту плоскости орбиты. Подробнее о том, как пользоваться этим прибором, см. раздел 16.3.


Плоскость, в которую требуется развернуть орбиту, может определяться как плоскостью орбиты некоего целевого объекта (корабля, луны), так и просто набором параметров, определяющих целевую орбиту: наклонением и долготой восходящего узла орбиты по отношению к плоскости эклиптики.

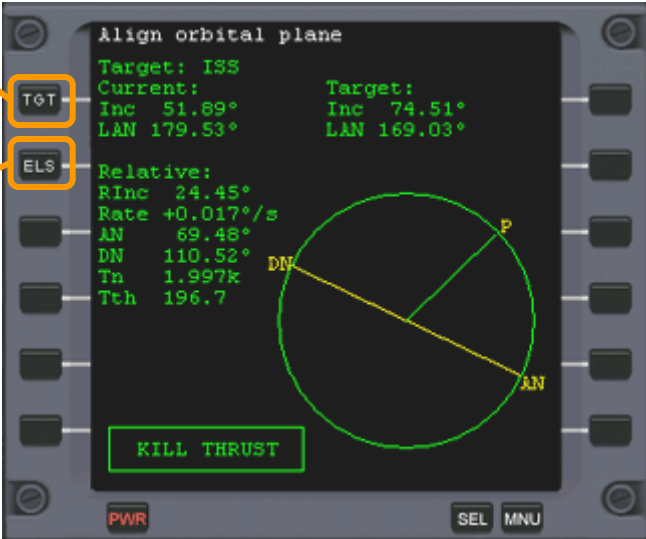
«Горячие» клавиши:

	Ввести новый объект-цель
	Задать ориентацию целевой орбиты: эклиптические наклонение и долготу восходящего узла

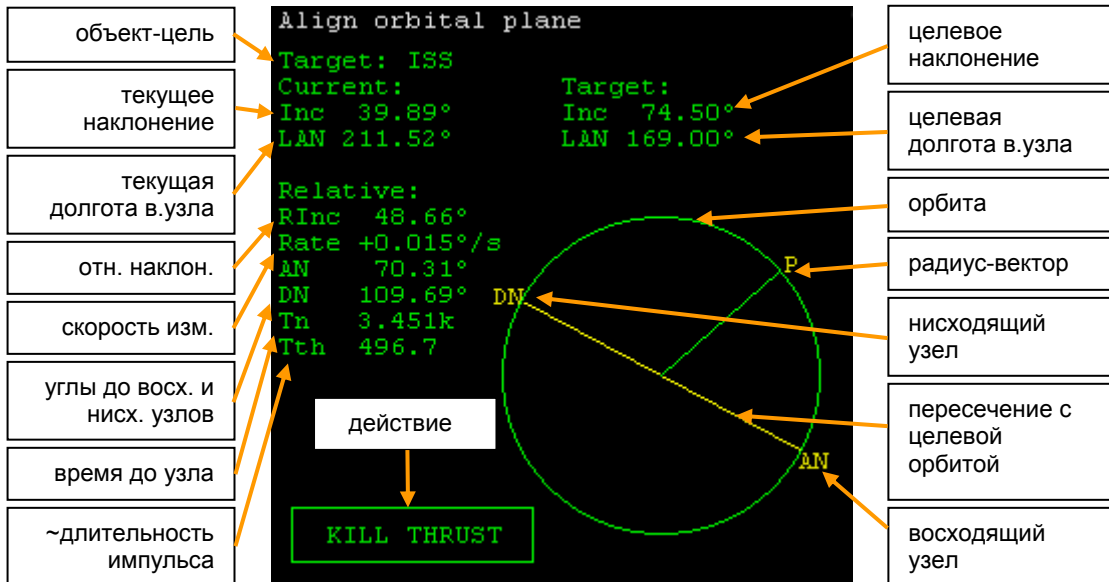
Элементы управления МФД:

Выбрать объект-цель


Ввести элементы орбиты




Элементы изображения:



МФД показывает схематическое изображение орбиты, на котором обозначены восходящий (AN) и нисходящий (DN) узлы, образованные пересечением плоскостей текущей и целевой орбит, а также текущее положение корабля (P) на орбите. Слева показаны угловые расстояния от текущей позиции корабля до следующего AN- и DN-узла (от 0 до 360°). Также показывается и время, оставшееся до прохождения следующего узла (Tn).

Наклонение текущей орбиты относительно целевой (RInc) и скорость изменения наклонения, $dRinc/dt$ (Rate) помогают определить требуемое время работы двигателя.

Потребная длительность импульса двигателя (Tth) вычисляется исходя из полной тяги двигателя, направленной перпендикулярно плоскости орбиты.

NEW!

Имейте в виду, что требуемое изменение скорости (Delta-V) и, соответственно, время работы двигателя зависят от орбитальной скорости, которая может быть разной на восходящем и нисходящем узлах, если орбита не круговая. Дисплей показывает время работы двигателей как для импульса в восходящем узле (TthA), так и для импульса в нисходящем узле орбиты (TthD).

Подсказка: Часто можно добиться большей экономии топлива, если сделать орбиту более эксцентрической перед тем, как производить поворот ее плоскости. С увеличением радиуса узла орбиты уменьшается орбитальная скорость около этого узла, следовательно, уменьшается также и требуемое изменение скорости Delta-V. Особенно при совмещении поворота плоскости орбиты с другими маневрами, требуется аккуратное планирование включений двигателя с целью минимизации расхода топлива.

13.9 Синхронизация орбит (Synchronise orbit MFD)

МФД синхронизации орбит помогает осуществить перехват объекта-цели, если он движется по орбите в той же плоскости, что и орбита вашего корабля (см. предыдущий раздел).

Прибор показывает орбиты вашего корабля и объекта-цели, опорный радиус-вектор и дает информацию о дистанции до цели в моменты прохождения опорного вектора в ближайшие несколько витков.



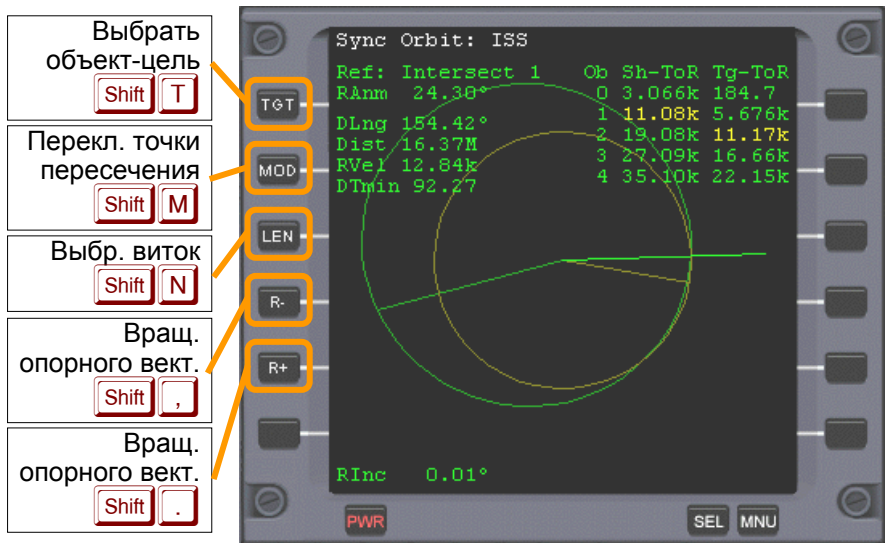
Для правильной работы этого инструмента нужно, чтобы плоскости орбит корабля и объекта-цели совпадали. Наклонение одной орбиты относительно другой показывается в левом нижнем углу дисплея, параметр "RInc". Если оно превышает 1°,

следует заново выровнять плоскости орбит, используя МФД выравнивания орбит (*Align Orbital Planes MFD*). После того, как орбиты выровнены, все последующие маневры следует проводить только в плоскости орбит.

«Горячие» клавиши:

	Выбрать объект-цель (из тех, что обращаются вокруг того же небесного тела, что и ваш корабль).
	Выбрать вариант опорного вектора. Варианты <i>Пересечение 1</i> и <i>2</i> (<i>Intersection 1</i> и <i>2</i>) доступны только в том случае, если орбиты пересекаются.
	Повернуть опорный вектор (только в режиме ручной настройки опорного вектора).
	Выбрать номер витка в списке ближайших витков.

Элементы управления МФД:



Элементы изображения:

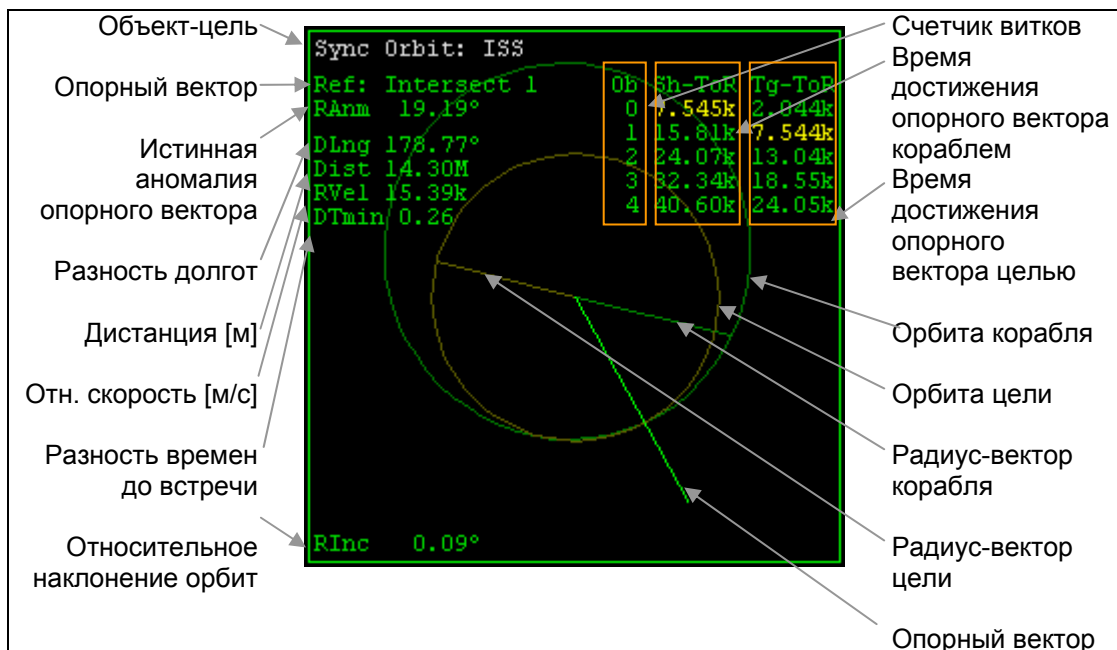


Рис 18: МФД Синхронизации орбит

- **Объект-цель:** Перехватываемая цель. Ее можно выбрать при помощи клавиш .
- **Опорный вектор:** Вектор, относительно которого ведутся все расчеты. Вариант вектора можно выбрать, нажимая клавиши : 1-я или 2-я точка пересечения орбит (*intersection 1* или *2*), если они есть, апоцентр или перицентр вашего корабля или объекта-цели, наконец, ручная настройка. При ручной настройке вектор поворачивают при помощи клавиш и .
- **Истинная аномалия опорного вектора (RAnm):** Направление опорного вектора относительно вектора перицентра орбиты корабля.
- **Разность долгот (DLng):** Угол между направлением на корабль и направлением на цель из центра небесного тела.
- **Дистанция (Dist):** Дистанция до объекта-цели [м].
- **Отн. скорость (RVel):** Скорость корабля относительно цели [м/с].
- **Разность времен до встречи (DTmin):** Имеется в виду минимальная разница во времени [с] достижения опорного вектора кораблем и целью на ближайшие несколько витков.
- **Относит. наклонение орбит (RInc):** Угол между плоскостями орбит корабля и цели.
- **Списки времен по виткам (Sh-ToR и Tg-ToR):** Список интервалов времени, необходимых для того, чтобы корабль и объект-цель соответственно достигли опорного вектора в ближайшие несколько витков. Витки можно выбирать при помощи клавиш . Пара наиболее близких времен обозначается желтым цветом и означает моменты времени, когда корабль и объект-цель будут проходить опорный вектор и при этом окажутся близко друг к другу. Величина DTmin показывает, на сколько секунд эти моменты времени отстоят друг от друга.

Подробнее о том, как следует пользоваться МФД, см. раздел 13.

13.10 Перелетный МФД (Transfer MFD)

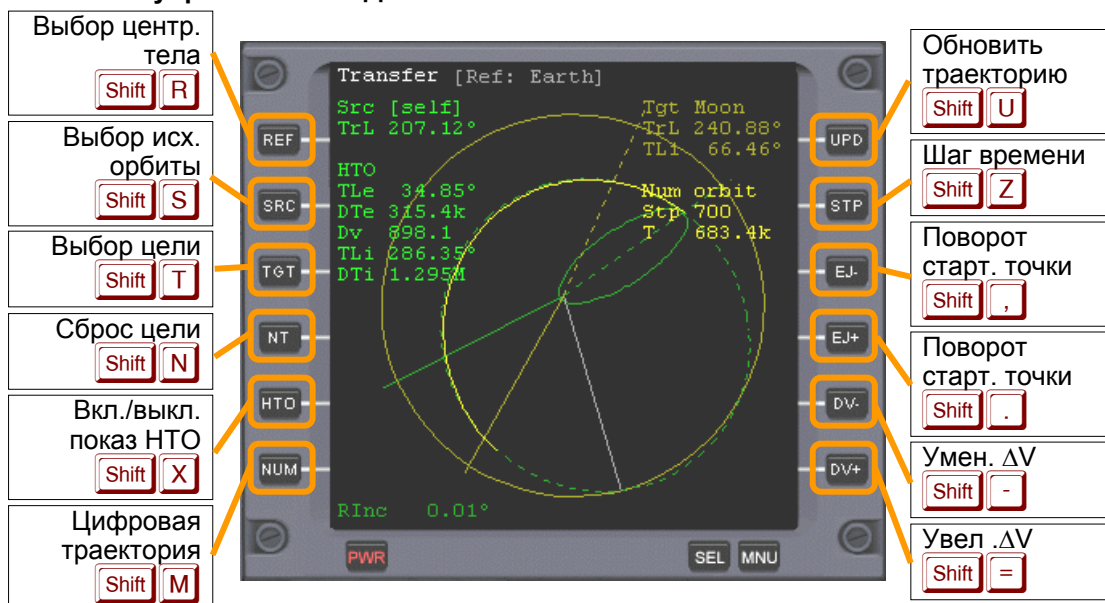
Перелетный МФД используется для расчета переходных орбит между планетами и лунами (в более общем случае – между двумя объектами, орбиты которых отличаются настолько значительно, что использование МФД синхронизации орбит было бы неэффективным).

В настоящее время в базовый комплект Орбитера включен *TransX* МФД (автор – Дункан Шарп, Duncan Sharpe) в виде plugin-модуля. Этот прибор заменяет и значительно расширяет большинство функций Перелетного МФД. Документация к *TransX* МФД оформлена в виде отдельного документа (см. *TransXmanualv3*).

«Горячие» клавиши:

	Открыть строку ввода для выбора центрального небесного тела (ассоциированного с началом системы отсчета).
	Открыть меню для выбора объекта, обращающегося по исходной орбите.
	Открыть меню для выбора объекта-цели.
	Снять выбор объекта-цели.
	Включить/выключить показ НТО (hypothetical transfer orbit, предполагаемая переходная орбита).
	Включить цифровой расчет по методу многих тел.
	Обновить цифровую траекторию, если она показывается.
	Открыть строку ввода для определения шага по времени.
	Изменить долготу стартовой точки переходной орбиты.
	Уменьшить/увеличить разницу в скорости в стартовой точке переходной орбиты.

Элементы управления МФД:



Элементы изображения:

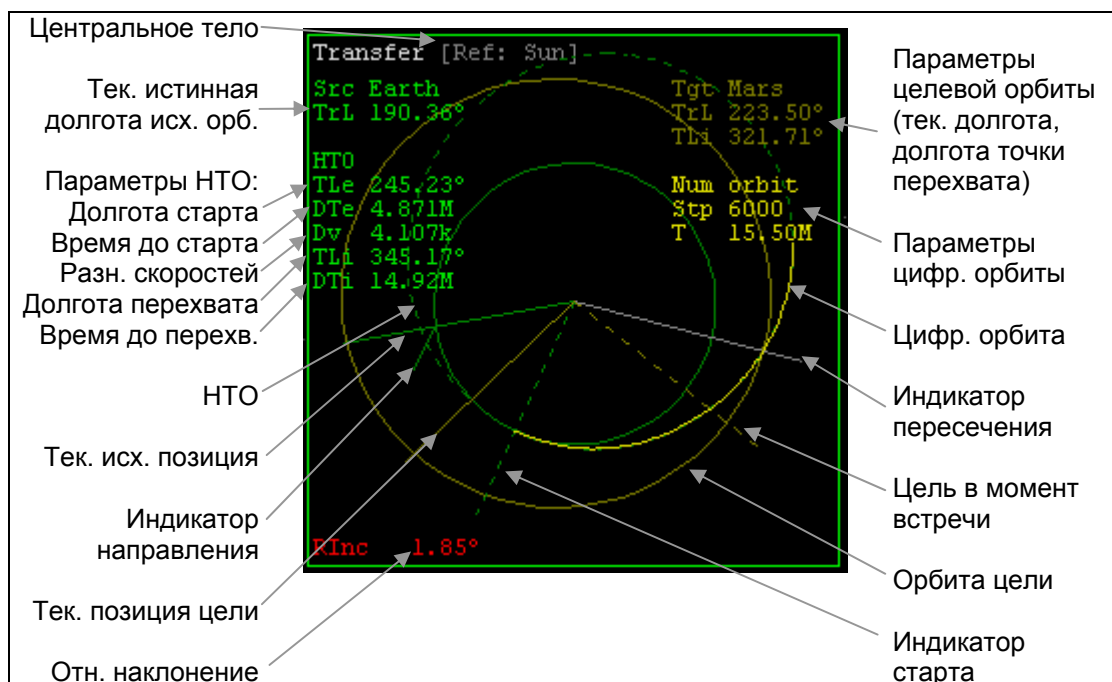


Рис 19: Перелетный МФД.

Перелетный МФД похож на Орбитальный МФД: он показывает *исходную* и *целевую* орбиты относительно выбранного центрального тела. Обычно, исходная орбита – это текущая орбита вашего корабля, но это зависит также от выбранного центрального тела. Подразумевается, что исходная и целевая орбита лежат в одной плоскости, хотя при межпланетных перелетах это условие не может быть выполнено точно.









Выбор исходной орбиты

Исходная орбита – это та орбита, с которой ваш корабль должен уйти на переходную орбиту. Обычно исходная орбита – это текущая орбита вашего корабля. В некоторых ситуациях требуется указать другую исходную орбиту. Например, в случае расчета полета от Земли к Марсу центральным телом будет Солнце. Так как доминирующим источником гравитации в начале полета является Земля, орбита корабля вокруг Солнца будет существенно искажена полем земного тяготения. В этом случае в

качестве исходной орбиты следует брать непосредственно орбиту Земли вокруг Солнца.

В данном случае, когда исходная орбита не ассоциирована с кораблем, показывается маленький индикатор, указывающий ориентацию корабля относительно исходной орбиты. Это помогает определить момент включения двигателя (например, включать двигатель нужно в тот момент, когда индикатор указывает направление «от Солнца»).

Предполагаемая перелетная орбита (НТО)

В отличие от Орбитального МФД, Перелетный МФД может построить *предполагаемую переходную орбиту* (hypothetical transfer orbit, НТО), что позволяет рассмотреть ряд сценариев перелета по принципу «что, если?..», не включая двигатель и не меняя реальную орбиту корабля. Показ орбиты НТО включается и выключается клавишами  . При вычислении орбиты НТО предполагается, что стартовый импульс дается по касательной к исходной орбите в прямом или обратном направлении. Орбита НТО имеет два параметра: *долготу* точки, в которой дается стартовый импульс (ее можно настраивать клавишами  /) и изменение скорости, которое обеспечивает стартовый импульс (настраивается клавишами  /). Орбита НТО показывается зеленым пунктиром. Стартовая точка обозначается зеленым пунктирным радиус-вектором.

Когда показывается орбита НТО, становятся доступны следующие параметры:

TLe: Истинная долгота стартовой точки

DTe: Время до старта [с]

Dv: Прирост скорости в результате стартового импульса [м/с]

TLi: Истинная долгота точки пересечения целевой орбиты (если есть)

DTi: Время до пересечения целевой орбиты [с] (если есть)

Индикатор перехвата

Если исходная орбита (или орбита НТО) пересекает орбиту цели, точка пересечения обозначается серой линией, дополнительно показывается долгота точки пересечения (TLi). Позиция цели в момент достижения точки пересечения обозначена желтой пунктирной линией. *Задача заключается в том, чтобы настроить переходную орбиту НТО так, чтобы серая и желтая пунктирные линии совпадали. Это будет означать, что корабль и цель подойдут к точке встречи одновременно.*

Гомановская переходная орбита

Переходная орбита, которая только *касается* орбиты цели (т.е. у которой стартовая точка и точка перехвата цели отстоят друг от друга на 180°) называется переходной орбитой Гомана. Такая орбита является энергетически наиболее выгодной, на ее создание расходуется минимальное количество топлива и включение двигателей производится только в точке старта и в точке перехвата цели. Переходные орбиты с большей главной полуосью требуют больших затрат топлива, но позволяют достичь цели быстрее, чем при движении по орбите Гомана.

Импульс для начала перелета

После того, как орбита НТО настроена, можно приступить к разгону. Стартовый импульс дается тогда, когда корабль достигает стартовой точки (т.е. тогда, когда сплошная и пунктирная зеленые линии сольются). Стартовый импульс выполняется в направлении вращения по исходной орбите (prograde) или против вращения (retrograde). По мере разгона текущая орбита корабля (сплошная зеленая линия) будет приближаться к расчетной НТО. Когда текущая орбита сольется с НТО, а параметр Dv достигнет нуля, следует выключить двигатель. После завершения разгона можно выключить показ НТО, и тогда дисплей покажет параметры перехвата для реальной переходной орбиты.

Цифровое вычисление траектории с решением задачи влияния многих тел

Описанный выше метод построения переходной орбиты базируется на решении гравитационной задачи 2-х тел. Перелетный МФД поддерживает также числовой метод решения гравитационной задачи многих тел. Расчет такой «цифровой» траектории

включается клавишами **Shift M**. Траектория показывается яркой желтой линией. Траектория вычисляется дискретными шагами по времени, начиная с текущей позиции корабля или начиная со стартовой точки орбиты НТО, если она есть. Поскольку расчет цифровой траектории может отнять много времени, он не обновляется автоматически, однако может быть обновлен вручную нажатием клавиш **Shift U**. Размер шага по времени определяется автоматически и обеспечивает необходимую точность. Количество шагов и, соответственно, длина траектории, выбирается при помощи клавиш **Shift Z**. Количество шагов и общая длина траектории по времени показывается под надписью “Num orbit”.

Межпланетные перелеты

Для полета с Земли на Луну Перелетный МФД можно использовать напрямую. При межпланетных полетах (например, от Земли к Марсу) нужно пользоваться следующими правилами:

- Для межпланетных перелетов центральным телом служит Солнце, а исходной орбитой – орбита той планеты, *вокруг которой космический корабль обращается в настоящий момент*. Орбита корабля относительно Солнца не может быть использована в качестве исходной, так как она слишком сильно искажается близкой планетой.
- Перед началом межпланетного перелета корабль должен вращаться вокруг планеты по орбите, лежащей в плоскости эклиптики. Относительное наклонение исходной орбиты и орбиты планеты-цели не может быть изменено, поскольку является относительным наклонением околосолнечных орбит двух планет.
- Стартовый импульс следует делать тогда, когда корабль находится в противоположном Солнцу направлении относительно планеты, вокруг которой он вращается (т.е. на «темной» стороне планеты). В этом случае приращение скорости корабля сложится с орбитальной скоростью движения планеты. В этот момент индикатор направления корабля на дисплее будет направлен точно в сторону от Солнца.
- Сразу после завершения стартового импульса следует переключить исходную орбиту на орбиту корабля для того, чтобы можно было бы оценить параметр Dv.

13.11 Профиль подъема (Custom MFD plugin)

Для того, чтобы этот прибор был доступен, следует активировать дополнительный модуль (plugin) “Custom MFD”. Это делается на панели *Modules* начального диалога «Стартовая площадка» (Launchpad dialog).

МФД фиксирует несколько параметров траектории корабля и отображает их в виде диаграмм. Строятся следующие диаграммы:

- Высота, как функция времени.
- Тангаж, как функция высоты.
- Радиальная скорость, как функция высоты.
- Тангенциальная скорость, как функция высоты.

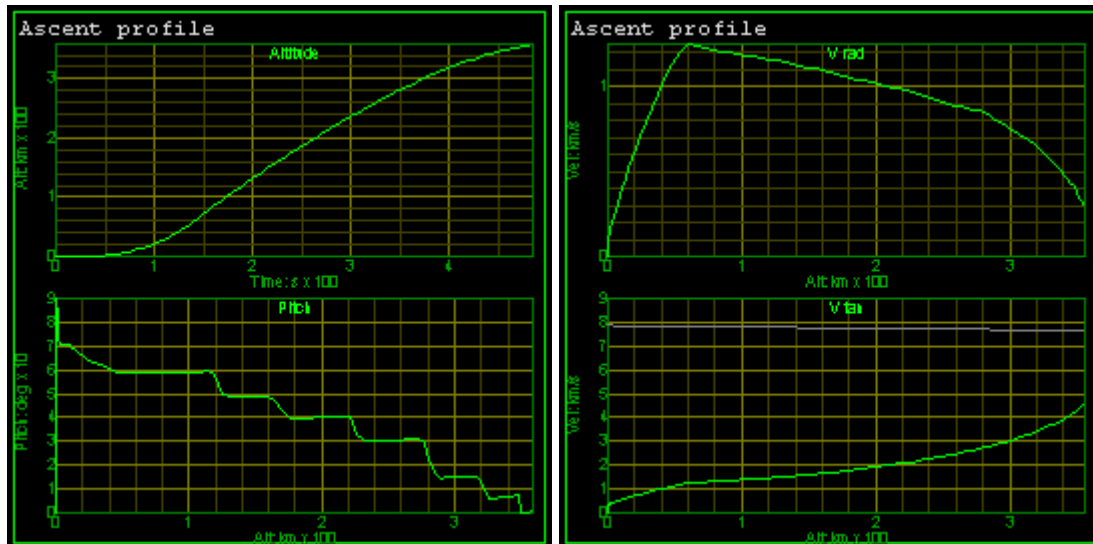


Рис 20: МФД Ascent profile (профиль подъема), экраны 1 и 2

«Горячие» клавиши:

Shift P	Показать другой экран.
Shift A	Установить масштаб высоты.
Shift R	Установить масштаб радиальной скорости.
Shift T	Установить масштаб тангенциальной скорости.

Параметры считываются каждые 5 секунд. Всего может быть считано и зафиксировано до 200 точек. По умолчанию, масштабы шкал устанавливаются автоматически, но могут быть настроены и вручную.






Выход на круговую орбиту

В диаграмме тангенциальной скорости (V_{tan}), серая линия соответствует орбитальной скорости для круговой орбиты, как функции высоты. Когда график тангенциальной скорости пересечет эту линию для текущей высоты при нулевой радиальной скорости, круговая орбита будет достигнута.

14 Управление космическим кораблем

Эта глава содержит основные принципы управления космическим кораблем в свободном космическом полете (вне влияния аэродинамических сил). Мы рассматриваем «стандартный» космический корабль. Обратите внимание на то, что управление кораблями различных типов может существенно отличаться. Всегда читайте инструкции к конкретным типам кораблей, если они доступны.

14.1 Главные, тормозные двигатели и двигатели вертикальной тяги

Главные двигатели (main thrusters) ускоряют корабль вперед, *тормозные двигатели (retro thrusters)* ускоряют корабль назад (тормозят его). Управление главными и тормозными двигателями осуществляется при помощи клавиш  (увеличение тяги главных или уменьшение тяги тормозных двигателей) и  (уменьшение тяги главных или увеличение тяги тормозных двигателей). Главные и тормозные двигатели выключаются нажатием на клавишу . Постоянный уровень тяги может быть мгновенно увеличен до 100% нажатием и удержанием клавиши  (для главных двигателей) или  (для тормозных двигателей).

Если на вашем джойстике имеется РУД (рукоятка управления двигателями, throttle control), ее можно использовать для управления главными двигателями.



Ускорение корабля \mathbf{a} соответствует тяге двигателей \mathbf{F} и массе корабля m :

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

И \mathbf{a} и \mathbf{F} являются векторными величинами, то есть имеют величину и направление. В отсутствие внешних сил (гравитационного или атмосферного воздействия) космический корабль сохраняет свою скорость \mathbf{v} постоянной, пока его двигатели не работают. Когда двигатели включены, скорость корабля меняется в соответствии с

$$\frac{d\mathbf{v}(t)}{dt} = \mathbf{a}(t) \quad \text{или} \quad \mathbf{v}(t) = \mathbf{v}(t_0) + \int_{t_0}^t \mathbf{a}(t') dt'$$

Следует отметить, что при постоянной тяге \mathbf{F} ускорение медленно возрастает по мере выработки имеющегося на борту топлива, как результат уменьшения массы корабля m .

Двигатели вертикальной тяги (hover thrusters), если они есть на корабле, монтируются под фюзеляжем корабля таким образом, чтобы их тяга была направлена вверх. Вертикальная тяга увеличивается нажатием на клавишу  и уменьшается нажатием на клавишу . Двигатели вертикальной тяги удобно использовать для компенсации гравитационных сил (когда это нужно) без того, чтобы заваливать корабль носом вверх ради получения небольшой вертикальной составляющей тяги главных двигателей.

Текущую величину тяги главных и тормозных двигателей и соответствующее этой тяге ускорение можно видеть в левом верхнем углу стандартного ИЛС (HUD), индикаторная полоска Main. Полоска имеет зеленый цвет для положительной тяги (главные двигатели) и желтый для отрицательной тяги (тормозные двигатели). Вертикальная тяга также показывается, если корабль имеет двигатели вертикальной тяги (индикаторная полоска "Hover"). Величина ускорения приводится в м/с^2 . В космическом корабле, имеющем собственную оригинальную приборную панель, обычно есть свои приборы, показывающие уровень тяги и ускорения.

Крылатые космические корабли могут летать в атмосферах планет и обычно не нуждаются в двигателях вертикальной тяги. Их крылья дают подъемную силу, достаточную для горизонтального полета, подобно обычному самолету. Подъемная сила зависит от скорости корабля и резко уменьшается на некоторой минимальной скорости, которая называется скоростью сваливания (stall speed).

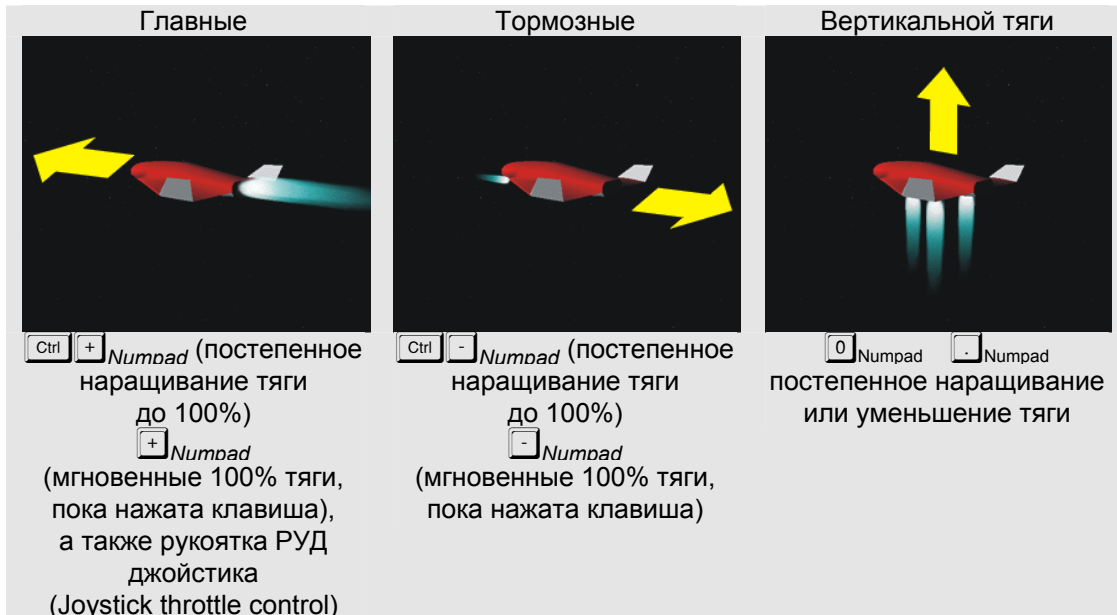


Рис. 21: Действие главных, тормозных двигателей и двигателей вертикальной тяги.

Максимальная тяга двигателей в вакууме, а также текущая масса космического корабля приводятся в информационном листе корабля (клавиши Ctrl I). Величина тяги указывается в Ньютонах ($1\text{H} = 1\text{кг м с}^{-2}$). Реальная тяга двигателей может оказаться меньше заявленной из-за наличия внешнего атмосферного давления.

14.2 Двигатели ориентации

Двигатели ориентации (система RCS) – маленькие двигатели, объединенные в пары для того, чтобы иметь возможность *вращать* корабль или *сдвигать* его. В режиме вращения (rotation mode) двигатели ориентации включаются перекрестными парами для получения вращающего момента (например, для разворота влево одновременно включаются передний правый и задний левый двигатели). В режиме линейных перемещений (translation mode) двигатели ориентации включаются односторонними парами, обеспечивая боковую сдвигающую тягу (например, для движения влево одновременно включаются передний правый и задний правый двигатели). Текущий режим двигателей ориентации отображается в левом верхнем углу ИЛС (HUD) – надписями *Att ROT* или *Att LIN* и переключается клавишей Numpad.

Двигатели ориентации управляются клавиатурой или джойстиком. В режиме вращения:

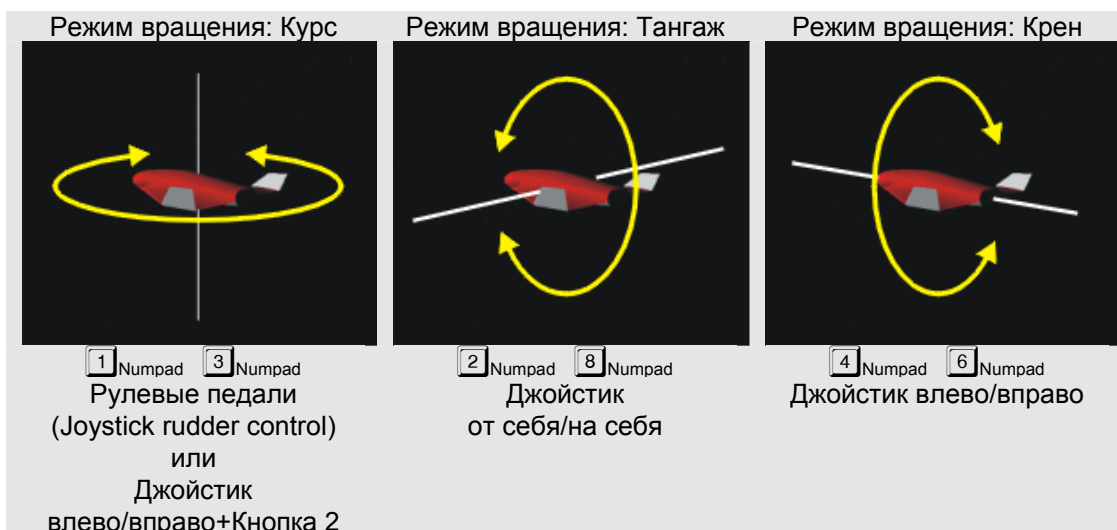


Рис. 22: Двигатели ориентации в режиме вращения.

В режиме линейных перемещений система ориентации *сдвигает* корабль вперед/назад, влево/вправо и вверх/вниз.

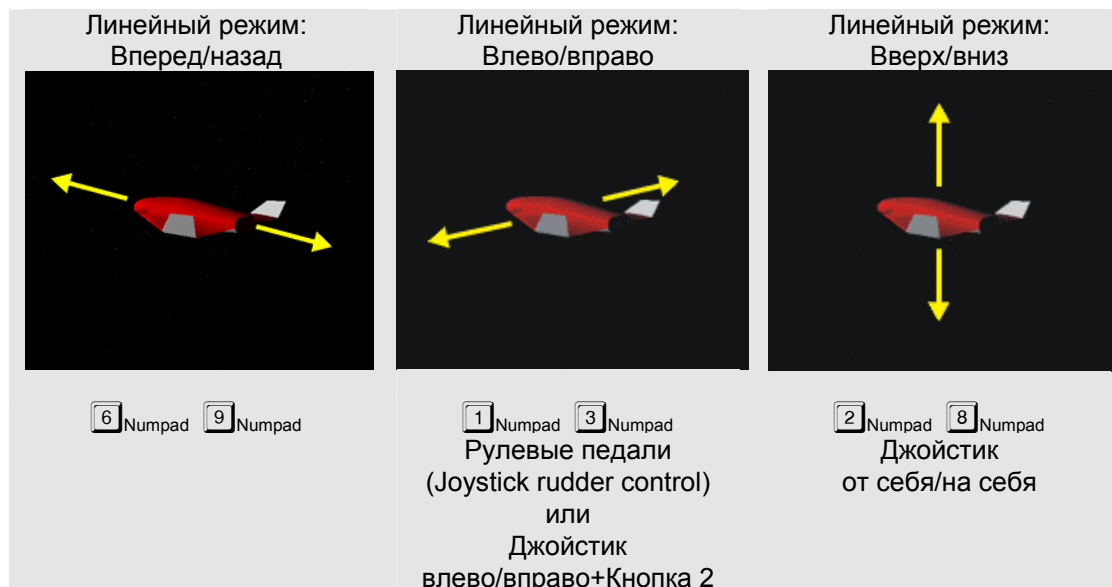














Рис. 23: Двигатели ориентации в режиме линейных перемещений.

Для более тонкого управления используйте сочетания клавиши **Ctrl** с клавишами цифровой клавиатуры. В этом случае тяга двигателей ориентации будет составлять 10% от максимальной.













Важной функцией является автомат остановки вращения (функция *Kill rotation*), клавиша **5** Numpad. Нужные двигатели ориентации включаются автоматически до полной остановки вращения корабля.

15 Радионавигация

Для того, чтобы обеспечить информацией навигационные системы космического корабля, в Орбитере смоделированы несколько различных типов радиопередатчиков и радиоприемников. Большинство кораблей оборудовано одним или более NAV-радиоприемниками, каждый из которых можно настроить на частоту навигационного радиомаяка.

Настройка частоты приемников производится через Радио-МФД (COM/NAV MFD). Включите этот прибор, выберите приемник клавишами   или  , и настройте его частоту клавишами  ,  ,   и  .

В настоящее время в Орбитере поддерживаются следующие типы навигационных радиомаяков:

- **VOR:** Наземные многонаправленные маяки, обычно имеют радиус действия несколько сотен километров. Сигналы VOR могут использоваться в МФД HSI (horizontal situation indicator, индикатор горизонтальной ситуации) или в МФД VTOL/VOR, для определения направлений и расстояний. Карту с маяками VOR можно открыть клавишами  . Частоты маяков VOR, относящихся к космопорту можно посмотреть в информационном листе космопорта (клавиши  ).
- **VTOL:** Площадки для вертикального взлета и посадки (VTOL) могут оборудоваться радиомаяками небольшого радиуса действия. Сигнал этих маяков можно использовать в МФД VTOL/VOR для получения информации о предпосадочной ориентации корабля. Список доступных маяков VTOL можно посмотреть в информационном листе космопорта (клавиши  .
- **ILS:** Многие взлетно-посадочные полосы (ВПП) оборудованы системами инструментальной посадки (Instrument Landing Systems, ILS). Сигналы системы ILS можно использовать в МФД HSI для отображения информации о посадочном курсе и положении корабля относительно глиссады. Частоты маяков ILS также доступны в информационных листах космопортов.
- **XPDR:** Некоторые корабли и орбитальные станции оборудованы транспондерами, помогающими распознавать корабли и определять расстояние до них. Сигнал XPDR используется в Стыковочном МФД для отображения информации о дистанции и скорости сближения. Сигнал также используется в стыковочном ИЛС (Docking HUD) для отображения маркеров корабля-цели, скорости и информации о дистанции. ИЛС в режиме стыковки можно настроить на определенный приемник NAV клавишами  . Частоты транспондера XPDR можно посмотреть в информационном листе корабля (клавиши  .
- **IDS:** Инструментальная система стыковки. Большинство орбитальных станций и некоторые корабли оборудованы системами IDS. Система IDS помогает произвести правильный подход к выбранному стыковочному узлу (типичный радиус действия сигналов системы 10 км). Сигнал используется в Стыковочном МФД для отображения информации о взаимном расположении стыковочных узлов корабля и орбитальной станции. Сигнал также используется в стыковочном ИЛС (Docking HUD) для отображения коридора подхода в виде серии прямоугольников. Частоты системы IDS также можно посмотреть в информационном листе корабля или орбитальной станции (клавиши  .

От том, как установить частоту передатчиков XPDR и IDS через конфигурационный файл корабля, см. документацию по 3DModel.

16 Базовые приемы пилотирования

Приводимые в данном разделе приемы полета – главным образом мое собственное изобретение. Эти приемы кажутся правдоподобными, но так как я – не эксперт в области космических полетов, а энтузиаст-любитель, они могут быть неэффективны или явно неправильны. Всегда готов принять замечания и предложения.

16.1 Полет вблизи поверхности планеты

Под *полетом у поверхности (surface flight)* я подразумеваю такие полеты вблизи поверхности планеты, которые не являются, по сути, орбитальными, т.е. когда для продолжения полета требуется тяга двигателя (в отличие от полета по орбите, который представляет собой бесконечное свободное падение). Типичный случай – полет от одной наземной базы к другой.

Если планета не имеет атмосферы

В этом случае единственными силами, действующими на корабль являются сила тяги двигателя и гравитация планеты. Нет никакого трения о воздух, способного снизить скорость корабля. Такой полет значительно отличается от полета обычного самолета. Наиболее простой, но не самый эффективный способ полета заключается в следующем:

- Воспользуйтесь двигателями вертикальной тяги для уравнивания силы тяжести (это можно автоматизировать, включив навигационный режим поддержки высоты “Hold altitude”). Это также означает, что корабль будет поддерживать горизонтальную ориентацию.
- Перемещайтесь, используя короткие включения главных двигателей.
- На высоких горизонтальных скоростях вы можете выйти на суборбитальную траекторию. В этом случае следует уменьшить вертикальную тягу, поддерживая необходимую высоту. В предельном случае горизонтальная скорость достигнет круговой орбитальной для данной высоты, тогда корабль будет держать высоту даже при выключенных двигателях вертикальной тяги. Это будет означать, что вы вышли на круговую или на эллиптическую орбиту в ее перигентре.

Если планета имеет атмосферу

Модель атмосферного полета, является моделью полета обычного самолета, если, конечно, ваш корабль имеет крылья, создающие подъемную силу, зависящую от скорости. Как в случае с обычным самолетом, вам придется поддерживать некоторую постоянную тягу двигателей для преодоления сопротивления воздуха и полета с постоянной скоростью. Если ваш корабль способен создавать подъемную силу, двигатели вертикальной тяги не нужны, пока скорость превосходит скорость сваливания (что типично для случаев вертикального взлета или посадки). Если ваш корабль не производит подъемной силы, следует применить двигатели вертикальной тяги или же добиться такой ориентации корабля, чтобы главные двигатели давали необходимую вертикальную составляющую тяги. Помните, что «подъемная сила», производимая двигателями вертикальной тяги не зависит от скорости.

16.2 Выход на орбиту

Взлет с поверхности планеты и выход на низкую орбиту – одна из основных задач космических полетов. На начальном этапе полета кораблю необходима вертикальная тяга для преодоления гравитации и выхода на большую высоту. По мере достижения желаемой высоты, следует уменьшать угол тангажа для получения горизонтальной составляющей ускорения, позволяющей разогнаться до орбитальной скорости. Стабильная орбита достигается в том случае, когда высота перигентра достаточна для того, чтобы на ней можно было пренебречь сопротивлением атмосферы.

Обычно применяются прямые орбиты (prograde), то есть с направлением полета, совпадающим с направлением вращения планеты (поэтому на Земле космические ракеты запускают преимущественно в восточном направлении). Это также означает, что расположение стартовых площадок вблизи экватора более эффективно, так как позволяет получить большую начальную горизонтальную скорость.

На практике:

(Предполагается, что изначально корабль расположен на поверхности Земли).

- Установите ИЛС (HUD) в атмосферный режим (surface mode). Включите МФД в режимах Авиагоризонт и Орбитальный.
- Включите двигатели вертикальной тяги, добейтесь ускорения, по меньшей мере, 10 м/с^2 .
- После взлета развернитесь на восток (курс 90° согласно компасу ИЛС).
- Увеличьте угол тангажа до 70° , одновременно выводя главные двигатели на полную тягу.
- По мере роста скорости уменьшайте до нуля вертикальную тягу.
- По мере роста высоты уменьшайте угол тангажа (например, 60° для 20 км, 50° для 50 км, 40° для 80 км и т.д.).
- По достижении высоты орбиты (например, 200 км) вертикальные скорость и ускорение должны занулиться (это достигается не выключением двигателей, а уменьшением угла тангажа). Тангаж все еще может быть > 0 , потому что часть тяги может требоваться для компенсации силы тяжести до тех пор, пока не будет достигнута орбитальная скорость.
- По мере роста тангенциальной скорости, тангаж следует уменьшать, поддерживая высоту постоянной.
- Когда тангенциальная скорость сравняется с круговой орбитальной (эксцентриситет = 0), выключите двигатели.

16.3 Изменение формы орбиты

Чтобы изменить форму орбиты без поворота плоскости орбиты, следует пользоваться только такими импульсами, которые направлены в плоскости орбиты. Самые простые маневры предназначены для изменения высот перигея и апогея.

- Увеличить высоту апогея: Дождитесь момента, когда корабль достигнет перигея орбиты. Дайте импульс главными двигателями в направлении полета (prograde).
- Уменьшить высоту апогея: Дождитесь момента, когда корабль достигнет перигея орбиты. Дайте импульс главными двигателями против направления полета (retrograde).
- Увеличить высоту перигея: Дождитесь момента, когда корабль достигнет апогея орбиты. Дайте импульс главными двигателями в направлении полета (prograde).
- Уменьшить высоту перигея: Дождитесь момента, когда корабль достигнет апогея орбиты. Дайте импульс главными двигателями против направления полета (retrograde).

На практике:

1-й случай: Предположим, необходимо подняться с низкой круговой орбиты (200 км) на более высокую круговую орбиту (1000 км).

- Разверните корабль по направлению полета (prograde) и включите главные двигатели.
- Выключите двигатели, когда радиус апогея достигнет $1000 \text{ км} + \text{радиус планеты}$ (для Земли – 7370 км). Используйте *Орбитальный МФД*.
- Дождитесь момента, когда корабль достигнет апогея орбиты.
- Снова разверните корабль по направлению полета (prograde) и включите главные двигатели.
- Выключите двигатели, когда радиус перигея совпадет с радиусом апогея и эксцентриситет станет равным 0.

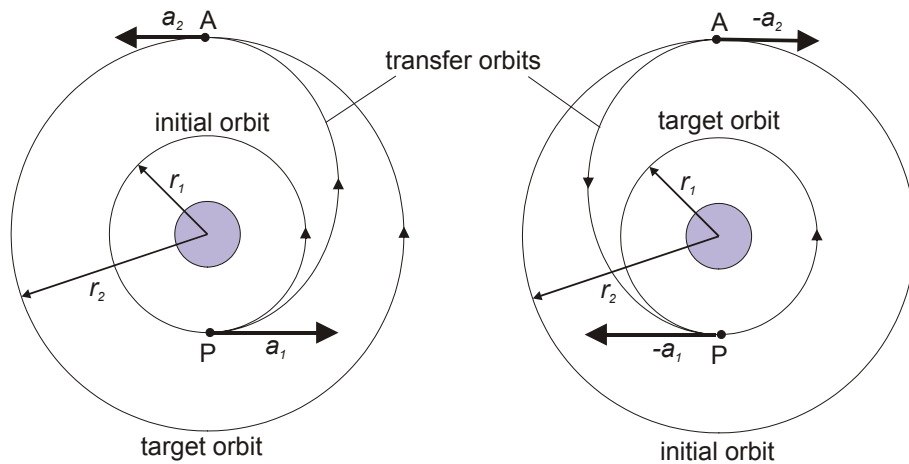


Рис. 24: Увеличение высоты орбиты – прямые импульсы P и A соответствуют перигею и апогею переходной орбиты (transfer orbit). Напротив, уменьшение высоты орбиты достигается обратными импульсами A и P.

2-й случай: Изменение аргумента перигея эллиптической орбиты (т.е. поворот орбитального эллипса в его плоскости).

- Дождитесь момента, когда корабль достигнет перигея орбиты.
- Разверните корабль против направления полета (retrograde) и включите главные двигатели. Выключите их, когда орбита станет круговой (эксцентриситет = 0).
- Дождитесь момента, когда корабль достигнет положения желаемого перигея орбиты.
- Разверните корабль по направлению полета (prograde) и включите главные двигатели. Выключите их, когда будет достигнута изначальная величина апогея.

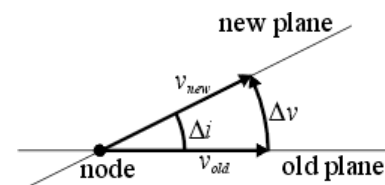
16.4 Поворот плоскости орбиты

Готовясь к встрече с другим объектом (например, с орбитальной станцией) или к перелету к другой планете или луне, в первую очередь выполняют выравнивание плоскости орбиты (orbital plane, OP) корабля с плоскостью орбиты цели. Когда орбита вашего корабля находится в той же плоскости, что и орбита цели, большинство оставшихся навигационных задач сводится к более легким двумерным задачам.

Выравнивание плоскости орбиты вашего корабля с плоскостью орбиты цели означает совпадение двух орбитальных элементов, определяющих ориентацию орбиты: наклона (i) и долготы восходящего узла (Ω).

Поворот плоскости орбиты требует перпендикулярного к плоскости орбиты направления тяги двигателя. Это приведет к вращению плоскости орбиты вокруг текущего радиус-вектора корабля. Поэтому, чтобы совместить плоскость текущей орбиты с плоскостью целевой орбиты, двигатель должен быть включен во время прохождения одного из узлов орбиты, образованного пересечением плоскостей текущей и целевой орбит.

Размер скорости Δv , требуемый для поворота плоскости орбиты на угол Δi , пропорционален орбитальной скорости v . Следовательно, маневр будет тем эффективнее, чем меньше скорость v , т.е. проводить его надо как можно ближе к апогею орбиты. То есть из двух узлов, в которых возможно произвести поворот орбиты, следует выбрать тот, который находится ближе к апогею орбиты. Иногда имеет смысл заранее сделать орбиту более вытянутой перед тем, как поворачивать ее плоскость.



Примечания:

- Если исходный угол между плоскостями орбит слишком большой, может потребоваться корректировка положения корабля для того, чтобы он оставался ориентирован нормально к плоскости своей орбиты.
- Может получиться так, что полный разворот плоскости орбиты за один раз (за одно пересечение орбит) невозможен. Если угол между орбитами уже не может быть уменьшен, выключите двигатели и подождите момента, когда ваш корабль снова достигнет узла пересечения орбит.
- Поскольку маневр отнимает конечное время ΔT , следует включать двигатели заранее, за время $\frac{1}{2} \Delta T$ до момента достижения узла пересечения орбит.

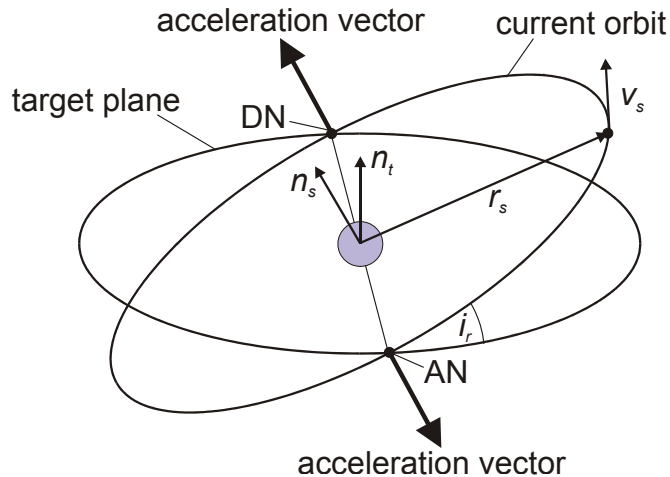


Рис. 25: Выравнивание плоскостей орбит. r_s – радиус-вектор, v_s – вектор скорости, AN – восходящий узел, DN – нисходящий узел, n_s – нормаль к текущей плоскости, n_t – нормаль к плоскости орбиты цели.

Направление вектора-нормали n_s определяется направлением произведения векторов $r_s \times v_s$. Ускорение (acceleration vector) должно быть направлено как $-n_s$ в восходящем узле (ascending node, AN), и как $+n_s$ в нисходящем узле (descending node, DN), см. Рис. 25.

На практике:

- МФД *Выравнивания плоскостей орбит* (Align orbital plane MFD mode) (см. раздел 13.8) предназначен для помощи в повороте плоскости орбиты. Выберите объект-цель (Shift T).
- ИЛС должен быть включен в Орбитальном режиме. Когда корабль подойдет к узлу пересечения орбит, разверните его нормально (если это нисходящий узел DN) или анти-нормально (если это восходящий узел AN) к плоскости текущей орбиты. Для того, чтобы правильно развернуть корабль, пользуйтесь автоматическими навигационными режимами системы RCS (клавиши $\left[\begin{smallmatrix} \vdots \\ \cdot \end{smallmatrix} \right]$ и $\left[\begin{smallmatrix} \cdot \\ \vdots \end{smallmatrix} \right]$). Можете использовать шкалу наклонов орбитального режима ИЛС, чтобы следить за разворотом корабля.
- Когда время достижения узла (Tn) сравнивается со временем включения двигателя (Tth), мигает транспарант “Engage thruster”. Включите главные двигатели. Убедитесь в том, что относительное наклонение ($RInc$) уменьшается, т.е. скорость изменения наклона ($Rate$) отрицательна, в противном случае корабль имеет неправильную ориентацию.
- Поддерживайте ориентацию корабля в нормальном к плоскости орбиты положении.
- Выключите двигатели в тот момент, когда включится транспарант “Kill thruster”.
- Если относительное наклонение уменьшилось недостаточно, повторите процедуру при пересечении следующего узла.
- Следите за тем, чтобы орбита оставалась стабильной. Следите за изменением эксцентриситета (пользуйтесь Орбитальным МФД).

16.5 Синхронизация орбит

В настоящем разделе подразумевается, что плоскости орбиты корабля и цели совпадают (см. предыдущий раздел).

Следующий шаг, который следует предпринять после выравнивания плоскостей орбит, это синхронизация орбит. Необходимо так изменить орбиту вашего корабля, чтобы создать условия для *одновременного* прихода в точку перехвата и вашего корабля и объекта-цели. Для облегчения задачи используется МФД *Синхронизации орбит* (*Synchronise Orbit MFD*).

Предположим для простоты, что наш корабль и объект-цель находятся на круговых орбитах с одинаковым радиусом (о том, как можно изменить радиус орбиты, см. раздел 16.3), т.е. и корабль и цель имеют одинаковые орбитальные элементы, за исключением средней аномалии. Метод перехвата цели заключается в следующем:

- Переключите МФД Синхронизации орбит в режим "Manual" и поверните опорный вектор до текущего положения корабля.
- Разверните корабль в прямом направлении (prograde) (используя ИЛС в орбитальном режиме, Orbit mode) и включите главные двигатели.
- Орбита корабля начнет вытягиваться в эллипс, радиус апоцентра будет расти. Перицентром будет текущая позиция корабля. Одновременно будут расти период обращения и времена достижения опорного вектора на различных витках.
- Выключите двигатели, как только одно из времен Sh-ToR совпадет с одним из времен Tg-ToR.
- Теперь остается подождать момента, когда ваш корабль и объект-цель одновременно подойдут к опорному вектору.
- По достижении точки перехвата, разверните корабль в обратном направлении (retrograde) и включите главные двигатели для восстановления круговой орбиты и выравнивания скорости корабля со скоростью цели.

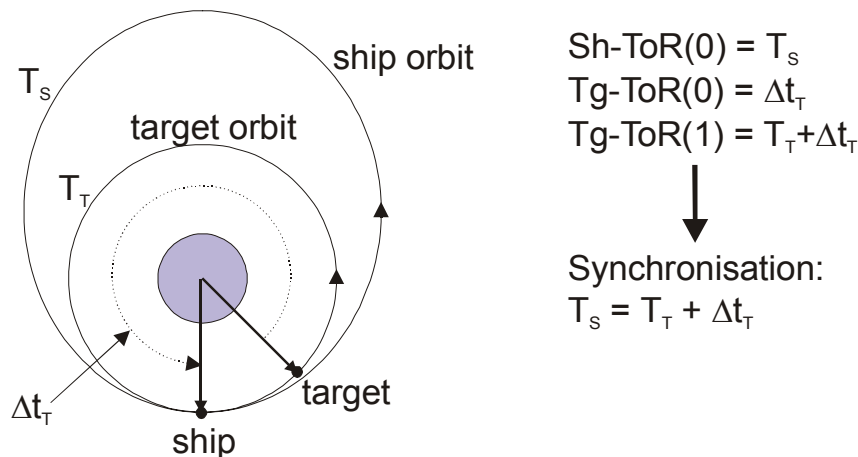


Рис. 26: Переходная орбита, позволяющая перехватить цель при следующем прохождении перицентра.

Примечания:

- Вместо увеличения апоцентра, можно дать обратный импульс и уменьшить перицентр. Это может оказаться более эффективно, если цель опережает корабль на орбите. Только следите за тем, чтобы перицентр не стал опасно низким!
- Всегда можно сделать так, чтобы ваше время Sh-ToR текущего витка (виток 0) совпало со временем Tg-ToR витка 1. Однако, если у вас мало топлива, возможно более экономичной окажется встреча на одном из последующих витков, так как такой маневр потребует меньшего искажения начальной орбиты. Например, если цель незначительно опережает ваш корабль, перехват ее на первом же витке заставит вас примерно вдвое увеличить период обращения, что означает большой расход топлива.
- В начале маневра орбиты не обязательно должны быть круговыми и одинаковыми. Достаточно того, чтобы они пересекались. В различных случаях можно использовать разные варианты построения опорного вектора, например, режимы *Intersection 1* или *Intersection 2*.

- Не обязательно ждать точки пересечения с опорным вектором для включения двигателей. Но это – самый простой путь, так как при включении двигателей в произвольной точке, точка пересечения орбит будет смещаться, затрудняя расчеты.

16.6 Горизонтальная посадка (заход на ВПП)

Часть кораблей симулятора способна к горизонтальной посадке (с планированием или с включенными двигателями), подобно простому самолету. Например – Delta Glider и Space Shuttle. Посадочный комплекс Space Shuttle (Shuttle Landing Facility, SLF) в космическом центре им. Кеннеди дает хорошую возможность тренироваться в горизонтальных заходах на посадку.

Визуальные маяки подхода

Визуальные маяки комплекса SLF предназначены для обеспечения посадки Шаттла. Сюда относятся индикаторы PAPI (Precision Approach Path Indicator) для выравнивания дальнего участка глиссады и VASI (Visual Approach Slope Indicator) для выравнивания ближнего участка глиссады. Индикатор PAPI настроен на угол снижения 20° (что примерно в 6 раз превосходит нормальный угол снижения простого самолета!). Индикатор VASI настроен на угол снижения 1.5° , который должен выдерживаться Шаттлом на финальном снижении непосредственно перед касанием.

Система PAPI, Precision Approach Path Indicator

PAPI представляет собой линию из 4 огней, способных менять свой цвет с белого на красный и, наоборот, в зависимости от положения корабля относительно глиссады. В правильном положении (на глиссаде) пилот видит 2 белых и 2 красных огня (см. рис.). В Орбитере на комплексе SLF имеется два индикатора PAPI, расположенных в направлении подхода примерно в 2000 метрах перед торцом ВПП.

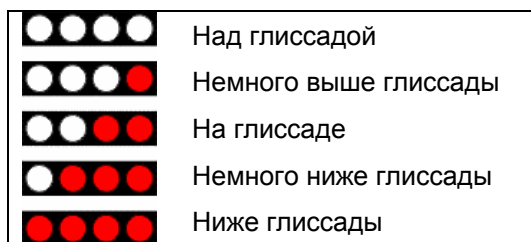


Рис. 27: Сигналы системы PAPI

Система VASI, Visual Approach Slope Indicator

VASI состоит из светящейся красной черты и линии белых огней, расположенной перед ней в направлении подхода. Снижаясь по правильной глиссаде, пилот увидит белые огни, совпадающие с красной чертой, см. рис. На комплексе SLF индикаторы VASI располагаются примерно в 670 метрах за торцом ВПП.



Рис. 28: Сигналы системы VASI

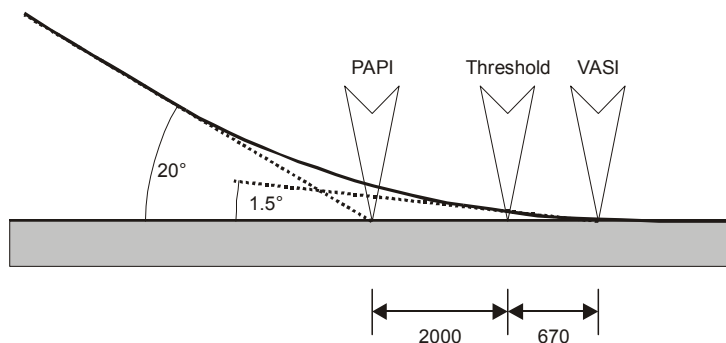


Рис. 29: Глиссада корабля Space Shuttle

16.7 Стыковка

Стыковка с орбитальной станцией – последний этап маневра встречи. Подразумевается, что маневр перехвата станции, описанный ранее, уже выполнен.

- Включите один из МФД в режим *Стыковки (Docking mode)* и переключите ИЛС в режим *Docking* (режимы ИЛС переключаются клавишей **[H]**).
- Настройте один из приемников NAV на частоту транспондера (XPDR) станции, если станция имеет транспондер. Частоту транспондера можно посмотреть в информационном листе станции (клавиши **[Ctrl]** **[I]**).
- Подключите стыковочный МФД и ИЛС к выбранному приемнику NAV (соответственно, клавиши **[Shift]** **[N]** и **[Ctrl]** **[R]**).
- Если это еще не сделано, выровняйте скорость корабля со скоростью станции. Для этого разверните корабль в сторону маркера скорости (\oplus) и поработайте двигателями, добиваясь того, чтобы относительная скорость (маркер V) занулилась.
- Разверните корабль в сторону станции (станция оконтурена рамкой \square).
- С расстояния около 10 км настройте приемник NAV на частоту системы IDS (Instrument Docking System) выбранного стыковочного узла (если он имеет систему IDS). Переключите стыковочный МФД и ИЛС на этот NAV-приемник. Теперь МФД будет показывать информацию об ориентации вашего корабля относительно выбранного стыковочного узла, а ИЛС начнет показывать путь подхода – коридор, состоящий из прямоугольных рамок.
- Приблизьтесь к самой дальней рамке, считая от станции, и остановитесь.
- Разверните корабль в сторону станции так, чтобы он встал параллельно пути подхода. Используйте для этого 'X'-индикатор стыковочного МФД.
- Расположите корабль на пути подхода, используя '+'-индикатор стыковочного МФД. Пользуйтесь линейным режимом двигателей ориентации.
- Выровняйте крен корабля в соответствии с ориентацией стыковочного узла, используя индикатор-треугольник стыковочного МФД.
- Двигайтесь к станции, используя слабые выхлопы главных двигателей. Корректируйте относительную позицию корабля двигателями ориентации в линейном режиме.
- Перед стыковкой уменьшите относительную скорость до 0.1 м/с.
- Для того, чтобы стыковка прошла успешно, ваш корабль должен двигаться со скоростью менее, чем 0.3 м/с.
- Для расстыковки нажмите клавиши **[Ctrl]** **[D]**.

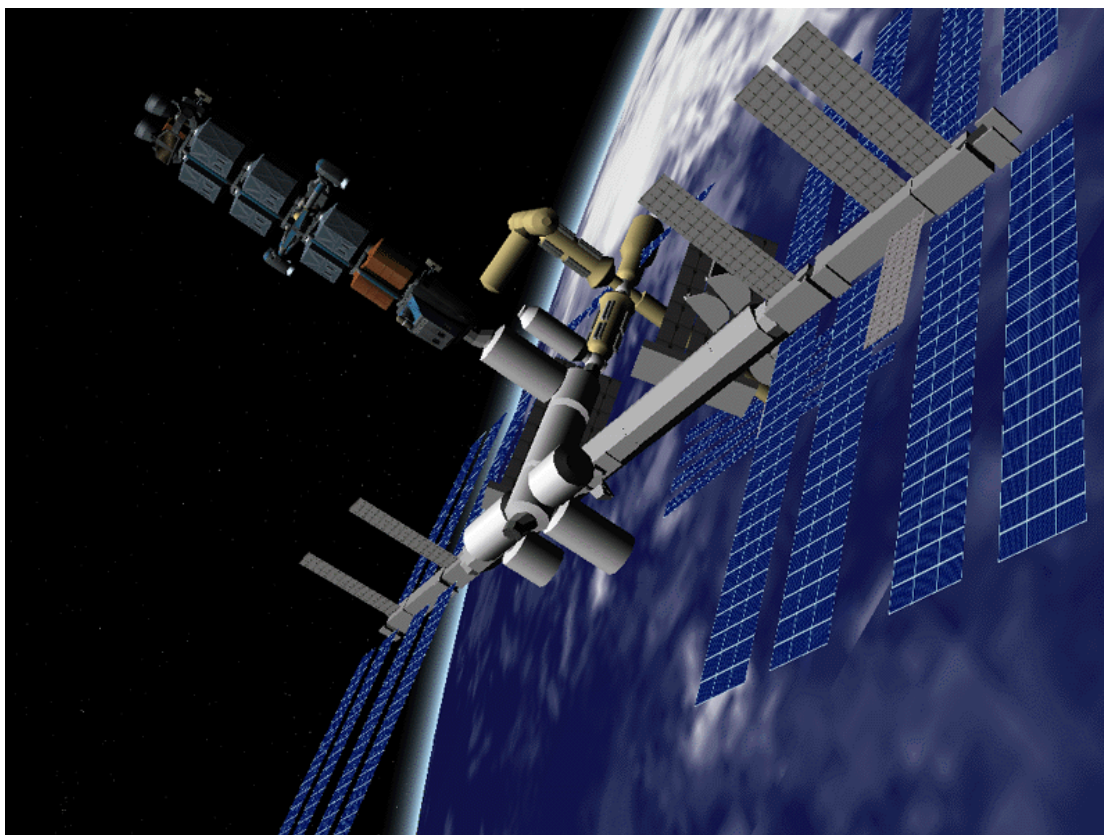


Рис. 30: Корабль класса Shuttle-A после успешной стыковки с Международной космической станцией (ISS).

Примечания:

- Для более точного управления с клавиатуры используйте «пониженную мощность» двигателей системы RCS (клавиатурные сочетания Ctrl + Numpad key).
- Выравнивание по крену в настоящее время не требуется, но может стать обязательным в будущих версиях симулятора.
- В настоящее время нет никакого распознавания столкновений, так что, если вы сойдете с правильного курса, ваш корабль может пролететь станцию насквозь без всяких последствий.

Стыковка с вращающимися станциями

Такие станции, как Luna-OB1 вращаются, чтобы использовать эффект центрифуги для имитации силы тяжести. Это усложняет стыковку с ними. Стыковка возможна только в направлении, совпадающем с осью вращения станции, так что у станции может быть только два стыковочных узла. Процедура стыковки с вращающейся станцией похожа на описанную выше, только после выравнивания корабля вдоль оси станции потребуется синхронизировать продольное вращение корабля с вращением станции.

Важно:


- Синхронизацию продольного вращения следует проводить в последний момент, непосредственно перед стыковкой (после прохождения последнего маркера коридора подхода). Когда вы начнете вращать свой корабль, его продольное выравнивание станет практически невозможным.
- После того, как вы добились синхронного вращения корабля и станции, не нажимайте клавишу Numpad5 (включение процедуры Kill rotation), иначе вам придется подбирать вращение корабля заново.

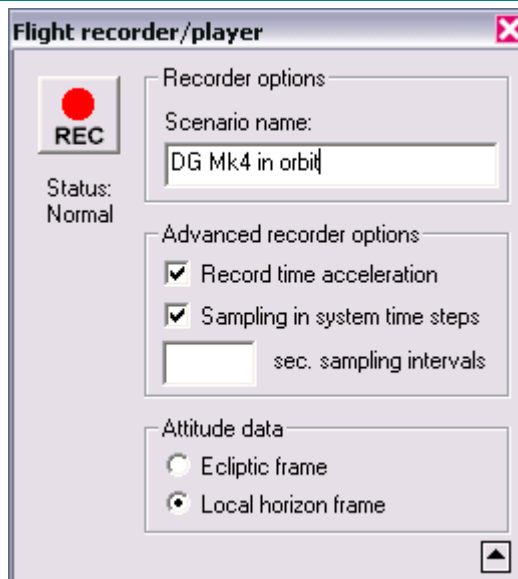
Упрощающая подсказка:

Поскольку в настоящее время выравнивание по крену не является обязательным, вы можете просто игнорировать вращение станции.

17 Регистратор полетов

Регистратор полетов (Flight recorder) позволяет записывать полеты, а потом проигрывать их. Доступ к регистратору в процессе симуляции осуществляется через диалог *Flight recorder/player*, клавиши **Ctrl** **F5**. Здесь вы можете ввести имя записываемого сценария. По умолчанию имя соответствует текущему сценарию. С нажатием на кнопку **REC** начинается запись полета. Чтобы остановить запись, нажмите на кнопку **STOP**. Включить и выключить запись можно также напрямую, используя «горячие» клавиши **Ctrl** **C**. Когда идет запись, внизу окна симуляции горит надпись «Record».

Диалог настройки регистратора можно развернуть кнопкой . Дополнительные возможности:



- **Record time acceleration, Записывать ускорение времени:** Флажок позволяет включать в запись изменения ускорения времени симуляции. Во время воспроизведения будет дана возможность показывать полет с записанным ускорением времени.
- **Sampling in system time steps, Раскадровка в системном времени:** Если флажок включен, интервалы времени между кадрами записи определяются системным временем. В противном случае – временем симулятора. Во время ускорения времени симулятора, в случае использования для раскадровки системного времени, кадры фиксируются менее плотно, что позволяет снизить размер файлов данных и записывать более длинные полеты.
- **Sampling intervals, Интервал между кадрами:** В настоящей версии не используется.
- **Attitude data, Регистрация ориентации:** Ориентация кораблей может быть записана относительно глобальной эклиптической системы координат или относительно локального горизонта текущего центрального тела отсчета.

Чтобы воспроизвести запись, запустите сценарий из папки *Playback*. Во время воспроизведения все корабли следуют записанным для них траекториям и не реагируют на управление. По окончании записи симулятор снова переходит в ручной режим и вы снова можете управлять кораблем. Вы можете прервать воспроизведение и взять на себя управление кораблем, нажав клавиши **Ctrl** **C**, или нажав на кнопку **STOP** в диалоге *Flight recorder/player*.

Во время воспроизведения вы имеете возможность двигать камеру, менять режим камеры, переключаться из внешнего вида в кокпит и в виртуальный кокпит. Вы даже можете манипулировать дисплеями МФД, чтобы получить доступ к различным летным данным. Ручной контроль над ускорением времени доступен, если выключить флажок *Play at recording speed* в диалоге *Flight recorder/player* (клавиши **Ctrl** **F5**). В противном случае Орбитер устанавливает такое ускорение времени, на котором была сделана запись.



Записанные полеты могут иметь комментарии, которые появляются в окне симулятора в определенные моменты воспроизведения. Это открывает новые возможности в

создании обучающих и демонстрационных материалов. Комментарии можно отключить, используя флажок *Show inflight notes*.

Полетные данные записываются в директории *Flights*. Орбитер создает новую папку для каждой новой записи, используя имя записываемого сценария. Для каждого корабля записываются три потока (файла) данных:

- **положение и скорость** (*.pos). Данные о положении и скорости фиксируются относительно центрального тела (планеты) в невращающейся эклиптической системе координат или в горизонтальной вращающейся системе координат. В результате траектория корабля записывается в абсолютном времени симулятора. Кадры фиксируются через определенный интервал времени (в настоящей версии – 4 секунды) или если ориентация вектора скорости поменялась более, чем на 5 градусов.
- **ориентация** (*.att). Данные об ориентации космического корабля в терминах углов Эйлера по отношению к глобальной эклиптической системе координат или по отношению к локальной горизонтальной системе координат. Кадры фиксируются по мере того, как накапливающееся изменение одного из углов ориентации превышает определенный уровень.
- **события** (*.atc). Этот файл содержит изменения уровня тяги двигателей корабля, а также другие события (такие, как изменение режима системы RCS, включение/выключение навигационных режимов и т.п.). Сюда также можно записывать индивидуальные события, характерные для модулей конкретных кораблей, например работу анимированных частей аппарата. Здесь же помещаются данные об ускорении времени, а также – комментарии, которые будут показываться в верхней части окна симуляции при воспроизведении. Эти комментарии добавляются в файл вручную после завершения записи.

Запись состоит из сценария, предназначенного для воспроизведения (т.н. playback-сценарий, помещается в директорий *Scenarios\playback*) и одноименной папки с файлами полетных данных (помещается в директорий *Flights*). Чтобы передать кому-нибудь запись полета, следует передать сценарий и папку с файлами данных. Файл сценария может быть перенесен в любую папку, но помните, что не должно быть двух playback-сценариев, имеющих одно и то же имя.

Длинные записи (особенно при включении ускорения времени) могут привести к созданию очень больших файлов данных. При длинных записях включайте флажок *Sampling in system time steps*.

Имейте в виду, что регистратор все еще находится в процессе активной разработки. В будущих версиях может измениться механизм записи и формат файлов регистрации. Некоторые особенности, такие как запись и воспроизведение работы анимированных частей кораблей требуют внесения модификаций в модули этих кораблей, поэтому не для каждого корабля полет может быть правильно записан и воспроизведен.

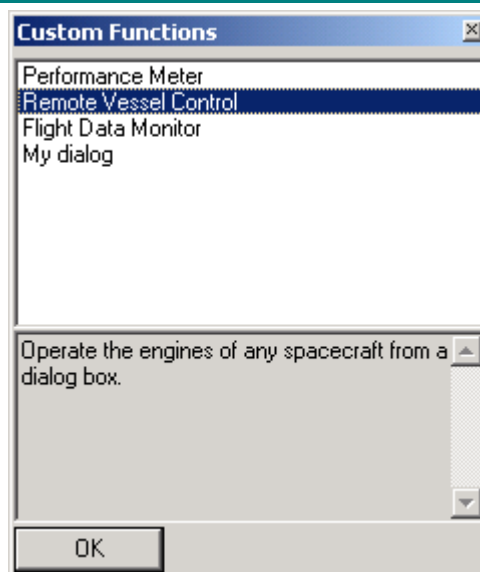
Более детально реализация регистратора описана в документе *RecorderRef* в папке *Doc/Technotes*.

18 Дополнительные функциональные возможности

В поставку Орбитера включен набор дополнительных модулей (plugin'ов), расширяющих функциональность симулятора. Для получения доступа к дополнительным функциям, соответствующий модуль должен быть активирован в панели *Modules* диалога *Launchpad* (см. раздел 3.4).

Гораздо больше plugin'ов произведено сторонними разработчиками. Эти модули можно найти в Интернете на соответствующих репозиториях.

Следует активировать только те модули, которыми вы пользуетесь, потому что большинство модулей отнимают ресурсы процессора, даже если вы не используете их явно. Слишком большое количество активированных модулей может снизить производительность симулятора.



Некоторые plugin'ы, будучи активированными (такие, как различные дополнительные МФД) работают без дополнительного включения, пока работает симулятор. Другие требуется включать через диалог *Custom functions*. Нажмите клавиши **Ctrl F4**, и откроется список доступных функций.

NEW! 18.1 Редактор сценариев

→ см. также файл: [Doc\ScenarioEditor.pdf](#) (русский перевод документа можно найти на сайте www.kulch.spb.ru)

В Орбитере имеется редактор сценариев, позволяющий добавлять, настраивать и удалять космические корабли прямо в ходе текущей симуляции. Редактор выполнен в виде дополнительного модуля. Чтобы пользоваться редактором сценариев, убедитесь в том, что модуль *ScnEditor* активирован на панели *Modules* диалога *Launchpad*.

Во время симуляции вы можете открыть редактор через диалог *Custom Functions* (открывается клавишами **Ctrl F4**), сделав двойной щелчок мышью на элементе списка *Scenario Editor*. Откроется главный диалог редактора сценариев. Отсюда можно настраивать любой корабль, создавать новые корабли, удалять корабли, а также сохранять полученный сценарий в отдельный файл.

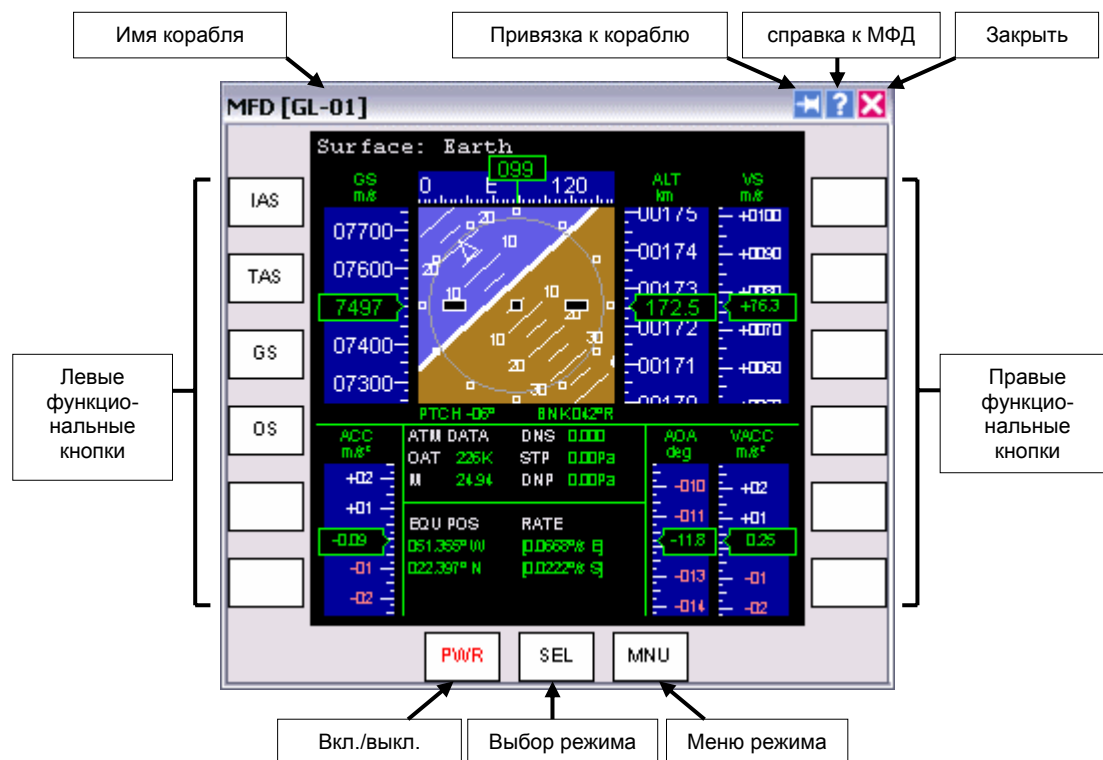
Подробно работа с редактором сценариев описана в отдельной документации – файл *ScenarioEditor.pdf*. Там есть также раздел для разработчиков, желающих интегрировать редактор сценариев со своим кораблем.

NEW! 18.2 Внешние МФД

Если дисплеи МФД, находящиеся на приборной панели корабля, не дают достаточно информации, вы можете открыть любое количество дополнительных МФД, оформленных в виде отдельных окон. Это может особенно пригодиться для мномониторных систем, например, можно основное окно симуляции показывать на одном мониторе, а на других разместить приборы в виде *Внешних МФД*.

Чтобы пользоваться внешними МФД, активируйте в диалоге *Launchpad* модуль *ExtMFD*. Вы можете открыть любое количество окон с дисплеями МФД, щелкая мышью на функции *External MFD* в списке функций диалога *Custom Functions* (клавиши **Ctrl F4**).

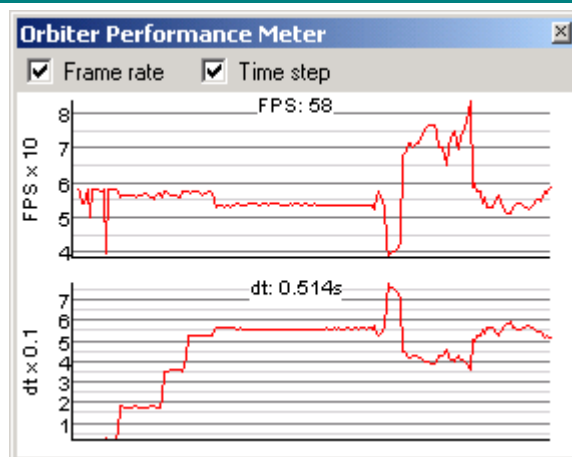
Внешние МФД ведут себя так же, как обычные. Они управляются кнопками, которые расположены по краям слева, справа и снизу. Описание доступных режимов МФД см. в разделе 13.



В отличие от обычных, внешние МФД имеют изменяемый размер. Они доступны при виде «снаружи» так же, как и при виде из кокпита. Внешние МФД могут быть настроены таким образом, что будут «привязаны» к конкретному кораблю или же будут показывать данные того корабля, на котором находится в данный момент фокус управления.

18.3 Монитор производительности

Это небольшой диалог, позволяющий отслеживать производительность симулятора, которая характеризуется графиками FPS (frame per second, число кадров в секунду) и интервалами шагов симулятора по времени (simulation time step intervals). Графики дают информацию за последние 200 секунд. Это удобный инструмент, позволяющий оценить удар по производительности какой-нибудь сложной визуальной сцены или визуальных эффектов. График шагов времени зависит от эффекта ускорения времени, и таким образом отражает аккуратность физической модели (точность вычислений траектории и т.п.).



Эта функция доступна, если активирован модуль *Framerate*. Монитор производительности включается щелчком на функции *Frame Rate* в списке *Custom functions* (клавиши **Ctrl** **F4**).

18.4 Дистанционное управление кораблем

Модуль *Remote Vessel Control* позволяет «дистанционно» управлять двигателями любых космических кораблей в симуляции.

В диалоге имеется список кораблей и управляющие слайдеры для главных, тормозных двигателей и для двигателей вертикальной тяги, а также кнопки управления двигателями ориентации (RCS) в линейном и вращательном режимах, и доступ к навигационным функциям автопилота. Такой интерфейс особенно удобен тогда, когда требуется одновременное управление двигателями RCS в *линейном* и *вращательном* режимах.

Чтобы дистанционное управление было доступно, активируйте модуль *Rcontrol*, чтобы открыть диалог дистанционного управления, щелкните на функции *Remote Vessel Control* в списке *Custom functions* (клавиши **Ctrl** **F4**).

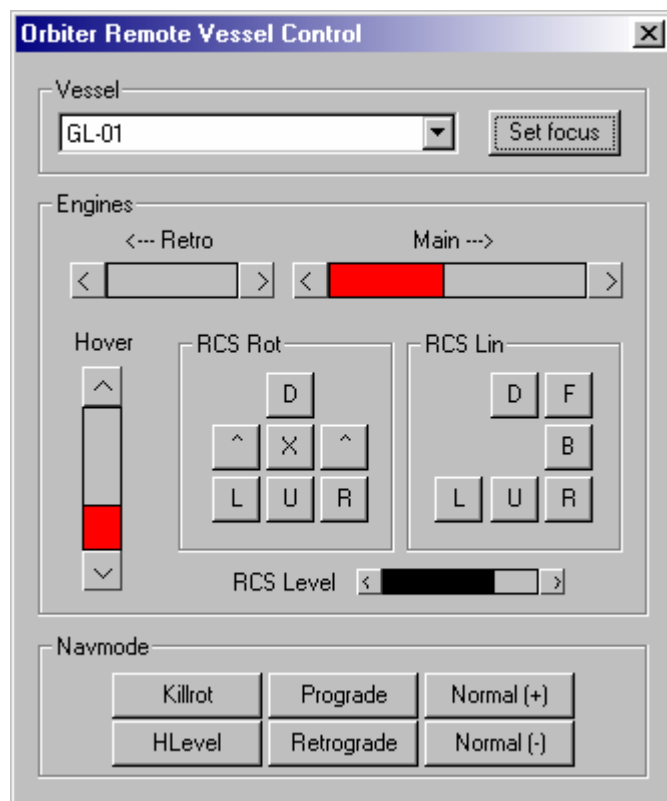


Рис. 31: Диалог дистанционного управления

18.5 Монитор летных данных

Монитор летных данных (*Flight Data Monitor*) может показывать несколько параметров, характеризующих полет корабля в виде графиков, как функции от времени. Монитор доступен, если активирован модуль *FlightData*. Диалог монитора открывается щелчком на функции *Flight Data Monitor* в списке *Custom functions* (клавиши **Ctrl** **F4**).

Диалог позволяет выбрать корабль, чьи данные нас интересуют, а также указать, какие именно параметры брать и с каким интервалом.

В настоящее время доступны следующие параметры:

- Высота
- Скорость относительно поверхности планеты
- Число Маха
- Температура свободного потока
- Статическое и динамическое давление

- Угол атаки
- Подъемная сила и сила сопротивления атмосферы
- Отношение подъемной силы L к силе сопротивления D (L/D)
- Масса корабля

Для каждого выбранного параметра ниже открывается новый график, дающий функцию от времени.

- Кнопки Start/Stop запускают и останавливают обновление графиков.
- Кнопка Reset очищает графики.
- Кнопка Log запускает или останавливает процесс записи данных в лог-файл. Когда кнопка Log нажата, Орбитер записывает летные данные в текстовый файл, имеющий имя *FlightData.log*, и расположенный в главном директории Орбитера. Этот файл можно использовать в дальнейшем для анализа или для последующей визуализации в какой-нибудь внешней программе (например, в MS Excel). Файл *FlightData.log* перезаписывается поверх при следующем запуске процесса записи.

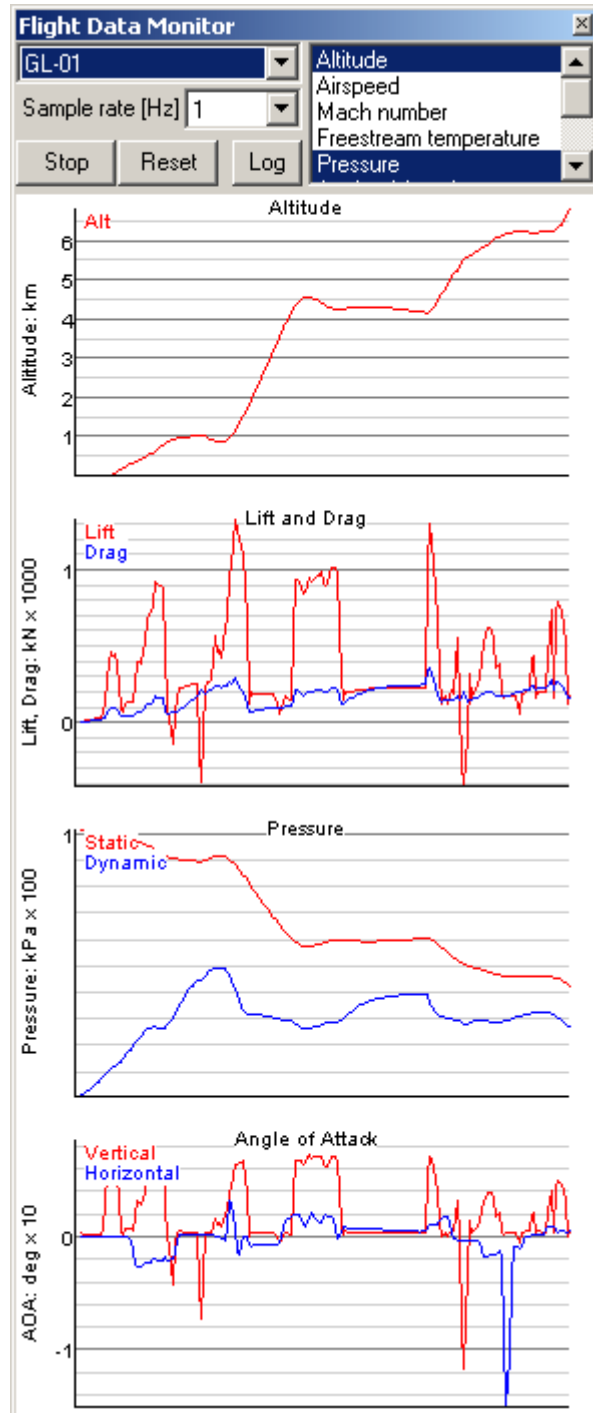


Рис. 32: Движок Flight Data Monitor

19 Контрольные карты

В этом разделе вы найдете «контрольные карты» – пошаговое описание нескольких тренировочных полетов. В процессе выполнения полета рекомендуется время от времени сохранять ситуацию (клавишами **Ctrl** **S**), так, чтобы в случае необходимости можно было вернуться к предыдущему этапу.

Соответствующие «контрольные карты» всегда доступны во время полета через справочную систему (help), открываемую клавишами **Alt** **F1**. В окне справки щелкните на кнопке *Scenario* – откроется описание текущего полета.

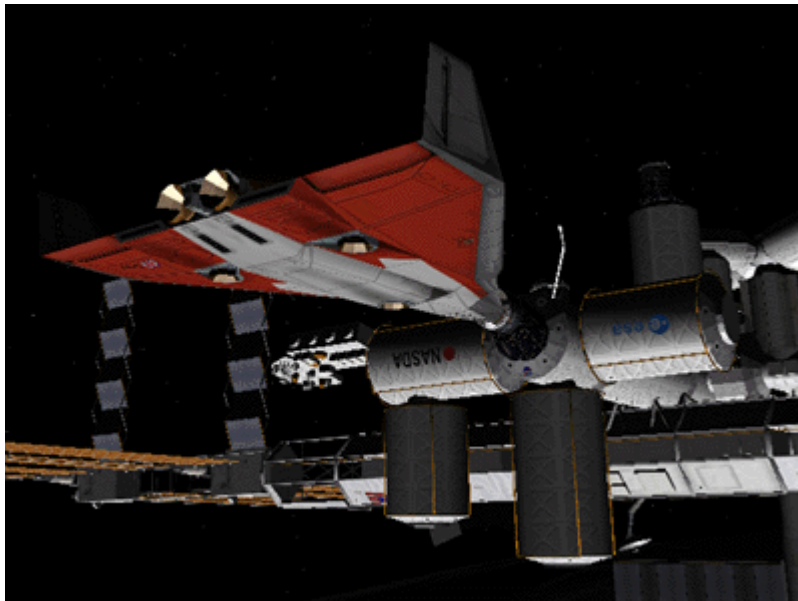
19.1 Миссия 1-я: На Delta-glider'е к МКС

Миссия заключается в запуске корабля Delta-glider на орбиту с ВПП 33 Посадочного Комплекса Space Shuttle (Shuttle Landing Facility, SLF) Космического центра им. Кеннеди, и стыковке с Международной Космической Станцией (International Space Station, ISS).

- Запустите сценарий *Checklists\DG to ISS*. Ваш корабль готов к взлету с ВПП 33 комплекса SLF.
- Возможно, вам потребуется сдвинуть приборную панель немного вниз (клавиша **↓** *Cursorpad*) чтобы она не заслоняла вид вперед на ВПП. Сдвиньте панель приборов таким образом, чтобы видеть ее верхнюю половину с дисплеями МФД.
- Старт назначен на MJD=51983.6308 (*Модифицированный Юлианский Календарь, Modified Julian Date*, или MJD – универсальное время в Орбитере, показывается в правом верхнем углу экрана). У вас достаточно времени, чтобы изучить аппаратуру корабля. Если вы не очень хорошо знакомы с расположением приборов на приборных панелях корабля, изучите раздел 9.1. Детальное описание режимов МФД можно посмотреть в разделе 13.
- Левый МФД включен в режиме *Авиагоризонт (Surface)* и показывает скорость и высоту.
- Правый МФД включен в режиме *Карта (Map)* и показывает вашу текущую позицию на поверхности Земли (космический центр KSC) в виде белого креста. Орбита МКС (ISS) показывается в виде желтой кривой. С течением времени траектория станции сдвигается вдоль карты, это результат вращения Земли.
- Чтобы стартовое окно подошло скорее, можете включить ускорение времени – клавиша **T**. (Каждый раз, когда вы нажимаете на клавишу **T**, течение времени ускоряется в 10 раз). Когда подойдет время старта, вернитесь в реальный масштаб течения времени клавишей **R** (нажимайте ее, пока индикатор “Wrp” в правом верхнем углу экрана не исчезнет).
- Выведите главные двигатели (клавиши **Ctrl** **+** *Numpad*) на 100% тяги. Можно также воспользоваться РУДом на панели приборов или РУДом джойстика, если он у вас есть.
- Когда скорость достигнет 100 м/с (смотрите на МФД или на ИЛС), возьмите ручку джойстика на себя (или нажмите клавишу **2** *Numpad*).
- Произведите взлет и набор высоты с углом тангажа 10°, уберите шасси (клавиша **G**).
- Развернитесь на курс 140°.
- Выйдите на уровень тангажа 70°.
- На высоте примерно 30 км корабль будет стремиться опустить нос (в соответствии с разрежением атмосферы), даже если вы будете продолжать «брать штурвал на себя». Включите систему реактивной ориентации RCS (Reaction Control System) правым щелчком на селекторе “RCS Mode” (в правой части приборной панели) или нажмите клавишу **Ctrl** **7** *Numpad*. Теперь вы управляете кораблем при помощи двигателей ориентации.
- Установите угол тангажа около 20°. По достижении верхних слоев атмосферы нужно начинать увеличивать тангенциальную (горизонтальную) составляющую скорости, чтобы выйти на орбиту. Индикатор направления полета на ИЛС (маркер “⊕”) должен находиться примерно на уровне 0° по указателю тангажа.

- Переключите правый МФД в режим *Орбитальный* (*Orbit mode*, кнопка *SEL*, пункт *Orbit*). Выберите орбиту корабля в качестве плоскости проекции (клавиши **Shift** **P**) и укажите МКС в качестве цели (клавиши **Shift** **T**, 'ISS').
- Продолжайте полет с полной тягой. Следите за курсом, держите тангаж таким, чтобы индикатор направления полета все время находился около отметки 0°. Вы увидите, как расширяется и растет траектория вашей орбиты (зеленая линия на дисплее Орбитального МФД).
- Выключите двигатели, когда радиус апогея (высшей точки на орбите) достигнет 6.731M (параметр "ApR" в левой колонке цифр Орбитального МФД). Это соответствует высоте 360 км.
- Переключите ИЛС в режим *Орбитальный* (*Orbit HUD*) клавишей **H** (два нажатия).
- Поскольку мы все еще на баллистической траектории, она приведет нас обратно на поверхность планеты. Чтобы выйти на орбиту, нам потребуется включить двигатели в верхней точке траектории (дать «импульс выхода на орбиту», "orbit insertion burn"). Дождитесь момента, когда корабль достигнет апогея (время до апогея показывает параметр "ApT" в Орбитальном МФД). Это отнимет некоторое время, так что можете использовать ускорение времени симулятора.
- В апогее нажмите на приборной панели кнопку "Prograde", автопилот развернет корабль носом по направлению движения. Когда маркер скорости ("⊕") окажется в центре экрана, включите главные двигатели на полную тягу. Выключите их тогда, когда эксцентриситет орбиты (параметр "Есс") станет минимальным, а радиус перигея (параметр "PeR") примерно сравняется с радиусом апогея (параметр "ApR"). Скорее всего, потребуется очень короткое включение!
- Переключите левый МФД в режим *Выравнивания плоскостей орбит*, *Align Orbital Plane* (кнопка *SEL*, пункт *Align planes*). Выберите цель – станцию МКС (клавиши **Shift** **T**, 'ISS').
- В идеальном случае плоскости орбит почти выровнены (относительное наклонение RInc около 5°). Теперь нужно, чтобы плоскости совпали.
- Когда корабль (P) достигнет точки пересечения с плоскостью орбиты станции (узел AN или DN): Разверните корабль в направлении, перпендикулярном плоскости орбиты (90° на индикаторе наклонения Орбитального режима ИЛС). Если вы находитесь на восходящем узле (ascending node, AN), поверните в направлении антинормали (маневр *orbit-antinormal*). Если вы находитесь на нисходящем узле (descending node, DN), поверните в направлении нормали (маневр *orbit-normal*). Можете воспользоваться режимами автопилота (клавиша **:** для нормального разворота и **;** – для антинормального).
- Как только транспарант "Engage engines" начнет мигать, включайте главные двигатели на полную тягу. Относительное наклонение должно начать уменьшаться.
- Выключите двигатели как только появится транспарант "Kill thrust". Если относительное наклонение не стало приемлемым (менее 0.5°), повторите процедуру при пересечении следующего узла.
- После того, как орбита корабля выровнена с орбитой станции, начнем маневр перехвата. Переключите МФД в режим *Синхронизации орбит* (кнопка *SEL*, пункт *Sync orbit*). Переключите опорный вектор в режим "Intersect 1" или "Intersect 2" (клавиши **Shift** **M**). Если орбиты не пересекаются, выберите режим "Sh periapsis".
- Две колонки цифр в правой части МФД показывают интервалы времени, необходимые вашему кораблю (Sh-ToR) и станции (Tg-ToR) для достижения опорного вектора на текущем витке (Ob 0) и на последующих 4 витках (Ob 1-4).
- Разверните корабль в прямом направлении (выровняйте нос с маркером скорости "⊕" на ИЛС). Можете воспользоваться навигационным режимом *Prograde* (клавиша **I**).
- Включите главные двигатели, следя за параметрами Sh-ToR и Tg-ToR. Выключите двигатели тогда, когда значение Sh-ToR(0) совпадет с Tg-ToR(1). Теперь вы перехватите МКС во время следующего прохождения опорного вектора. Можете воспользоваться ускорением времени, пока ваш корабль летит к точке встречи.
- Сблизившись со станцией, настройте приемники NAV на частоту передатчиков МКС: Включите МФД в режим *Радио* (кнопка *SEL*, пункт *COM/NAV*), и настройте приемник NAV1 на частоту 131.30 MHz (это частота транспондера МКС), а приемник NAV2 на частоту 137.40 MHz (частота системы IDS для стыковочного узла номер 1).

- Переключите ИЛС в *Стыковочный* режим (Docking HUD) клавишей **[H]**, и МФД – также в режим *Стыковочный* (кнопка *SEL*, пункт *Docking*).
- Убедитесь, что ИЛС и Стыковочный МФД подключены к приемнику NAV1 (для настройки пользуйтесь клавишей **[Ctrl][R]** для ИЛС, и клавишами **[Shift][N]** для МФД).
- Разверните корабль в сторону маркера скорости ИЛС (“⊕”) и погасите скорость главными двигателями.
- Разверните корабль в сторону МКС (указатель цели в виде рамки □) и приблизьтесь к ней на расстояние около 5 км. Можете воспользоваться двигателями системы RCS в линейном режиме (translation mode). Переключение между линейным режимом и режимом вращения производится клавишей **[Numpad-7]**.
- Переключите ИЛС и Стыковочный МФД на приемник NAV2. Если расстояние до станции меньше 10 км, вы начнете получать сигналы системы IDS стыковочного узла номер 1, дающие информацию об относительной ориентации вашего корабля. Коридор подхода к стыковочному узлу будет показан на ИЛС в виде набора прямоугольных рамок.
- Подлетите к самой дальней от станции рамке и остановитесь.
- Выровняйте продольную ось вашего корабля параллельно пути подхода (выровняйте “X”-индикатор Стыковочного МФД в центре мишени МФД). Пользуйтесь двигателями RCS в режиме вращения (rotational mode).
- Выровняйте крен корабля в соответствии с ориентацией стыковочного узла станции (разверните корабль по крену так, чтобы “^”-индикатор оказался в положении «на 12 часов» на мишени Стыковочного МФД).
- Используя двигатели RCS в линейном режиме, выровняйте корабль на пути подхода (приведите “+”-индикатор в центр мишени Стыковочного МФД).
- Подготовьте стыковочный механизм в носовой части корабля, откройте носовой конус, нажав клавишу **[K]**.
- Двигайтесь в сторону станции, следя за тем, чтобы положение корабля относительно стыковочного узла станции оставалось правильным. По мере сокращения расстояния снижайте скорость корабля (скорость сближения – параметр CVel). В конце сближения скорость должна быть меньше 0.1 м/с.
- Стыковочный механизм сработает, когда расстояние между стыковочными узлами составит около 0.3 м. На Стыковочном МФД загорится транспарант “Dock”, означающий успешную стыковку.
- Готово!



1-я миссия успешно завершена.

19.2 Миссия 2-я: Перелет от МКС к станции «Мир»

Задача этой миссии – межорбитальный перелет от МКС к российской станции «Мир» (в виртуальной реальности Орбитера эта станция все еще успешно летает вокруг Земли). В Орбитере станция «Мир» расположена на эллиптической орбите, что делает ее

удобной стартовой площадкой для межпланетных перелетов. Это означает, что орбиты станций «Мир» и МКС сильно наклонены друг относительно друга. Межорбитальный перелет потребует больших расходов топлива.

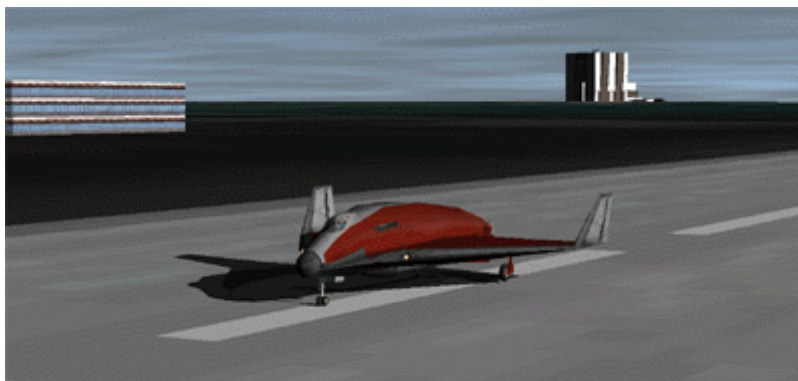
- Запустите сценарий *Checklists/VSS to Mir*. Ваш Delta-glider состыкован с МКС (ISS).
- Переключитесь в кокпит корабля клавишей **F1**.
- Выберите в Орбитальном МФД в качестве цели станцию «Мир»: нажмите правый-**Shift**, **T**, **Enter**, «Mir».
- МКС и «Мир» имеют сильно различающиеся наклонения. Готовясь к маневру поворота орбиты, переключите левый МФД в режим Выравнивания плоскостей орбит (кнопка *SEL*, пункт *Align planes*, после этого – левый-**Shift**, **T**, «Mir»).
- Расстыкуйтесь с МКС (клавиши **Ctrl**, **D**). Освободив стыковочный узел, закройте носовой конус (клавиша **K**).
- Переключите ИЛС в Орбитальный режим (клавиша **H**).
- Первое включение двигателей сделайте по достижении DN (descending node, нисходящий узел). Чтобы долететь быстрее, пользуйтесь ускорением времени, но не забудьте вернуться в реальный масштаб времени, когда время «time-to-node» (параметр Tn) на МФД Выравнивания плоскостей орбит достигнет значения примерно 500 секунд.
- Подготовьте корабль к импульсу: щелкните по кнопке «Orbit normal (+)» на приборной панели корабля. Теперь ваш корабль ориентирован перпендикулярно плоскости орбиты.
- Когда замигает транспарант «Engage engines», включите главные двигатели. Относительное наклонение орбит (параметр RInc) начнет уменьшаться. Выключите двигатели, когда загорится транспарант «Kill thrust».
- Это будет очень долгий импульс (около 900 секунд), так что можно воспользоваться ускорением времени, но не пропустите момент выключения двигателей!
- Вам, возможно, не удастся добиться приемлемой разницы наклонений орбит (меньше, чем 0.5°) за одно включение двигателя. Повторите операцию при пересечении AN (ascending node, восходящий узел). Помните, что на этот раз корабль нужно развернуть в противоположном направлении, поэтому нажмите на приборной панели кнопку «Orbit Normal (-)».
- Когда орбиты корабля и станции окажутся в одной плоскости, останется произвести перехват, используя режим МФД Синхронизации орбит. Процедура аналогична описанной в предыдущей миссии.
- Настройте ваш приемник NAV1 на частоту передатчика транспондера станции «Мир» – 132.10, а приемник NAV2 на частоту системы IDS стыковочного узла номер 1 – 135.00.
- Переключите один из МФД в Стыковочный режим (кнопка *SEL*, пункт *Docking*), переключите также ИЛС в Стыковочный режим (клавиша **H**). И МФД и ИЛС настройте на приемник NAV1.
- Прodelайте стыковку со станцией «Мир» так же, как делали это в предыдущем полете к МКС. Не забудьте открыть носовой конус корабля.

19.3 Миссия 3-я: Сход с орбиты «Мира», посадка

Эта миссия завершает ваш полет в космос. Вы расстыкуетесь со станцией «Мир», войдете в атмосферу и вернетесь в Космический Центр им. Кеннеди.

- Запустите сценарий *Checklists/Deorbit*. Он начинается там, где закончился предыдущий, ваш корабль пристыкован к станции «Мир». Сейчас вы над Тихим океаном, то, что и требуется для правильного схода с орбиты.
- Расстыкуйтесь (клавиши **Ctrl**, **D**), включите тормозные двигатели на несколько секунд (клавиша **-** *Numpad*), чтобы отойти подальше от станции.
- Закройте носовой конус (клавиша **K**).
- Разверните корабль в обратном направлении (retrograde) (клавиша **I**).
- Когда корабль стабилизируется в обратном направлении, а станция не будет у него на пути, включите главные двигатели на полную тягу.

- Выключите двигатели, когда радиус перигея орбиты (параметр PeR в Орбитальном МФД) достигнет 5.600М.
- Развернитесь в прямом направлении (prograde) (клавиша **[I]**).
- Когда ориентация корабля стабилизируется, разверните корабль в плоскость горизонта (режим level with the horizon) (клавиша **[I]**).
- Переключите ИЛС в Атмосферный режим (Surface HUD mode) (клавиша **[H]**).
- Переключите левый МФД в режим Авиагоризонт (кнопка *SEL*, пункт *Surface*).
- Вы должны достичь высоты в 100 км на расстоянии около 4000 км от цели (параметр Dst: 4.000М в МФД Карта). С этого момента аэродинамические силы станут заметны.
- На высоте 50 км выключите стабилизацию (нажмите **[L]**), выключите двигатели ориентации (система RCS) (клавиши **[Ctrl]** **[7]** *Numpad*), и убедитесь в том, что селектор "AF CTRL" на приборной панели включен в положение "ON".
- Подъемная сила будет задирает вверх нос корабля. Вы можете рассеивать энергию, применяя глубокие крены попеременно влево и вправо. В соответствии с высоким отношением подъемной силы к силе сопротивления, потребуются очень глубокие крены (до 90°).
- Текущая траектория корабля проходит южнее Космического центра KSC, так что нужно поворачивать левее (следите за МФД-Картой).
- Углы крена определяют вашу скорость снижения и путевую скорость. Если вы не долетаете KSC, уменьшите крен, это замедлит снижение и уменьшит торможение корабля. Если вы летите слишком быстро и высоко, увеличьте углы крена, корабль будет снижаться быстрее, а путевая скорость будет падать сильнее.
- Точность траектории снижения не столь критична, как для кораблей типа Space Shuttle, потому, что ваш корабль может использовать двигатели для горизонтального полета.
- Когда дистанция до цели упадет до 500 км, настройте приемник NAV1 на частоту 112.70 (маяк KSCX VOR), а приемник NAV2 на частоту 134.20 (система ILS ВПП 33). Это делается в Радио-МФД (кнопка *SEL*, пункт *COM/NAV*).
- Переключите правый МФД в режим Индикатор Горизонтальной Ситуации (Horizontal Situation Indicator, HSI) (кнопка *SEL*, пункт *HSI*). Левый дисплей HSI оставьте подключенным к приемнику NAV1, а правый подключите к приемнику NAV2 (клавиши Правый-**[Shift]** **[F]**, Правый-**[Shift]** **[N]**).
- Используйте указатель курса и указатель глиссады HSI для построения правильного захода на посадку. Они работают как стандартные приборы обычного самолета.
- Выпустите шасси (клавиша **[G]**). Пользуйтесь воздушными тормозами (клавиши **[Ctrl]** **[B]**) по мере надобности. Путевая скорость в момент касания должна составлять около 150 м/с.
- Удерживайте курс колесными тормозами (левый – **[.]** и правый – **[.]**) до самой остановки.



Пробег по «шаттловской» ВПП Космического центра им. Кеннеди (KSC SLF runway).

20 Визуализаторы

Орбитер предоставляет возможность показа некоторых дополнительных данных. К визуализаторам относятся:

- режим «Планетарий», в котором на небесную сферу проецируются различные координатные сетки, рисунки созвездий, маркеры звезд, а на поверхности планет показываются маркеры, обозначающие различные объекты
- демонстрация векторов сил, действующих на космический корабль
- демонстрация координатных осей различных объектов

Визуализаторы можно настроить, пользуясь диалогом *Visual helpers* (клавиши **Ctrl F9**).

20.1 Планетарий

Потерялись в космосе? Если вы потеряли ориентировку во время межпланетного перелета, Орбитер поможет вам в режиме «Планетарий» (“Planetarium” mode). Настройка режима производится в диалоге *Planetarium options*, который открывается нажатием клавиш **Ctrl F9**, а включение и выключение режима производится клавишей **F9**.

Доступны следующие настройки маркеров:

- Координатная экваториальная сетка (относительно экватора выбранного небесного тела)
- Координатная эклиптическая сетка
- Круг эклиптики
- Круг экватора выбранного небесного тела (если есть)
- Контуры и названия созвездий (полные и аббревиатуры)
- Маркеры небесных тел
- Маркеры космических кораблей
- Маркеры космопортов
- Маркеры навигационных радиомаяков
- Маркеры определенных пользователем объектов на небесной сфере
- Маркеры определенных пользователем объектов на поверхностях небесных тел

NEW!

Некоторые виды маркеров могут быть не видны на больших дистанциях.

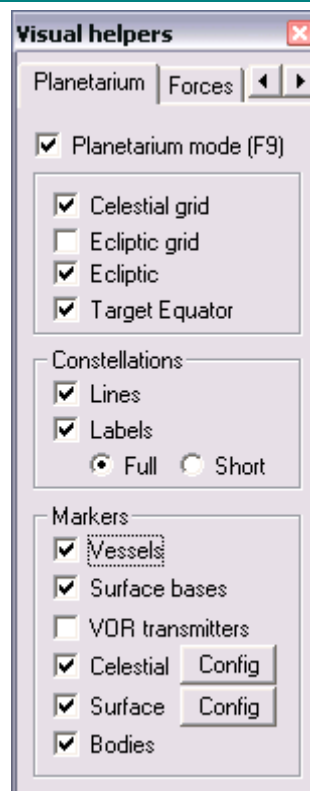
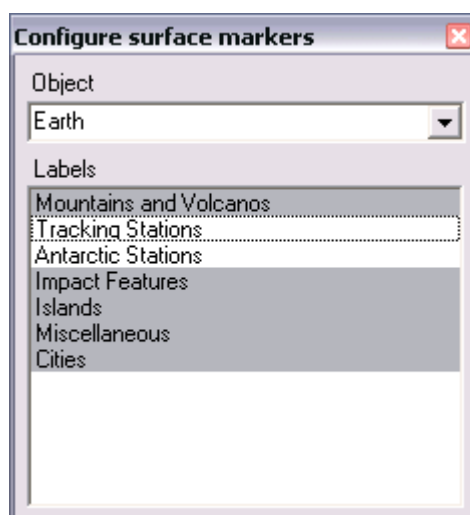


Рис. 33 показывает пример координатной сетки и маркеров, доступных в симуляции.

Планеты могут иметь определения своих наземных маркеров, которые обозначают различные объекты, такие как детали ландшафта, исторические места, навигационные ориентиры и т.п. Аналогично, планетарная система может иметь свой набор маркеров, обозначающих яркие звезды, навигационные звезды, туманности и т.п. Вы можете настроить показ этих маркеров, щелкнув по кнопке "Config". Откроется диалог, в котором можно выбрать нужные виды маркеров в списке доступных. В различных дополнениях к Орбитеру могут быть доступны свои маркеры. Если вы хотите изменить или дополнить наборы маркеров или создать свои собственные, обратитесь к разделу 22.3.



Орбитер хранит настройку режима «Планетарий» в файле конфигурации и использует ее при следующем запуске.

Искусственные орбитеровскиеastrонавты, возможно, воспримут планетарий как некий нечестный вспомогательный прием (“cheat”), но для большинства из нас планетарий – это удобный инструмент, позволяющий увидеть в деталях динамику планетной системы.

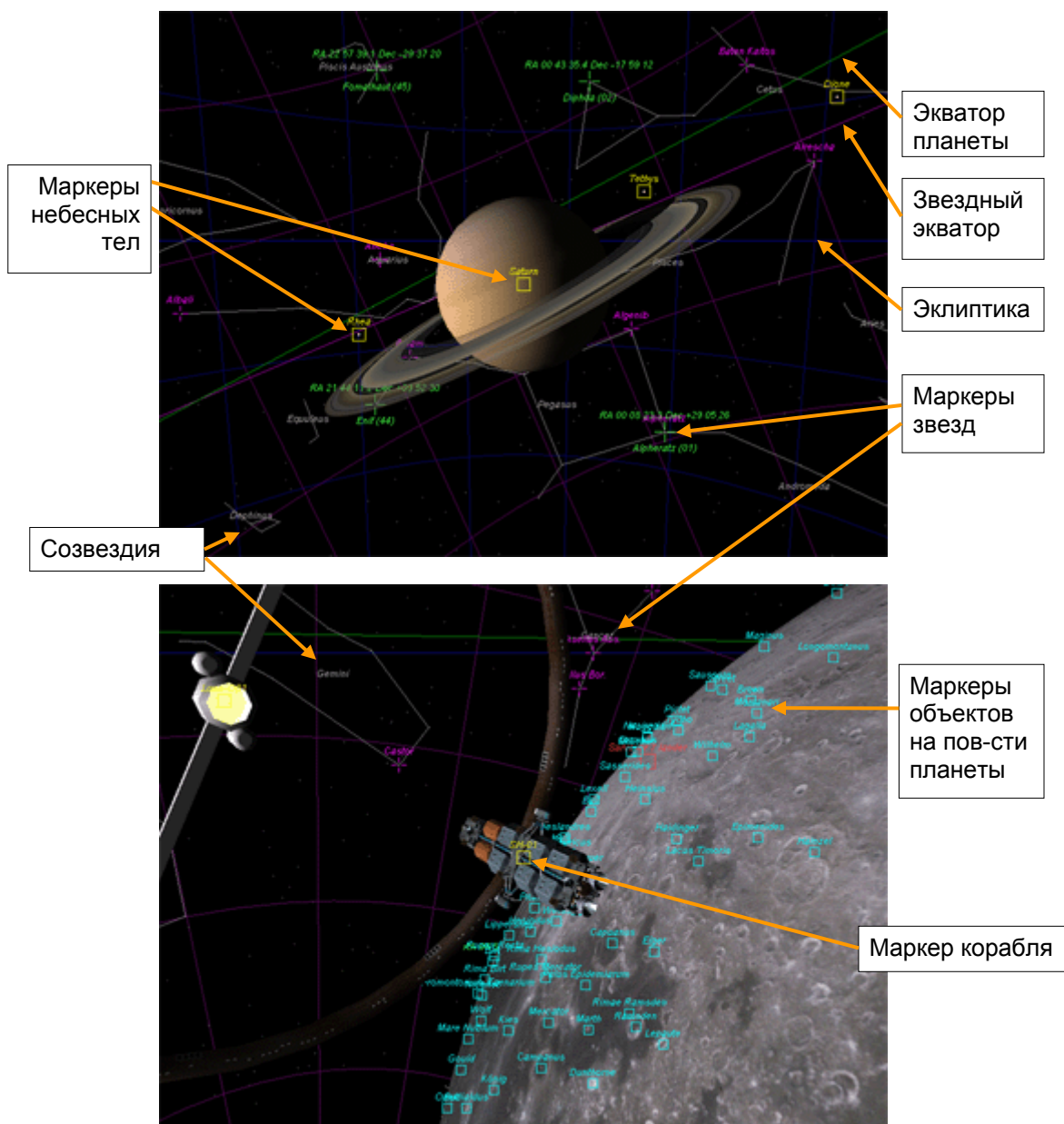


Рис. 33: Координатная сетка, созвездия, маркеры кораблей и объектов на поверхности планеты (Луны).

20.2 Векторы сил

Орбитер может дать графическое представление векторов сил, действующих в настоящий момент на космический корабль. Эта возможность имеет образовательный интерес и позволяет проиллюстрировать в динамике влияние на корабль внешних условий (атмосфера, гравитация), а также влияние управляющих воздействий (например, изменение подъемной силы при изменении угла атаки).

Визуализация векторов сил может быть включена и настроена на панели *Force* диалога *Visual helpers* (клавиши **Ctrl** **F9**).

Флажок *Body force vectors* включает визуализацию.

Орбитер позволяет отдельно показывать следующие составляющие силы, действующей на корабль:

Вес	G (желтый)	сила воздействия гравитационного поля
Тяга	T (синий)	сила тяги двигателей корабля
Подъемная сила	L (зеленый)	подъемная сила, возникающая при движении в атмосфере
Соппротивление	D (красный)	сила сопротивления, возникающая при движении в атмосфере
Равнодействующая	F (белый)	равнодействующая всех сил

Имейте в виду, что равнодействующая всех сил, действующих на корабль необязательно равна сумме перечисленных выше компонент, потому что на корабль могут действовать и другие силы (например, дополнительные силы, определяемые разработчиком).

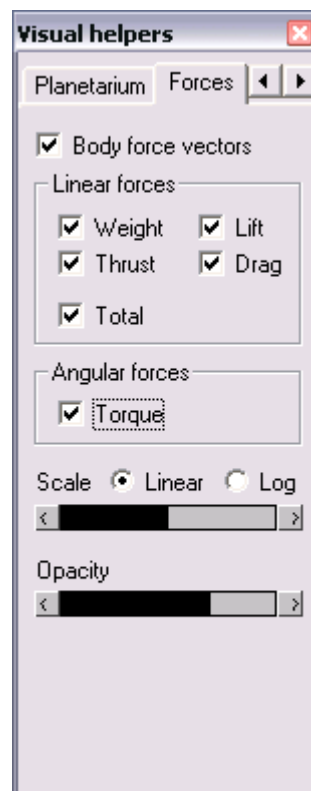
Линейные силы изображаются в виде векторов, приложенных к центру масс корабля. Длина векторов пропорциональна величине силы или логарифму величины, в зависимости от настройки *Scale*. Длины векторов можно подстраивать при помощи слайдера. Кроме того, величина сил показывается в числовом виде, в Ньютонах [Н].

Кроме линейных сил, Орбитер может показывать также и полный угловой момент сил

$$\mathbf{M} = \sum_i \mathbf{M}_i = \sum_i \mathbf{F}_i \times \mathbf{r}_i .$$

Вектор момента сил дается относительно центра масс корабля. Числовое значение представлено в Ньютонах × метр [Нм].

Имейте в виду, что силы, которые прикладываются не к центру масс (например, подъемная сила) показываются в виде двух компонентов – вектора силы, приложенного к центру масс и соответствующего вектора углового момента.



Прозрачность векторов задается слайдером *Opacity* (от полностью прозрачного до совершенно сплошного).

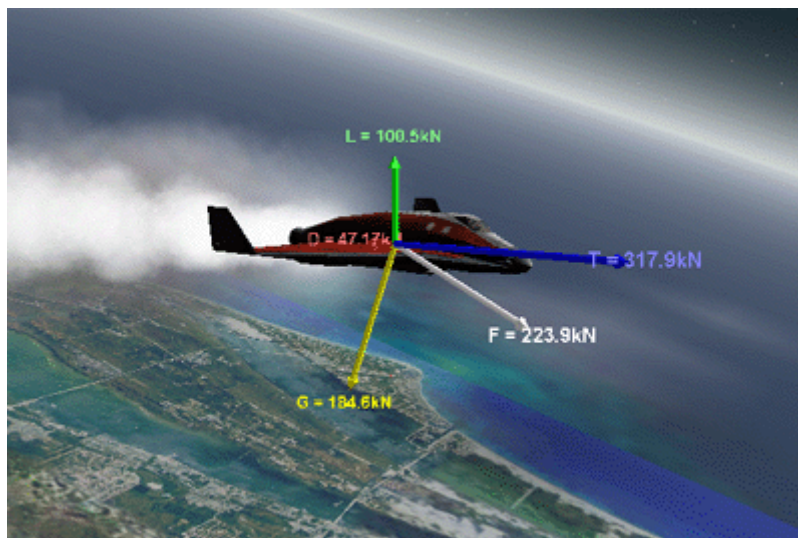


Рис. 34: Динамика в действии: показаны силы, действующие на Дельта-глайдер в полете.

NEW!

20.3 Оси координат

Панель *Axes* диалога *Visual helpers* (клавиши **Ctrl** **F9**) позволяет настроить визуализацию локальных осей координат кораблей, небесных тел и наземных баз. Это помогает определить относительную ориентацию объектов и может оказаться очень полезным для разработчиков дополнений к симулятору.

Визуализация координатных осей включается флажком *Coordinate axes*.

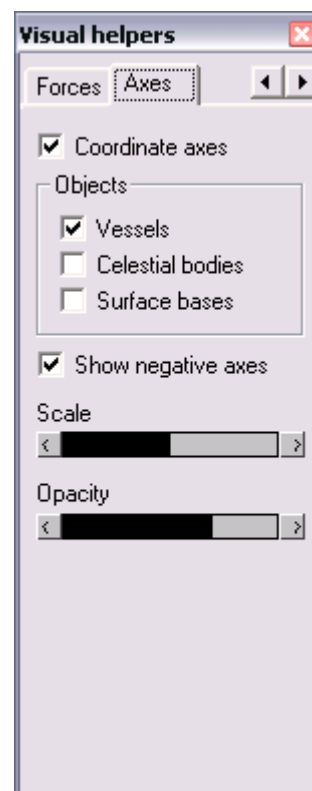
Оси координат могут быть показаны для объектов следующих типов:

- космические корабли
- небесные тела (планеты и луны)
- наземные базы

Если флажок *Show negative axes* выключен, показываются только положительные направления осей системы координат.

Длина координатных осей задается слайдером *Scale*.

Слайдером *Opacity* задается прозрачность координатных осей.



21 Режим «Демо» («Киоск»)

NEW!

Орбитер может быть запущен в режиме «демо» или «киоск», позволяющих использовать его в публичных местах, таких как выставки или музеи.

Этот режим можно настроить, редактируя главный конфигурационный файл симулятора – Orbiter.cfg, расположенный в главной папке программы. Доступны следующие настройки:

Параметр	Тип	Описание
DemoMode	Bool	Установка значения TRUE включает «демо»-режим (по умолчанию: FALSE)
BackgroundImage	Bool	Если установлено значение TRUE, экран будет закрыт статической картинкой. (по умолчанию: FALSE)
BlockExit	Bool	Блокировка выхода. Если установлено значение TRUE, выход из симулятора через диалог «Стартовая площадка» (Launchpad dialog) становится невозможным. Прервать работу программы можно будет только при помощи Task manager. (по умолчанию: FALSE)
MaxDemoTime	Float	Определяет наибольшее время симуляции (секунды). Орбитер автоматически возвращается в начальный диалог, как только указанное время истечет.
MaxLaunchpadIdleTime	Float	Определяет наибольшее время, в котором Орбитер работает в режиме начального диалога без ввода пользователя, прежде чем запустить демонстрационный сценарий (секунды)

В режиме «демо» в начальном диалоге доступна только панели *Scenario*, что не дает пользователям возможность менять настройки симулятора. Соответственно, Орбитер должен быть заранее правильно сконфигурирован.

Для того, чтобы использовать возможность автоматического запуска демо-сценариев, в папке сценариев (обычно это \Scenarios) должна быть создана подпапка "Demo". Орбитер запускает сценарии, хранящиеся в этой папке в случайном порядке.

Примечание: Рекомендуется настраивать видео-режим симулятора в оконном варианте или в полноэкранный режиме с разрешением и глубиной цвета, соответствующими текущему разрешению и глубине цвета Windows. Это позволит избежать переключений видеорежимов.

22 Конфигурация Орбитера

Конфигурационные файлы позволяют настраивать самые разные свойства симулятора Орбитер. Конфигурационные файлы имеют расширение .cfg. Формат файлов
параметр = значение

Точка с запятой (;) означает комментарий, продолжающийся до конца строки. Все конфигурационные файлы за исключением главного (см. далее) расположены в папке, определенной в главном конфигурационном файле параметром *ConfigDir*, по умолчанию “.\Config”.

Информация о том, как настраивать конфигурационный файл класса космического корабля (*spacecraft class*), содержится в отдельном файле документации для разработчика *3DModel*, см. папку *Orbitersdk\doc* (чтобы получить документацию разработчика, вам нужно будет установить пакет SDK). Документ *3DModel* также содержит описание формата файлов .msh, представляющих визуальные 3D-модели кораблей, а также другую информацию, полезную при создании корабля собственной разработки.

Сценарии (описания начальных состояний симуляции) сложены в папке, определенной параметром *ScenarioDir* главного файла конфигурации, по умолчанию это папка “.\Scenarios”. Файлы сценариев имеют расширение .scn.

22.1 Главный файл конфигурации

Главный файл конфигурации *Orbiter.cfg* расположен в рабочем каталоге симулятора. В нем описаны все настройки графических режимов симулятора, расположение папок, различные параметры симулятора и т.п. Имейте в виду, что редактировать файл вручную не нужно, большинство описанных в нем параметров доступны из диалога *Стартовая площадка (Launchpad)*.

Параметр	Тип	Описание
ConfigDir	String	Папка с конфигурационными файлами (по умолчанию .\Config\)
MeshDir	String	Папка для файлов моделей .msh (по умолчанию: .\Meshes\)
TextureDir	String	Папка для текстур (по умолчанию: .\Textures\)
HightexDir	String	Папка для альтернативных текстур высокого разрешения (по умолчанию: .\Textures2\)
ScenarioDir	String	Папка для сценариев (по умолчанию: .\Scenarios\)
DeviceIndex	Int	Индекс текущего 3D-устройства (<i>не редактировать вручную!</i>)
DeviceForceEnum	Bool	Если TRUE, инициализировать все 3D-устройства при каждом запуске
ModelIndex	Int	Индекс экранного режима (<i>не редактировать вручную!</i>)
Fullscreen	Bool	TRUE для полноэкранного режима, FALSE для оконного
Stereo	Bool	<i>В настоящее время не используется.</i>
WindowWidth	Int	Горизонтальный размер окна для оконного режима.
WindowHeight	Int	Вертикальный размер окна для оконного режима. Соотношение WindowWidth/WindowHeight должно быть около 4/3.
RGBDepth	Int	Глубина цвета (BPP) для полноэкранного режима.
JoystickIndex	Int	Индекс используемого джойстика (0=нет; <i>не редактировать вручную!</i>)
JoystickThrottle Saturation	Int	Рабочая зона для джойстика снабженного throttle control (0-10000). Установка на 9000 означает, что рукоятка тяги не будет работать в положениях 10% от каждого края рабочей зоны. По умолчанию: 9500

JoystickDeadzone		Мертвая зона углов джойстика (0-10000). Значение 2000 означает, что джойстик не будет отзываться на сдвиг его рукоятки менее чем 20% от центральной позиции. По умолчанию: 2500
AmbientLevel	Int	Уровень освещения пространства симулятора (яркость неосвещенных поверхностей объектов). Доступный диапазон от 0 до 255.
NumStar	Int	Количество звезд на небе (<= 15984). По умолчанию: 3000
StarBrightness	Float	Яркость звезд (0.2–2). По умолчанию: 1.0
ConstellationCol	RGB	Цвет линий созвездий. По умолчанию: 0.3 0.3 0.3
UnlimitedFuel	Bool	Бесконечное горючее. По умолчанию: FALSE
FlightModel	Int	Уровень реализма модели полета (в настоящее время поддерживается два варианта: 0 и 1)
MFDTransparent	Bool	Прозрачные МФД. По умолчанию: TRUE
EnableShadows	Bool	Показывать тени от объектов.
EnableSunGlare	Bool	Показывать эффекты от яркого солнца.
EnableClouds	Bool	Показывать облачный слой планет.
EnableCloudShadows	Bool	Показывать тени от облаков (требует установки параметра CloudShadowDepth < 1 в конфигурационном файле планеты)
EnableNightlights	Bool	Показывать эффекты ночной стороны планеты (свет городов).
NightlightBrightness	Int	Уровень яркости ночных огней планеты (0–255)
EnableWaterReflection	Bool	Показывать эффекты отражения солнечного света от водной поверхности.
EnableHorizonHaze	Bool	Показывать визуальные эффекты горизонта планеты.
EnableSpecularReflection	Bool	Показывать эффекты отражения света от полированных поверхностей.
InstrumentUpdateInterval	Float	Интервал обновления показаний МФД (в секундах)
PanelScale	Float	Масштабирующий фактор панелей приборов в кораблях.
PanelScrollSpeed	Float	Скорость прокрутки панелей приборов в кораблях (пиксели в секунду)
PlanetPatchRes	Float	Разрешающий фактор поверхностей планет. Доступный диапазон значений – от 0.1 до 10. Чем выше значение, тем выше качество изображения планеты, но ниже быстродействие.
PlanetHipatchAperture	Float	Масштабирующий фактор, управляющий введением показа текстур с большим разрешением (-0.5–1; по умолчанию: 0.1). Чем выше значение, тем меньше площадь поверхности, которая показывается с большим разрешением.
DialogFont_Scale	Float	Масштабирующий фактор шрифта для диалогов. По умолчанию: 1.0
DialogFont1_Face	String	Стандартная гарнитура шрифта диалогов. По умолчанию: Arial
ActiveModules	List	Список активированных модулей plugin'ов

NEW!

Примечание:

Здесь и далее обозначения типов данных означают следующее:

String – строка

Int – целое число

Bool – логическое значение (TRUE или FALSE)

Float – число с плавающей точкой

List – перечень, список

RGB – определение цвета тремя целыми числами по формату RGB

Flag – параметр, могущий принимать одно из перечисленных значений

22.2 Планетные системы

Планетные системы состоят из звезд, планет и их лун. В каждой планетной системе есть, по меньшей мере, одна звезда. Звезды, планеты и их луны определяются конфигурационным файлом планетной системы.

Основные параметры

Параметр	Тип	Описание
Name	String	Имя планетной системы
MarkerPath	String	Путь к папке, содержащей список маркеров звезд для данной системы. По умолчанию: .\Config\ <name>\Marker\</name>

См. также раздел 22.2 о том, как можно добавить свои маркеры звезд в планетную систему.

Список объектов

Список объектов определяет все небесные тела планетной системы, а также их иерархию.

Определения звезд:

Star<i> = Name

где <i> индекс звезды, начинающийся с 1. (примечание: в настоящее время планетные системы с более, чем одной центральной звездой, не поддерживаются).

Определения планет:

Planet<i> = Name

где <i> индекс планеты, начинающийся с 1.

Определения лун:

<Planet>:Moon<i> = Name

где <Planet> имя планеты, определенной ранее, а <i> индекс луны этой планеты, начинающийся с 1.

Пример:

```
Star1 = Sun
Planet1 = Mercury
Planet2 = Venus
Planet3 = Earth
Earth:Moon1 = Moon
Planet4 = Mars
Mars:Moon1 = Phobos
Mars:Moon2 = Deimos
```

22.3 Планеты

Конфигурационные файлы планет содержат определения всех орбитальных, физических и визуальных параметров планет. Например, см. конфигурационный файл Земли Config\Earth.cfg.

Основные параметры

Параметр	Тип	Описание
Name	String	Имя планеты
Module	String	Имя библиотеки dll, в которой реализованы расчеты движения планеты (по умолчанию – отсутствует).
ErrorLimit	Float	Наибольшая относительная ошибка для расчетов скорости и позиции (используется только в случае, если модуль планеты поддерживает регулирование точности)
EllipticOrbit	Bool	TRUE, если используется аналитическое решение для 2-х тел при вычислении позиции и скорости движения планеты, в противном случае значения обновляются

		динамически (игнорируется, если модуль планеты поддерживает расчеты позиции и скорости)
HasElements	Bool	TRUE, если начальное положение планеты рассчитывается из орбитальных элементов, в противном случае задается напрямую (игнорируется, если модуль планеты поддерживает расчеты позиции и скорости)

Примечания:

- Если модуль планеты вычисляет позицию и скорость планеты из пертурбационных элементов, то значение ErrorLimit повлияет на количество используемых элементов. Низкое значение увеличивает количество пертурбационных элементов и время вычисления. Допустимые значения параметра ErrorLimit определяются модулем планеты, типичные значения лежат в диапазоне $1e-3 \leq \text{ErrorLimit} \leq 1e-8$.

Параметры орбиты (Секция игнорируется, если модуль поддерживает вычисления позиции и скорости или если HasElements = FALSE)

Параметр	Тип	Описание
Epoch	Float	Ссылка на момент времени, для которого определены орбитальные элементы
EIReference	Flag	ParentEquator или Ecliptic: плоскость системы координат (по умолчанию: Ecliptic)
SemiMajorAxis	Float	Главная полуось орбиты [м]
Eccentricity	Float	Эксцентриситет
Inclination	Float	Наклонение по отношению к плоскости системы координат [рад]
LongAscNode	Float	Долгота восходящего узла [рад]
LongPerihelion	Float	Долгота перицентра [рад]
MeanLongitude	Float	Средняя долгота на указанный в Epoch момент времени [рад]

Физические параметры

Параметр	Тип	Описание
Mass	Float	Масса планеты [кг]
Size	Float	Средний радиус планеты [м]

Элементы вращения

Параметр	Тип	Описание
SidRotPeriod	Float	Период суточного обращения [с]
SidRotOffset	Float	Поворот на опорный момент времени [рад]
Obliquity	Float	Угол между осью вращения планеты и нормалью к плоскости системы отсчета на опорный момент времени [рад]
LAN	Float	Долгота проекции оси вращения на плоскость системы отсчета [рад]

Параметры атмосферы (требуется, если планета имеет атмосферу)

Параметр	Тип	Описание
AtmPressure0	Float	(Среднее) атмосферное давление на нулевой высоте [Па]
AtmDensity0	Float	(Средняя) атмосферная плотность на нулевой высоте [кг/м ³]
AtmGasConstant	Float	Газовая постоянная [J K ⁻¹ кг ⁻¹]. По умолчанию: 286.91 (значение для Земли)
AtmGamma	Float	Показатель адиабаты c_p/c_v . По умолчанию: 1.4 (значение для Земли)
AtmColor0	Vec ₃	Триплет RGB, определяющий цвет атмосферы на уровне земли (от 0 до 1 каждый)
AtmAltLimit	Float	Предельная высота атмосферы, выше которой можно игнорировать атмосферные эффекты [м]

AtmHazeExtent	Float	Параметр определяющий ширину визуального эффекта дымки горизонта. Диапазон: от 0 (самый тонкий) до 1 (самый широкий). По умолчанию: 0.1
AtmHazeShift	Float	Сдвиг высоты визуального эффекта дымки горизонта относительно базовой. Может быть использован для выравнивания дымки по отношению к облачному слою. (в долях радиуса планеты). По умолчанию: 0 (совпадает с горизонтом). Сдвиг не применяется, если камера находится ниже уровня облаков.
AtmHazeDensity	Float	Меняет плотность, на которой начинает показываться эффект дымки горизонта (базовая плотность рассчитывается из плотности атмосферы). По умолчанию: 1.0
AtmHazeColor	Vec ₃	Триплет RGB для определения цветов эффекта дымки горизонта (от 0 до 1 каждый). По умолчанию: используется значение AtmColor0.
AtmHorizonAlt	Float	Масштаб эффекта дымки горизонта по высоте [м]. По умолчанию: 0.01 радиуса планеты.
ShadowDepth	Float	Насыщенность теней от объектов (0 ... 1, где 0=совершенно черный, 1=тени нет). По умолчанию: $\exp(-\rho_0/2)$, где ρ_0 – плотность атмосферы у поверхности планеты. Параметр работает только в том случае, если включена stencil-буферизация. В противном случае, тени всегда совершенно черные.

NEW!

Параметры облаков (требуется, если планета имеет облачный слой)

Параметр	Тип	Описание
CloudAlt	Float	Высота облачного слоя [м]
CloudShadowDepth	Float	Глубина (“густота”) теней от облаков (0 ... 1) где 0 = черный, а 1 = тень отсутствует. По умолчанию: 1
CloudRotPeriod	Float	Период обращения облачного слоя относительно поверхности [с] (по умолчанию: 0 – статический слой облаков)
CloudMicrotextureAlt	Float+ Float	Дальность по высоте [м] для микротекстурирования облаков. Первое значение – высота, на которой применяется полное микротекстурирование, второе значение – высота, на которой начинается микротекстурирование. Первое значение должно быть ≥ 0 , а второе значение должно быть $>$ первого. По умолчанию: микротекстурирование отсутствует.

Параметры визуализации

Параметр	Тип	Описание
MaxPatchResolution	Int	Макс. разрешение для текстур поверхности планеты (от 1 до 10)
MinCloudResolution	Int	Мин. разрешение, при котором облака показываются как отдельный уровень текстуры (от 1 до 8)
MaxCloudResolution	Int	Макс. разрешение для облаков (от MinCloudResolution до 8)
SpecularRipple	Bool	Если TRUE, и в диалоге «Стартовая площадка» (Launchpad dialog) включена опция “Specular ripples”, при показе ряби на воде используется микротекстура “water ripple”. По умолчанию: FALSE.

NEW!

Параметры, определяющие маркеры поверхности (опционально)

Параметр	Тип	Описание
MarkerPath	String	Путь к директории, содержащему список маркеров поверхности для планеты. По умолчанию: <code>.\Config\<i><planet name></i>\Marker\</code>

О том, как добавить маркеры поверхности планеты, см. раздел 22.6.

Наземные базы (космопорты) (опционально)

Список содержит имена и географические координаты наземных баз («космопортов»). Имя наземной базы в каждом элементе списка соответствует имени конфигурационного файла этой базы.

```
BEGIN_SURFBASE
  <base list>
END_SURFBASE
```

Элемент списка имеет следующий формат:

```
<name>: <lng> <lat>
```

где

<name> Имя конфигурационного файла базы (<name>.cfg). Имя базы, которое появляется в симуляции, дается тэгом NAME конфигурационного файла.

<lng> <lat> Позиция базы на поверхности планеты (экваториальные координаты) [град.]

Существовал также альтернативный формат списка наземных баз, в котором использовались тэги NumBases и BaseXX. Этот формат является устаревшим и более не должен использоваться.

Наземные обсервационные точки (опционально)

Этот список содержит определения наземных точек наблюдения, которые могут быть выбраны в диалоге *Камера (Camera)*. Формат списка следующий:

```
BEGIN_OBSERVER
  <observer list>
END_OBSERVER
```

Элементы списка должны иметь следующий формат:

```
<site>:<spot>: <lng> <lat> <alt>
```










где

<site> имя, связанное с местом, в котором находится точка (например, *KSC*)

<spot> строка, описывающая местонахождение точки (например, *Launch pad 39*)

<lng> <lat> позиция точки (экваториальные координаты) [град.]

<alt> высота точки над поверхностью планеты [м] (должна быть > 0)

Самый простой способ определить координаты для новой обсервационной точки, это открыть диалог *Камера* (клавиши , ), и выбрать нужную позицию на вкладке *Ground*. Затем, двигая камеру при помощи клавиш , , , ,  и , , выберите подходящее место. В диалоге показываются текущие координаты камеры, вы можете просто скопировать их в конфигурационный файл.

Список навигационных маяков (опционально)

Этот список содержит определения навигационных радиомаяков, за исключением тех, которые определены в конфигурационных файлах наземных баз (см. раздел 22.4). Список имеет следующий формат:

```
BEGIN_NAVBEACON
  <NAV list>
END_NAVBEACON
```

Элементы списка должны иметь следующий формат:

```
<type> <id> <lng> <lat> <freq> [<range>]
```

где

<type> тип маяка, в настоящее время поддерживается только тип VOR

<id> идентификатор маяка (до 4 символов)

<lng> <lat> позиция маяка (экваториальные координаты) [градусы]

<freq> частота маяка [МГц]

<range> радиус действия маяка [м] (по умолчанию: 500 км)

О том, как создать специальный модуль (DLL), осуществляющий расчеты позиции и скорости планеты, см. документацию к SDK.

Чтобы добавить к планетной системе новую планету, требуется выполнить ряд шагов:

1. Добавить в конфигурационный файл планетной системы новую позицию (см. предыдущий раздел):

Planet<X> = <Planetname>

2. Создать конфигурационный файл для новой планеты *<Planetname>.cfg*. Файл должен располагаться в папке "Config" и определять параметры, перечисленные выше.
3. Создать необходимые текстуры поверхности планеты в определенном разрешении.
4. Опционально создать монохромную (зеленую, черную) или цветную карту (256x128, BMP), которая будет использована для показа в МФД Карта (Map MFD). Имя файла карты должно быть *<Planetname>M.bmp*.

22.4 Наземные базы (космопорты)

Наземные базы (или «космопорты») представляют собой места, предназначенные для взлета и посадки космических кораблей. Они могут располагаться на поверхности планет или лун и обычно оборудованы посадочными площадками и взлетно-посадочными полосами для вертикальных и горизонтальных взлетов и посадок. Каждая наземная база полностью определяется своим конфигурационным файлом. Когда Орбитер загружает конфигурацию планет, он также сканирует список конфигурационных файлов наземных баз этой планеты и создает на ее поверхности все описанные базы.

Конфигурационный файл базы

Чтобы создать новую наземную базу, в первую очередь следует создать ее конфигурационный файл. Имя файла должно соответствовать форме *<base-name>.cfg*, а сам файл должен быть расположен в нужной папке (см. ниже раздел *Привязка базы к планете*).

Формат конфигурационного файла базы следующий:

```
BASE-V2.0
NAME = <Base name>
LOCATION = <lng> <lat>
SIZE = <size>
OBJECTSIZE = <osize>
МАРOBJECTSTOSPHERE = [ TRUE | FALSE ]

BEGIN_NAVBEACON
  <NAV list>
END_NAVBEACON

BEGIN_OBJECTLIST
  <Object list>
END_OBJECTLIST

BEGIN_SURFTILELIST
  <Surface tile list>
END_SURFTILELIST
```

BASE-V2.0

Идентификатор формата, эта строка должна быть первой в файле. Если ссылка на файл базы приведена прямо в конфигурационном файле планеты, данный заголовок необязателен.

NAME = <Base name>

Определяет собственное имя базы, которое не связано с именем конфигурационного файла базы.

LOCATION = <lng> <lat>

Определяет позицию базы на поверхности планеты, здесь <lng> – долгота (градусы, Западная < 0, Восточная > 0), а <lat> – широта (градусы, Южная < 0, Северная > 0). Если ссылка на файл базы приведена прямо в конфигурационном файле планеты, данный параметр необязателен.

SIZE = <size>

Определяет примерный размер участка, занимаемого базой (наибольший радиус от центра базы к ее краю), [м].

OBJECTSIZE = <osize>

Определяет размер «типичного» объекта базы (например, какого-нибудь здания), [м]. Этот параметр используется Орбитером для того, чтобы определить, с какой дистанции от камеры нужно начинать рендеринг объектов базы. Объекты базы не будут визуализированы, если апертура объекта, имеющего размер <osize> и находящегося в центре базы будет меньше, чем 1 пиксель. Значение по умолчанию для <osize> равно 100.0.

МАРОВОБЪЕКТСТОСПHERE (TRUE или FALSE)

Если параметр равен *true*, каждый объект базы, определенный в списке объектов, получит такую высоту, чтобы его расположение соответствовало кривизне поверхности планеты. Это значит, что объект, имеющий высоту 0 будет сдвинут так, чтобы оказаться на уровне моря.

Если параметр равен *false*, высота 0 будет означать высоту, отсчитываемую от плоскости горизонта планеты в центре координат базы.

Значение по умолчанию: *false*.

Примечание: В настоящее время эта функция работает не со всеми типами объектов наземных баз.

<NAV list>

Содержит список радиомаяков, ассоциированных с данной базой. Формат элементов списка тот же, что и формат элементов списка маяков для планетного конфигурационного файла (см. раздел 22.3).

<Object list>

Содержит список объектов, представляющих визуальные элементы базы (здания, ангары и т.п.). Подробное описание приводится в следующем разделе.

<Surface tile list>

Оptionальный список текстур высокого разрешения, покрывающих область, непосредственно прилегающую к базе. Каждая текстура определяется строкой списка в формате:

```
<res> <lng-idx> <lat-idx> <flag>
```

где <res> – разрешение текстуры (целое ≥ 1), <lng-idx> и <lat-idx> индексы положения текстуры. Индексы положения определяют место текстуры на глобальной текстурной карте планеты для данного разрешения. <flag> – битовый флаг (бит 0 = 1: показывать текстуру; бит 1 = 1: текстура содержит определения прозрачности через alpha-канал).

Для каждой строки должен существовать файл текстуры в формате DDS (DXT1 или DXT5), расположенный в подкаталоге *Textures*, именованный согласно правилу:

```
<planet>_<res>_[W|E]<lng-idx>_[N|S]<lat-idx>.dds
```

где <planet> – имя планеты, <res> – разрешение текстуры, как оно определено в списке текстур, <lng-idx> и <lat-idx> индексы положения текстуры, как они определены в списке текстур (4-значные числа, при необходимости дополненные впереди нулями).

Примечание: Будущие версии симулятора предполагают включение местных текстур высокого разрешения непосредственно в файл общей планетарной текстуры. Описанный механизм ассоциации текстур со списком в файле конфигурации базы будет убран. В связи с этим не рекомендуется использовать списки текстур.

NEW! Привязка наземных баз к планетам

После того, как конфигурационный файл базы создан, следует как-то связать созданную базу с планетой, на которой она должна располагаться. Есть несколько вариантов:

- Расположите конфигурационный файл базы в папку, в которой по умолчанию должны располагаться такие файлы для данной планеты. По умолчанию такая папка имеет путь `Config\<pname>\Base`, где `<pname>` имя планеты. Например, папка, в которой по умолчанию расположены конфигурационные файлы космопортов Земли имеет путь `Config\Earth\Base`. Такая стандартная папка сканируется Орбитером только в том случае, если в конфигурационном файле планеты не указаны явно пути к папкам, содержащим файлы баз (см. далее).
- Для того, чтобы Орбитер просканировал другие папки, содержащие определения баз, следует создать в конфигурационном файле планеты список баз. Этот список должен начинаться тэгом `BEGIN_SURFBASE`, а заканчиваться тэгом `END_SURFBASE`. В этом списке можно указать путь к папке, содержащей файлы наземных баз. Такой указатель должен иметь формат `'DIR <folder>'`, где `<folder>` – это путь к папке с файлами баз (относительно папки `Config`). Можно определить несколько папок. Если одна и та же база определена в нескольких папках, будет использовано только первое описание. Это позволяет заменять определения наземных баз без перезаписи оригинального конфигурационного файла базы.

Пример:

```
BEGIN_SURFBASE
  DIR Earth\MyBase
  DIR Earth\MoreBases
END_SURFBASE
```

Если конфигурационный файл планеты имеет список наземных баз, стандартная папка, в которой должны быть файлы баз по умолчанию *не будет* просканирована, если только путь к ней не указан в списке баз.

- Ссылка на файл базы может быть помещена прямо в список баз в следующем формате:

```
<fname>:<lng> <lat>
```

где `<fname>` имя конфигурационного файла базы: `Config\<fname>.cfg`, а `<lng>` и `<lat>` экваториальные координаты базы (долгота и широта соответственно), указанные в градусах. Если вы используете этот формат, помните о том, что конфигурационный файл базы обязательно должен находиться к папке `Config`.

NEW! Выборочная загрузка баз

Чтобы получить контроль над тем, какие именно базы следует загружать, а какие – нет, можно использовать два дополнительных флага для тэга `DIR` в списке баз планеты:

- Параметром `PERIOD` определяется интервал времени. Соответствующая папка будет просканирована только в том случае, если дата, указанная в загружаемом сценарии попадает в указанный интервал. Это позволяет подменять описания баз для конкретного периода времени, например, настроить внешний вид Космического центра им. Кеннеди таким, каким он был во времена лунных миссий «Аполлон».

Синтаксис:

```
DIR <folder> PERIOD <mjd0> <mjd1>
```

где <mjd0> и <mjd1> начальная и конечная даты определяемого периода времени в формате MJD (Модифицированный Юлианский календарь, Modified Julian Date). Для того, чтобы создать период времени, открытый с одной стороны, поставьте вместо соответствующей даты прочерк '-'.
• Параметром CONTEXT определяется контекст сценария. Соответствующая папка будет просканирована только в том случае, если загружаемый сценарий имеет указанный контекст (см. раздел 22.7). Это позволяет добавлять или заменять наземные базы только для определенных сценариев.

Синтаксис:

```
DIR <folder> CONTEXT <string>
```

где <string> строка контекста, которая должна совпасть с контекстом сценария.

Параметры PERIOD и CONTEXT могут быть использованы совместно. В этом случае соответствующая папка будет просканирована, если загружаемый сценарий удовлетворяет обоим условиям.

Примеры:

```
BEGIN_SURFBASE
DIR Earth\1969Base PERIOD 40222 42048
DIR Earth\TempBases CONTEXT RichScenery
DIR Earth\OtherBases PERIOD - 40000 CONTEXT EarlyBases
DIR Earth\Base
END_SURFBASE
```

Имейте в виду, что при решении задачи переопределения стандартных баз на новые, порядок следования элементов списка наземных баз имеет значение.

22.5 Добавление объектов в наземную базу

Наземные базы состоят из объектов (здания, ж/д линии, ангары, взлетные площадки и т.п.). Для описания этих объектов в конфигурационном файле базы предусмотрен список объектов базы:

```
BEGIN_OBJECTLIST
<Object 0>
<Object 1>
...
<Object n-1>
END_OBJECTLIST
```

Каждый элемент списка определяет свойства отдельного объекта (его тип, расположение, размер, текстуры и т.п.). Объект может иметь предопределенный тип или же может быть описан во внешнем .msh-файле. Каждый элемент списка объектов должен иметь следующий формат:

```
<Type>
<Parameters>
END
```



Имейте в виду, что текстуры, которые используют объекты базы должны быть включены список текстур в файле *Base.cfg*.

В настоящее время поддерживаются следующие типы стандартных объектов:

BLOCK

Этакий 5-сторонний «кирпич» (без нижней стороны), который может быть использован как простое стандартное здание или как часть более сложной структуры. Поддерживаются следующие параметры:

Параметр	Тип	Описание
POS	V	Позиция объекта, центр нижней грани (в локальных координатах базы). Координата у является высотой над землей. По умолчанию: 0 0 0
SCALE	V	Масштаб объекта по трем координатным осям. По умолчанию: 1 1 1
ROT	F	Разворот вокруг вертикальной оси (градусы). По умолчанию: 0
TEX1	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для стен вдоль оси x. По умолчанию: отсутствует
TEX2	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для стен вдоль оси z. По умолчанию: отсутствует
TEX3	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для крыши. По умолчанию: отсутствует

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, S=Строка)

HANGAR

Здание в виде ангара с бочкообразной крышей. Поддерживаются следующие параметры:

Параметр	Тип	Описание
POS	V	Позиция объекта, центр нижней грани (в локальных координатах базы). Координата у является высотой над землей. По умолчанию: 0 0 0
SCALE	V	Масштаб объекта по трем координатным осям. По умолчанию: 1 1 1
ROT	F	Разворот вокруг вертикальной оси (градусы). По умолчанию: 0
TEX1	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для стен. По умолчанию: отсутствует
TEX2	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для фронтальных ворот. По умолчанию: отсутствует
TEX3	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для крыши. По умолчанию: отсутствует

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, S=Строка)

HANGAR2

Здание в виде ангара с крышей в виде тента. Поддерживаются следующие параметры:

Параметр	Тип	Описание
POS	V	Позиция объекта, центр нижней грани (в локальных координатах базы). Координата у является высотой над землей. По умолчанию: 0 0 0
SCALE	V	Масштаб объекта по трем координатным осям. По умолчанию: 1 1 1
ROT	F	Разворот вокруг вертикальной оси (градусы). По умолчанию: 0
TEX1	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для передней и задней стен. По умолчанию: отсутствует
TEX2	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для боковых стен. По умолчанию: отсутствует
TEX3	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для крыши. По умолчанию: отсутствует
ROOFH	F	Высота тента крыши. По умолчанию: ½ высоты здания.

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, S=Строка)

HANGAR3

Здание в виде бочкообразного ангара. Поддерживаются следующие параметры:

Параметр	Тип	Описание
POS	V	Позиция объекта, центр нижней грани (в локальных координатах базы). Координата у является высотой над землей. По умолчанию: 0 0 0
SCALE	V	Масштаб объекта по трем координатным осям. По умолчанию: 1 1 1
ROT	F	Разворот вокруг вертикальной оси (градусы). По умолчанию: 0
TEX1	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для передней и задней стен. По умолчанию: отсутствует [не поддерживается!]
TEX2	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для фронтальных ворот. По умолчанию: отсутствует [не поддерживается!]
TEX3	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для крыши. По умолчанию: отсутствует

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, S=Строка)

TANK

Топливный резервуар в виде вертикального цилиндра с плоской крышей. Поддерживаются следующие параметры:

Параметр	Тип	Описание
POS	V	Позиция объекта, центр нижней грани (в локальных координатах базы). Координата у является высотой над землей. По умолчанию: 0 0 0
SCALE	V	Масштаб объекта по трем координатным осям. По умолчанию: 1 1 1
ROT	F	Разворот вокруг вертикальной оси (градусы). По умолчанию: 0
NSTEP	I	Количество сторон цилиндра. По умолчанию: 12
TEX1	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для боковой поверхности. По умолчанию: отсутствует
TEX2	S F F	Имя текстуры и масштабирующие факторы u,v для верхней грани.

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, I=Целое число, S=Строка)

RUNWAY

Текстурированная взлетно-посадочная полоса. Текстура полосы может быть разбита на кусочки, что позволяет добавлять маркеры, разметку, пересечения с другими ВПП и т.п. Это определение *не включает* в себя огни ВПП (см. объект RUNWAYLIGHTS).

Параметр	Тип	Описание
END1	V	Координаты начала ВПП (по центральной линии), включая все, что должно быть оттекстурировано.
END2	V	Координаты конца ВПП (по центральной линии).
WIDTH	F	Ширина ВПП [м]
ILS1	F	Частота маяка системы ILS при подходе со стороны торца END1 (диапазон от 108.00 до 139.95). По умолчанию: система ILS отсутствует
ILS2	F	Частота маяка системы ILS при подходе со стороны торца END2 (диапазон от 108.00 до 139.95). По умолчанию: система ILS отсутствует
NRWSEG	I	Количество сегментов текстуры
RWSEGx	I F F F F F	Определение сегмента текстуры x (x = 1...NRWSEG). Параметры: 1. Количество сегментов ВПП, покрываемых этим сегментом текстуры (≥1) 2. Относительная длина сегмента (сумма длин всех сегментов должна равняться 1) 3. Текстурированная координата u_0 для данного сегмента

		4. Текстура координата u_1 5. Текстура координата v_0 6. Текстура координата v_1
RWTEX	S	Имя текстуры для всех сегментов.

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, I=Целое число, S=Строка)

RUNWAYLIGHTS

Полный комплект огней для взлетно-посадочной полосы, включая огни системы Precision Approach Path Indicator (PAPI) и Visual Approach Slope Indicator (VASI) – см. раздел 16.6. Маркеры ВПП включены только в ночное время, огни систем PAPI и VASI светятся всегда.

Параметр	Тип	Описание
END1	V	Координаты начала ВПП (по центральной линии).
END2	V	Координаты конца ВПП (по центральной линии).
WIDTH	F	Ширина ВПП [м]
COUNT1	I	Количество огней вдоль центральной линии ВПП (≥ 2). По умолчанию: 40
PAPI	F F F	Параметры системы Precision Approach Path Indicator (PAPI). По умолчанию: система PAPI отсутствует. Параметры: 1. Угол снижения глиссады [градусы] 2. Апертура конуса подхода [градусы] 3. Сдвиг огней PAPI относительно торца ВПП [м]
VASI	F F F	Параметры системы Visual Approach Slope Indicator (VASI). По умолчанию: система VASI отсутствует. Параметры: 1. Угол снижения глиссады [градусы] 2. Расстояние между белым и красным индикаторными огнями [м] 3. Сдвиг красного огня системы VASI (red bar) относительно торца ВПП [м]

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, I=Целое число)

BEACONARRAY

Отрезок прямой линии, состоящий из светящихся огней, может использоваться, например, для ночной подсветки рулежных дорожек.

Параметр	Тип	Описание
END1	V	Начальная точка отрезка (в локальных координатах базы). Координата y является высотой над землей.
END2	V	Конечная точка отрезка
COUNT	I	Количество огней в отрезке (≥ 2). По умолчанию: 10
SIZE	F	Размер (радиус) каждого огня. По умолчанию: 1.0
COL	F F F	Цвет огней (RGB). Диапазон значений: от 0 до 1 для каждого цветового элемента. По умолчанию: 1 1 1 (белый)

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, I=Целое число)

SOLARPLANT

Сеть наземных панелей солнечных батарей. Панели всегда развернуты в сторону Солнца. Поддерживаются следующие параметры:

Параметр	Тип	Описание
POS	V	Координаты центра. По умолчанию: 0 0 0
SCALE	F	Масштабирующий фактор для каждой панели. По умолчанию: 1
SPACING	F F	Расстояние между панелями в горизонтальных направлениях x и z . По умолчанию: 40 40
GRID	I I	Размерность сетки в направлениях x и z . По умолчанию: 2 2
ROT	F	Разворот вокруг вертикальной оси (градусы). По умолчанию: 0

TEX	S [F F]	Имя текстуры панелей и масштабирующие факторы u,v. По умолчанию: отсутствует
-----	---------	--

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, I=Целое число, S=Строка)

TRAIN1

Монорельсовая железная дорога. Путь может быть только прямым. Поддерживаются следующие параметры:

Параметр	Тип	Описание
END1	V	Координаты начала пути
END2	V	Координаты конца пути
MAXSPEED	F	Максимальная скорость поезда [м/с]. По умолчанию: 30
SLOWZONE	F	Дистанция, с которой поезд начинает снижать скорость перед концом пути [м]. По умолчанию: 100
TEX	S	Имя текстуры

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, S=Строка)

TRAIN2

Подвесная железная дорога. Путь может быть только прямым. Поддерживаются следующие параметры:

Параметр	Тип	Описание
END1	V	Координаты начала пути
END2	V	Координаты конца пути
HEIGHT	F	Высота подвески над землей [м]. По умолчанию: 11
MAXSPEED	F	Максимальная скорость поезда [м/с]. По умолчанию: 30
SLOWZONE	F	Дистанция, с которой поезд начинает снижать скорость перед концом пути [м]. По умолчанию: 100
TEX	S	Имя текстуры

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, S=Строка)

LPAD1

Посадочная площадка восьмиугольной формы с бордюром. Диаметр по умолчанию 80 м (при масштабирующем факторе 1). Посадочные площадки нумеруются в соответствии с порядком, в котором они перечислены в списке объектов. Номера площадок могут принимать значения от 1 до 9. Разметку текстуры можно посмотреть в файле Textures\Lpad01.dds.

Параметр	Тип	Описание
POS	V	Координаты центра площадки (в локальной координатной системы базы).
SCALE	F	Масштабирующий фактор. По умолчанию: 1
ROT	F	Разворот вокруг вертикальной оси (градусы). По умолчанию: 0
TEX	S	Имя текстуры. По умолчанию: отсутствует
NAV	F	Частота [МГц] навигационного маяка площадки VTOL (диапазон возможных значений: 85.0-140.0, по умолчанию: отсутствует)

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, S=Строка)

LPAD2

Посадочная площадка квадратной формы. Размер по умолчанию 80 м (при масштабирующем факторе 1). Посадочные площадки нумеруются в соответствии с порядком, в котором они перечислены в списке объектов. Номера площадок могут принимать значения от 1 до 9. Разметку текстуры можно посмотреть в файле Textures\Lpad02.dds.

Параметр	Тип	Описание
POS	V	Координаты центра площадки (в локальной координатной системы базы).
SCALE	F	Масштабирующий фактор. По умолчанию: 1

ROT	F	Разворот вокруг вертикальной оси (градусы). По умолчанию: 0
TEX	S	Имя текстуры. По умолчанию: отсутствует
NAV	F	Частота [МГц] навигационного маяка площадки VTOL (диапазон возможных значений: 85.0-140.0, по умолчанию: отсутствует)

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, S=Строка)

LPAD2A

То же, что и LPAD2, но с другим расположением текстуры, обеспечивающим более высокое разрешение при том же размере текстуры. Расположение текстуры можно посмотреть в файле Textures\Lpad02a.dds. Параметры посадочной площадки – те же, что и для LPAD2.

MESH

Произвольная модель. Msh-файл должен удовлетворять формату ORBITER mesh file format, .msh (см. документацию *3DModel.pdf* в пакете Orbiter SDK).

Параметр	Тип	Описание
FILE	S	Имя .msh-файла (без пути и расширения). Файл должен находиться в папке \Meshes (см. главный конфигурационный файл).
POS	V	Позиция объекта (в локальных координатах базы).
SCALE	V	Масштабирующие факторы в горизонтальных направлениях x и z, и в вертикальном направлении y. По умолчанию: 1 1 1
ROT	F	Разворот вокруг вертикальной оси (градусы). По умолчанию: 0
TEX	S	Имя текстуры. По умолчанию: отсутствует
SHADOW		Показывать тень на земле от объекта.
UNDERSHADOWS		Объект может быть накрыт тенями других объектов (применимо для дорог, посадочных площадок и т.п.). По умолчанию: объект не может быть накрыт тенями других объектов.
OWNMATERIAL		Использовать материалы и текстуры, определенные в mesh-файле. Этот флаг перекрывает действие параметра TEX.
LPAD		Объект является посадочной площадкой.
PRELOAD		Mesh-файл будет загружен при запуске симулятора. Установка данного флага может снизить активность винчестера во время симуляции, т.к. файл не будет подгружаться «на ходу». По умолчанию файл загружается только тогда, когда потребуется.

NEW!

(V=Вектор, F=Число с плавающей точкой, S=Строка)

Примечания:

- Если модель использует только одну текстуру, целесообразнее указать ее параметром TEX, а не пользоваться флагом OWNMATERIAL, потому что Орбитер может объединять объекты с одинаковыми текстурами для повышения быстродействия.

22.6 Добавление маркеров

Вы можете определить список надписей для маркирования объектов на небесной сфере (например, для обозначения ярких звезд, навигационных звезд, туманностей и т.п.), или на поверхности планеты для обозначения объектов ландшафта, исторических мест посадки космических кораблей, навигационных точек и т.п.

Маркеры видны пользователю после того, как он нажмет кнопку **F9** или **Ctrl F9**.

Все маркеры определяются конфигурационными файлами, которые должны быть расположены в определенных папках. По умолчанию путь к этим файлам `.\Config\<<name>\Marker\`, где `<name>` имя планетной системы (для маркеров небесной сферы) или планеты (для маркеров поверхности планеты). Вы можете указать другое расположение файлов маркеров, используя параметр `MarkerPath` в конфигурационном файле планетной системы (см. раздел 22.3). Файлы маркеров должны иметь расширение `.mkr`. Для одной планеты или для планетной системы

можно определить несколько файлов, которые пользователь сможет подключать индивидуально. Файлы маркеров должны иметь следующий формат (текст ASCII):

```
BEGIN_HEADER
  InitialState [on/off]
  ShapeIdx [0 .. 6]
  ColourIdx [0 .. 5]
  Size [0.1 .. 2]
  DistanceFactor [1e-5 .. 1e3]
  Frame [celestial/ecliptic]
END_HEADER
BEGIN_DATA
  <lng> <lat> : <label> [: <label>]
  <lng> <lat> : <label> [: <label>]
  ...
```

Заголовок содержит следующие параметры:

- **InitialState** определяет, должны ли быть маркеры изначально видимы, когда пользователь нажмет **Ctrl F9**. Пользователь может включать и выключать списки во время симуляции. Значение по умолчанию "off".
- **ShapeIdx**: целое число от 0 до 6, определяющее форму маркеров.
 - 0 квадрат (по умолчанию)
 - 1 окружность
 - 2 ромб
 - 3 дельта
 - 4 набла
 - 5 плюс
 - 6 крест
- **ColourIdx**: целое число от 0 до 5, определяющее цвет маркеров. По умолчанию 1.
- **Size**: Размер маркеров, масштабирующий фактор. По умолчанию 1.0.
- **DistanceFactor**: фактор, определяющий расстояние, с которого видны маркеры. По умолчанию 1.0.
- **Frame** (только для маркеров небесной сферы): определяет систему отсчета, в которой приведены координаты маркеров в списке.
 - ecliptic: координаты являются эклиптическими долготой и широтой
 - celestial (по умолчанию): небесные координаты, высота и склонение относительно экватора J2000 и точки весеннего равноденствия.

Каждый параметр в заголовочной части файла является необязательным. Если его значение не указано, используется значение по умолчанию. Сама заголовочная часть также может быть опущена, в этом случае флаг BEGIN_DATA также не нужен.

В разделе данных (начинается после флага BEGIN_DATA) каждая строка определяет один маркер. Строка состоит из экваториальной позиции: долгота (в градусах, восточные долготы положительны, западные – отрицательны), широта (в градусах, северные широты положительны, южные – отрицательны), и одного или двух строковых значений – надписей, которые будут показываться над и под маркером.

22.7 Файлы сценариев

Сценарий содержит все параметры, необходимые для того, чтобы полностью описать симуляцию на определенный момент времени. Файлы сценариев позволяют сохранять и восстанавливать (загружать) состояние симуляции. Обычно пользуются теми сценариями, которые Орбитер создает автоматически при сохранении симуляции. Описание формата файла сценария, приведенное в данном разделе адресовано, в основном, разработчикам различных редакторов сценариев.

Формат:

```
<Description block>
<Environment block>
<Focus block>
<Camera block>
```

<Panel block>
<VC block>
<HUD block>
<Left MFD block>
<Right MFD block>
<Ship list>

Блок Description (опциональный):

Содержит краткое описание сценария.

```
BEGIN_DESC  
  <Description>  
END_DESC
```

<Description>: ASCII-текст, описывающий сценарий. Перевод строки будет показан как пробел, а пустая строка будет показана как перевод строки. Описание сценария показывается в диалоге «Стартовая площадка» (Launchpad dialog) при выборе сценария из списка.

Блок Environment (опциональный):

Описывает параметры «внешней среды» симуляции (время, контекст...).

```
BEGIN_ENVIRONMENT  
  <Environment parameters>  
END_ENVIRONMENT
```

<Environment parameters>:

Параметр	Тип	Описание
SYSTEM	S	Имя планетной системы. Ожидается, что существует одноименный конфигурационный файл для данной планетной системы. По умолчанию: "Sol" (т.е. Солнечная система).
DATE		Начальный момент времени симуляции. Допустимы следующие форматы: MJD <mjd> (<mjd>: Modified Julian Date) JD <jd> (<jd>: Julian Date) JE <je> (<je>: Julian Epoch) По умолчанию используется текущее системное время, но этого следует избегать, т.к. сценарий часто содержит объекты, положение и скорость которых определены векторами, которые не могут быть правильно экстраполированы на любое время.
CONTEXT	S	Опциональная строка контекста, в котором следует исполнять данный сценарий. Этот параметр можно использовать для тонкой настройки планетной системы, например, для выборочной загрузки космопортов.

NEW!

Блок Focus (обязательный):

Определяет космический корабль, которым в данный момент управляет пользователь.

```
BEGIN_FOCUS  
  <Focus parameters>  
END_FOCUS
```

<Focus parameters>:

Параметр	Тип	Описание
SHIP	S	Имя корабля, которым управляет пользователь. Ожидается, что корабль есть в списке кораблей данного сценария (см. ниже).

Блок Camera (опциональный):

Параметры и режим камеры. Если данный блок отсутствует, камера будет установлена в режим вида из кокпита того корабля, который описан в блоке Focus.

```
BEGIN_CAMERA  
  <Camera parameters>
```

END_CAMERA

<Camera parameters>:

Параметр	Тип	Описание
MODE	Flag	Режим камеры, может принимать значения Extern или Cockpit
TARGET	S	Имя объекта, сопровождаемого камерой (только для режима Extern; если камера определена в режиме Cockpit, она привязана к объекту, описанному в блоке Focus)
POS	V	Позиция камеры относительно сопровождаемого объекта (только для режима Extern)
TRACKMODE	Flag [+String]	Вариант сопровождения объекта, может принимать значения TargetRelative или AbsoluteDirection или GlobalFrame или TargetTo <ref> или TargetFrom <ref> или Ground <ref> (только для режима Extern)
GROUNDLOCATION	F F F	Долгота (град.), широта (град.) и высота над землей (м) камеры наземного наблюдения (только для режима сопровождения Ground)
GROUNDIRECTION	F F	Полярные координаты, задающие ориентацию (разворот) камеры наземного наблюдения (только для режима сопровождения Ground без объекта сопровождения)
FOV	F	Ширина поля зрения (град.)

Блок Panel (опциональный):

Этот блок содержит параметры приборных 2D-панелей. Если блок отсутствует наряду с блоком VC (блок описания виртуального кокпита), Орбитер покажет стандартный кокпит (два МФД + ИЛС).

BEGIN_PANEL

<Panel parameters>

END_PANEL

В настоящее время никаких параметров в блоке Panel не поддерживается.

Блок виртуального кокпита VC (опциональный):

Параметры виртуального кокпита. Если блок отсутствует наряду с блоком Panel (блок описания приборных 2D-панелей), Орбитер покажет стандартный кокпит (два МФД + ИЛС).

BEGIN_VC

<VC parameters>

END_VC

В настоящее время никаких параметров в блоке VC не поддерживается.

Блок HUD (опциональный):

Режим и параметры ИЛС (HUD). Если блок HUD отсутствует, ИЛС будет выключен (т.е. не будет показываться).

BEGIN_HUD

<HUD parameters>

END_HUD

<HUD parameters>:

Параметр	Тип	Описание
TYPE	Flag	Режим ИЛС, возможны значения Orbit или Surface или Docking

Блоки левого и правого МФД, Left/Right MFD (опциональные):

Описывают режимы и параметры для обоих дисплеев МФД. Если блок отсутствует, соответствующий МФД будет выключен (т.е. не будет показываться). Имейте в виду, что различные МФД (особенно сторонних разработчиков) могут иметь различный набор параметров.

```
BEGIN_MFD Left/Right
  <MFD parameters>
END_MFD
```

<MFD parameters>:

Параметр	Тип	Описание
TYPE	Flag	Режим (или тип) МФД, может принимать значения: Orbit или Surface или Map или Launch или Docking или OAlign или OSync или Transfer
REF	S	Имя базового объекта системы отсчета (только для МФД Orbit или Map)
TARGET	S	Имя объекта-цели (только для МФД Orbit, OAlign или OSync)
BTARGET	S	Имя целевого космопорта (только для МФД Map)
OTARGET	S	Имя орбитального объекта-цели (только для МФД Map)
PROJ	Flag	Ecliptic или Ship или Target (только для МФД Orbit)
MODE	Flag	Режим работы, варианты: Intersect 1 или Intersect 2 или Sh periapsis или Sh apoapsis или Tg periapsis или Tg apoapsis или Manual axis (только для МФД OSync)
MANUALREF	F	Угловая позиция опорного вектора [град.] (только для МФД OSync в режиме Manual axis)
LISTLEN	I	Количество витков (только для МФД OSync)

Список кораблей:

Список кораблей, участвующих в симуляции. Ожидается список, по меньшей мере, из одного элемента – корабля, указанного в блоке Focus.

```
BEGIN_SHIPS
  <Ship 0>
  <Ship 1>
  ...
  <Ship n-1>
END_SHIPS
```

Элемент списка <Ship i>:

```
<Vessel name>[: <Class name>]
  <Vessel parameters>
END
```

<Vessel name>: уникальное имя корабля

<Class name>: имя класса корабля. Если имя класса не указано, ожидается, что имя класса совпадает с именем корабля и присутствует конфигурационный файл <vessel name>.

<Vessel parameters>:

Параметр	Тип	Описание
STATUS	Flag	Статус корабля: Landed <planet> или Orbiting <planet>
BASE		<base>: <lpad> (применимо только для статуса Landed)
HEADING	F	Ориентация (применимо только для статуса Landed)
RPOS	V	Позиция корабля по отношению к началу системы отсчета (применимо только для статуса Orbiting)
RVEL	V	Скорость корабля по отношению к началу системы отсчета (применимо только для статуса Orbiting)
ELEMENTS	List	Элементы орбиты корабля. Это – альтернативный способ задания скорости и положения корабля (может

		применяться вместо параметров RPOS и RVEL для кораблей, имеющих статус <code>Orbiting</code>). Список состоит из 7 элементов: главная полуось a [м], эксцентриситет e , наклонение i [°], долгота восходящего узла Ω [°], долгота перицентра ϖ [°], средняя долгота на опорный момент времени [°], опорный момент времени в формате MJD.
AROT	V	Ориентация, углы вращения корабля (только для статуса <code>Orbiting</code>)
VROT	V	Угловая скорость вращения [°/с] (только для статуса <code>Orbiting</code>)
FUEL	F	Уровень топлива (от 0 до 1). Этот параметр устанавливает уровень топлива во всех баках корабля. Если уровень топлива в баках необходимо задать индивидуально, следует использовать параметр PRPLEVEL.
PRPLEVEL	List	Список топливных баков корабля. Каждый элемент списка имеет формат <code><id>: <level></code> , где <code><id></code> идентификатор бака (в порядке создания баков в модели корабля), а <code><level></code> уровень топлива в этом баке (от 0 до 1). Пустые баки можно не указывать.
THLEVEL	List	Список двигателей корабля. Каждый элемент списка имеет формат <code><id>: <level></code> , где <code><id></code> идентификатор двигателя (в порядке создания двигателей в модели корабля), а <code><level></code> уровень тяги этого двигателя (от 0 до 1). Выключенные двигатели можно не указывать.
DOCKINFO	List	Список состояний стыковочных узлов. Каждый элемент списка имеет формат <code><id>: <rid>, <rvesse/</code> где <code><id></code> идентификатор стыковочного узла, <code><rid></code> идентификатор ответного стыковочного узла на пристыкованном корабле, <code><rvesse/</code> имя пристыкованного корабля. В списке должны быть только «занятые» стыковочные узлы. См. также примечания ниже.

Имейте в виду, что различные типы кораблей могут иметь различные индивидуальные дополнительные параметры.

Стыковка кораблей

Есть два способа определить составные конструкции, состоящие из состыкованных друг с другом кораблей:

- Расположить корабли таким образом, чтобы их стыковочные узлы совпали в пространстве (соответственно подобрав для обоих кораблей параметры RPOS, RVEL, AROT и VROT). Орбитер автоматически состыкует корабли, чьи стыковочные узлы оказались достаточно близко друг от друга.
- Определить список DOCKINFO для обоих кораблей так, чтобы они ссылались друг на друга. Орбитер последовательно состыкует корабли. **Важно:** параметры RPOS, RVEL, AROT и VROT первого корабля, входящего в составную конструкцию, определяют скорость и положение всей конструкции. Параметры всех последующих кораблей, входящих в этот же ансамбль, игнорируются и могут быть опущены.

Приложение А Краткое описание дисплеев МФД

NAV/COM

NAV Receiver Stack

NAV1: 112.70 kHz
VOR KSCX

NAV2: 134.20 kHz
ILS Rwy 33 Cape Canaveral

NAV3: 112.20 kHz
VOR ORL

NAV4: 108.00 kHz
XPDR SH-03

XPDR Transmitter
XPDR: 124.10 kHz

Controls: PWR, SEL, MNU

Legend:

- Пр. приемник: Shift [R]
- Сл. приемник: Shift [.]
- Ум. на 0.05MHz: Shift [I]
- Ум. на 1MHz: Shift [-]
- Ув. на 0.05MHz: Shift [J]
- Ув. на 1MHz: Shift [=]

Orbit

Orbit: Earth Frm ECL Prj SHP

---SELF---

SMA 8.096M SM1 7.952M PeR 6.579M ApR 9.613M Rad 6.595M Ecc 0.1874 T 7.289k PeT 7.112k ApT 3.487k Vel 8.464k Inc 32.54 LAN 215.82 LPe 334.10 ApP 137.28 TrA 10.14 TrL 344.24 MnA 6.83 MnL 340.92

---TARGET---

SMA 6.734M SM1 6.734M PeR 6.731M ApR 6.736M Rad 6.733M Ecc 0.0004 T 5.499k PeT 1.183k ApT 3.933k Vel 7.694k Inc 74.51 LAN 169.01 LPe 337.73 ApP 168.72 TrA 282.50 TrL 260.23 MnA 282.54 MnL 260.27

G 1.00

Controls: PWR, SEL, MNU

Legend:

- Выбор тела отсчета: Shift [R]
- Автовывбор тела отсчета: Shift [A]
- Выбр цели: Shift [T]
- Сброс цели: Shift [N]
- Режим вывода: Shift [M]
- Система отсчета: Shift [F]
- Режим проекции орбиты: Shift [P]
- Режим показа дистанций (высота или радиус): Shift [D]

HSI

HSI

NAV1 112.70kHz VOR KSCX

NAV2 134.20kHz ILS Rwy 33 Cape Canaveral

CRS 306° BRG 140° DEV 14° DST 22.65k

CRS 330° BRG 150° DEV 00° DST 426.3

Controls: PWR, SEL, MNU

Legend:

- Левый/правый индикатор HSI: Shift [F]
- Выбор приемн. NAV: Shift [N]
- Поворот OBS влево: Shift [I]
- Поворот OBS вправо: Shift [J]

VOR/VTOL

Выбрать
приемник
NAV
Shift N



Docking

Выбор NAV-
приемника
Shift N

Визуальный
режим
Shift V

Выбор цели
Shift T



Surface

Индикаторная
скорость
airspeed (IAS)
Shift I

Истинная
скорость
(TAS)
Shift T

Относит.
скорость (GS)
Shift G

Орбитальная
скорость (OS)
Shift O



Map

Map: Earth

Target base: Cape Canaveral
Pos: 80.67°W 28.52°N
Dst: 4.221M (37.96°)
Dir: 264.44°

Target orbit: ISS
Pos: 120.70°W 51.08°N
Alt: 362.3k

Выбрать планету: Shift R

Выбрать цель: Shift T

Режим слежения: Shift K

Увеличение: Shift Z

Прокр. влево: Shift I

Прокр. вправо: Shift J

Прокрутка вверх: Shift -

Прокрутка вниз: Shift =

Align orbital planes

Align orbital plane

Target: ISS

Current:	Target:
Inc 51.89°	Inc 74.51°
LAN 179.53°	LAN 169.03°

Relative:

RInc 24.45°
Rate +0.017°/s
AN 69.48°
DN 110.52°
Tn 1.997k
Tth 196.7

Выбрать объект-цель: Shift T

Ввести элементы орбиты: Shift E

Synchronise orbits

Sync Orbit: ISS

Ref: Intersect 1	Ob Sh-ToR	Tg-ToR
RAnm 24.30°	0	3.066k 184.7
DLng 154.42°	1	11.08k 5.676k
Dist 16.37M	2	19.08k 11.17k
RVel 12.84k	3	27.09k 16.66k
DTime 92.27	4	35.10k 22.15k

RInc 0.01°

Выбрать объект-цель: Shift T

Переключ. точки пересечения: Shift M

Выбр. виток: Shift N

Вращ. опорного вект.: Shift ,

Вращ. опорного вект.: Shift .

Transfer

Выбор центр. тела Shift R	Обновить траекторию Shift U
Выбор исх. орбиты Shift S	Шаг времени Shift Z
Выбор цели Shift T	Поворот старт. точки Shift ,
Сброс цели Shift N	Поворот старт. точки Shift .
Вкл./выкл. показ НТО Shift X	Умен. ΔV Shift -
Цифровая траектория Shift M	Увел. ΔV Shift =

Ascent

Выбрать страницу Shift P	PG
Диапазон высоты Shift A	AR
Диапазон радиальной скорости Shift R	VRR
Диапазон тангенц. скорости Shift T	VTR

TransX

Справка Shift R	Увел. ТОЧНОСТЬ Shift I
След. навиг. сцена Shift F	Умен. ТОЧНОСТЬ Shift L
Пред. навиг. сцена Shift R	Увел. перем. Shift =
Выбрать вид Shift W	Умен. перем. Shift -
След. перем. Shift .	Переключ. ВИД Shift X
Пред. перем. Shift ,	

Приложение В Солнечная система: константы и параметры

В этом разделе приведены физические и орбитальные параметры планет, используемые симулятором при построении Солнечной системы.

В.1 Астродинамические константы и параметры

Константа	Обозначение	Значение
Julian day	d	86400 s
Julian year	yr	365.25 d
Julian century	Cy	36525 d
Speed of light	c	299792458 m/s
Gaussian gravitational constant	k	0.01720209895 (AU ³ /d ²) ^{1/2}

Таблица 1: Определения используемых физических констант

Константа	Обозначение	Значение
Средний солнечный день		86164.09054 s = 23:56:04.09054
Sidereal year (quasar ref. frame)		365.25636 d
Light time for 1 AU	τ_A	499.004783806 (± 0.00000001) s
Гравитационная постоянная	G	6.67259 (± 0.00030) $\times 10^{-11}$ kg ⁻¹ m ³ s ⁻²
General precession in longitude		5028.83 (± 0.04) arcsec/Cy
Obliquity of ecliptic (J2000)	ϵ	84381.412 (± 0.005) arcsec
Mass: Sun / Mercury		6023600. ($\pm 250.$)
Mass: Sun / Venus		408523.71 (± 0.06)
Mass: Sun / (Earth+Moon)		328900.56 (± 0.02)
Mass: Sun / (Mars system)		3098708. ($\pm 9.$)
Mass: Sun / (Jupiter system)		1047.3486 (± 0.0008)
Mass: Sun / (Saturn system)		3497.898 (± 0.018)
Mass: Sun / (Uranus system)		22902.98 (± 0.03)
Mass: Sun / (Neptune system)		19412.24 (± 0.04)
Mass: Sun / (Pluto system)		1.35 (± 0.07) $\times 10^8$
Mass: Moon / Earth		0.012300034 ($\pm 3 \times 10^{-9}$)

Таблица 2: Первичные константы

Константа	Обозначение	Значение
Astronomical unit distance	$c \times \tau_A = \text{AU}$	1.49597870691 $\times 10^{11}$ (± 3) m
Heliocentric gravitational constant	$k^2 \text{AU}^3 \text{d}^{-2} = \text{GM}_{\text{Sun}}$	1.32712440018 $\times 10^{20}$ ($\pm 8 \times 10^9$) m ³ s ⁻²
Mass: Earth / Moon		81.30059 (± 0.00001)

Таблица 3: Вторичные (составные) константы

Примечания:

Данные, полученные из 1994 IAU являются лучшими приближениями на сегодняшний день. Расположение планет определяет соотношение масс Земля/Луна. Значение 1 AU взято из JPL, текущие планетарные эфемериды DE-405.

Источники:

Standish, E.M. (1995) "Report of the IAU WGAS Sub-Group on Numerical Standards", in Highlights of Astronomy (I. Appenzeller, ed.), Table 1, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

В.2 Средние орбиты планет (эпоха J2000)

(Эпоха = J2000 = 2000 January 1.5)

Планета	a [AU]	e	i [deg]	Ω [deg]	ϖ [deg]	L [deg]
Mercury	0.38709893	0.20563069	7.00487	48.33167	77.45645	252.25084
Venus	0.72333199	0.00677323	3.39471	76.68069	131.53298	181.97973
Earth	1.00000011	0.01671022	0.00005	-11.26064	102.94719	100.46435
Mars	1.52366231	0.09341233	1.85061	49.57854	336.04084	355.45332
Jupiter	5.20336301	0.04839266	1.30530	100.55615	14.75385	34.40438

Saturn	9.53707032	0.05415060	2.48446	113.71504	92.43194	49.94432
Uranus	19.19126393	0.04716771	0.76986	74.22988	170.96424	313.23218
Neptune	30.06896348	0.00858587	1.76917	131.72169	44.97135	304.88003
Pluto	39.48168677	0.24880766	17.14175	110.30347	224.06676	238.92881

Таблица 4: Средние орбиты планет

В.3 Размер изменений элементов орбит за столетие

(Для средних значений элементов орбит, приведенных выше).

Планета	a [AU/Cy]	e [1/Cy]	i ["/Cy]	Ω ["/Cy]	ϖ ["/Cy]	L ["/Cy]
Mercury	0.00000066	0.00002527	-23.51	-446.30	573.57	538101628.29
Venus	0.00000092	-0.00004938	-2.86	-996.89	-108.80	210664136.06
Earth	-0.00000005	-0.00003804	-46.94	-18228.25	1198.28	129597740.63
Mars	-0.00007221	0.00011902	-25.47	-1020.19	1560.78	68905103.78
Jupiter	0.00060737	-0.00012880	-4.15	1217.17	839.93	10925078.35
Saturn	-0.00301530	-0.00036762	6.11	-1591.05	-1948.89	4401052.95
Uranus	0.00152025	-0.00019150	-2.09	-1681.40	1312.56	1542547.79
Neptune	-0.00125196	0.0000251	-3.64	-151.25	-844.43	786449.21
Pluto	-0.00076912	0.00006465	11.07	-37.33	-132.25	522747.90

- “ угловые секунды
 Cy Юлианское столетие
 a большая полуось
 e эксцентриситет
 i наклонение
 Ω долгота восходящего узла
 ϖ долгота перигелия
 L средняя долгота

Примечания:

Таблица содержит усредненные за 250 лет орбиты. Это решение соответствует планетам земной группы с точностью до ~25" или выше, но для Сатурна достигает точности только ~600". Элементы приведены относительно средней эклиптики и равноденствия J2000 в эпохе J2000 (2451545.0 JD).

Источники:

Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac. 1992. K. P. Seidelmann, Ed., p.316 (Table 5.8.1), University Science Books, Mill Valley, California.

В.4 Планеты: Некоторые физические параметры

Планета	Средний радиус [км]	Масса [10^{23} кг]	Плотность [г/см ³]	Длительность дня [ч]	Длительность года [г]
Mercury	2440. ±1.	3.301880	5.427	1407.509	0.2408445
Venus	6051.84 ±0.01	48.6855374	5.204	-5832.444	0.6151826
Earth	6371.01 ±0.02	59.73698968	5.515	23.93419**	0.9999786
Mars	3389.92 ±0.04	6.418542	3.9335±0.0004	24.622962	1.88071105
Jupiter	69911. ±6.	18986.111	1.326	9.92425	11.856523
Saturn	58232. ±6.	5684.6272	0.6873	10.65622	29.423519
Uranus	25362. ±12.	868.32054	1.318	17.24 ±0.01	83.747407
Neptune	24624. ±21.	1024.569	1.638	16.11 ±0.01	163.72321
Pluto*	1151	0.15	1.1	153.28	248.0208

Планета	V(1,0) [mag.]	Геометрическое альbedo	Экваториальное гравитационное ускорение [м/с ²]	Скорость убегания [км/с]
Mercury	-0.42	0.106	3.701	4.435
Venus	-4.4	0.65	8.87	10.361
Earth	-3.86	0.367	9.780327	11.186
Mars	-1.52	0.15	3.69	5.027
Jupiter	-9.4	0.52	23.12 ± 0.01	59.5
Saturn	-8.88	0.47	8.96 ± 0.01	35.5
Uranus	-7.19	0.51	8.69 ± 0.01	21.3
Neptune	-6.87	0.41	11.00 ± 0.05	23.5
Pluto	-1.0*	0.3*	0.655	1.3

Все значения взяты из [1], за исключением планеты Плутон (взято из [2]). Массы Меркурия и Нептуна получены из [1], спасибо Дункану Шарпу (Duncan Sharpe), указавшему этот источник.

** Орбитер использует значение 23.93447ч (= 23ч 56м 4.09с), которое дает лучшую стабильность для больших промежутков времени.

Источники:

[1] Yoder, C.F. 1995. "Astrometric and Geodetic Properties of Earth and the Solar System" in Global Earth Physics, A Handbook of Physical Constants, AGU Reference Shelf 1, American Geophysical Union.

[2] Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac. 1992. K. P. Seidelmann, Ed., p.706 (Table 15.8), University Science Books, Mill Valley, California.

В.5 Элементы вращения

Planet	North pole		Obliquity of ecliptic* [°]	Longitude of Sun's transit* [°]
	Right ascension α_1 [°]	Declination δ_1 [°]		
Mercury	280.99	61.44	7.01	228.31
Venus	272.78	67.21	1.27	302.07
Earth	-	90	23.44	0
Mars	317.61	52.85	26.72	262.78
Jupiter	268.04	64.49	2.22	157.68
Saturn	40.14	83.50	28.05	349.39
Uranus	257.29	-15.09	82.19	167.62
Neptune	295.25	40.63	29.48	221.13
Pluto	311.50	4.14	68.69	225.19

Источники:

The Astronomical Almanac 1990 (Координаты северного полюса)

(*) Получено из координат северного полюса (MS)

В.6 Параметры атмосфер планет

Planet	Surface pressure [kPa]	Surface density [kg/m ³]	Scale height [km]	Avg. temp [K]	Wind speeds [m/s]
Mercury					
Venus	9200	~65	15.9	737	0.3-1 (surface)
Earth	101.4	1.217	8.5	288	0-100
Mars	0.61 (variable)	~0.020	11.1	~210	0-30
Jupiter	>> 10 ⁴	~0.16 at 1 bar	27	~129 ~165 at 1 bar	up to 150 at < 30° latitude up to 40 else
Saturn	>> 10 ⁴	~0.19 at 1 bar	59.5	~97 ~134 at 1 bar	up to 400 at < 30° latitude up to 150 else
Uranus	>> 10 ⁴	~0.42 at 1 bar	27.7	~58 ~76 at 1 bar	0-200
Neptune	>> 10 ⁴	~0.45 at 1 bar	19.1-20.3	~58 ~72 at 1 bar	0-200
Pluto					

Приложение С Расчет орбитальных элементов

Для того, чтобы определить форму, ориентацию орбиты и расположение объекта на ней, необходимо задать шесть скалярных параметров («элементов»).

a	Большая полуось
e	Эксцентриситет
i	Наклонение
Ω	Долгота восходящего узла
ω	Аргумент перицентра
υ	Истинная аномалия

С.1 Расчет элементов из векторов состояния

Пусть \mathbf{r} и \mathbf{v} – декартовы позиция и скорость в той системе координат, в которой необходимо вычислить орбитальные элементы (например, в геоцентрической экваториальной системе для околоземной орбиты, или в гелиоцентрической эклиптической системе для орбиты вокруг Солнца). Мы принимаем правую систему координат с осью x, направленной на точку весеннего равноденствия (или другое опорное направление) и с осью z, направленной вверх.

Вычислим следующие вспомогательные векторы:

$$\mathbf{h} = \mathbf{r} \times \mathbf{v} = (r_y v_z - r_z v_y, -r_x v_z + r_z v_x, r_x v_y - r_y v_x)$$

$$\mathbf{n} = \mathbf{z} \times \mathbf{h} = (-h_y, h_x, 0)$$

$$\mathbf{e} = \frac{1}{\mu} \left[\left(v^2 - \frac{\mu}{|\mathbf{r}|} \right) \mathbf{r} - (\mathbf{r} \cdot \mathbf{v}) \mathbf{v} \right]$$

где \mathbf{h} – вектор, перпендикулярный плоскости орбиты, \mathbf{n} – указывает на восходящий узел (z-компонент вектора \mathbf{n} равен нулю), и \mathbf{e} – вектор эксцентриситета (указывает на перицентр) с $\mu = GM$, где G – гравитационная постоянная и M – масса центрального тела (массой обращающегося тела пренебрегаем).

Большая полуось орбиты, Semi-major axis:

$$a = \frac{-\mu}{2E}, \text{ где } E = \frac{v^2}{2} - \frac{\mu}{|\mathbf{r}|}$$

Эксцентриситет, Eccentricity:

$$e = |\mathbf{e}| \text{ или } e = \sqrt{1 + \frac{2Eh^2}{\mu^2}}$$

Наклонение, Inclination:

$$i = \arccos \frac{h_z}{|\mathbf{h}|}$$

Долгота восходящего узла, Longitude of ascending node:

$$\Omega = \arccos \frac{n_x}{|\mathbf{n}|} \text{ (если } n_y < 0, \text{ то } \Omega = 2\pi - \Omega)$$

Ω – угол между опорным направлением (1,0,0) (например, на точку весеннего равноденствия) и направлением на восходящий узел орбиты.

Ω не определяется для экваториальных орбит ($i = 0$), в этом случае Орбитер использует соглашение, по которому $\Omega = 0$, то есть восходящий узел располагается в опорном направлении, что эквивалентно $\mathbf{n}/|\mathbf{n}| = (1,0,0)$.

Аргумент перицентра, Argument of periapsis:

$$\omega = \arccos \frac{\mathbf{n} \cdot \mathbf{e}}{|\mathbf{n}| |\mathbf{e}|} \text{ (если } e_z < 0, \text{ то } \omega = 2\pi - \omega)$$

ω – угол между направлениями на восходящий узел и на перицентр. ω не определяется для экваториальных орбит, и в соответствии с упомянутым выше соглашением мы получаем

$$\omega = \arccos \frac{e_x}{|e|} \quad (\text{если } e_z < 0, \text{ то } \omega = 2\pi - \omega)$$

ω – также не определена для круговых орбит, в этом случае Орбитер использует соглашение, по которому перицентр считается совпадающим с восходящим узлом, т.е. $\omega = 0$.

Истинная аномалия, True anomaly:

$$\nu = \arccos \frac{e \cdot r}{|e| |r|} \quad (\text{если } r \cdot v < 0, \text{ то } \nu = 2\pi - \nu)$$

ν – угол между направлениями на перицентр и на обращающийся объект. Это выражение является неопределенным для круговых орбит, в этом случае в соответствии с упомянутым выше соглашением перицентр совпадает с восходящим узлом, т.е.:

$$\nu = \arccos \frac{n \cdot r}{|n| |r|} \quad (\text{если } n \cdot v > 0, \text{ то } \nu = 2\pi - \nu)$$

Если, вдобавок, наклонение равно нулю, то выражение для истинной аномалии упрощается до

$$\nu = \arccos \frac{r_x}{|r|} \quad (\text{если } v_x > 0, \text{ то } \nu = 2\pi - \nu)$$

Из орбитальных элементов могут быть вычислены некоторые зависимые параметры:

Линейный эксцентриситет, Linear eccentricity:

$$\varepsilon = a e$$

Малая полуось орбиты, Semi-minor axis:

$$b^2 = a^2 (1 - e^2)$$

Перицентр и апоцентр, Periapsis and apoapsis distances:

$$d_p = a(1 - e)$$

$$d_a = a(1 + e)$$

Долгота перицентра, Longitude of the periapsis:

$$\varpi = \Omega + \omega$$

Эксцентрическая аномалия, Eccentric anomaly:

$$E = \arccos \frac{1 - |r|/a}{e}$$

Средняя аномалия, Mean anomaly:

$$M = E - e \sin E$$

Средняя долгота, Mean longitude:

$$L = M + \varpi$$

Истинная долгота, True longitude:

$$l = \varpi + \nu$$

Период обращения, Orbit period:

$$T = 2\pi \sqrt{a^3 / \mu}$$

Приложение D Авторское право и правовая оговорка

Авторским правом (2000-2006) на программу ORBITER, документацию и содержание web-сайта ORBITER обладает Мартин Швейгер (Martin Schweiger).

ORBITER является свободно распространяемой программой в том смысле, что вы можете бесплатно получать ее, копировать и передавать для личных и некоммерческих целей, при условии, что уведомление об авторском праве сохранено в передаваемой копии. Вы не можете передавать данный программный продукт платно без согласия его автора, кроме случая, когда плата рассчитана исключительно на покрытие издержек, связанных с изданием копии. В этом случае покупатель должен быть предупрежден о том, что приобретает свободно распространяемый продукт за плату, размер которой соответствует размеру затрат дистрибьютора на издание копии. Продажа данного программного продукта в целом или его частей, как отдельно, так и в составе другого коммерческого продукта или использование данного программного продукта для продвижения на рынок другого продукта без согласия автора является нарушением авторского права.

Вы не можете изменять двоичный код данного программного продукта или документацию, распространяемую с ним. Однако вам разрешается изменять сценарии, конфигурационные файлы, файлы визуальных моделей, а также файлы примеров исходного кода, расположенные в папке `Orbitersdk\samples`, при условии, что конечный получатель программного продукта будет уведомлен об этих изменениях.

ORBITER не является всеобщим достоянием, эта программа – интеллектуальная собственность Мартина Швейгера (Martin Schweiger).

Программа ORBITER распространяется «как есть» без всякой гарантии какого-либо вида. В наибольшей разрешенной законом степени Мартин Швейгер (Martin Schweiger) отказывается предоставить какие-либо гарантии, включая, без ограничения, любые подразумеваемые или заявленные гарантии рыночного спроса, пригодности к использованию и соответствия каким-либо требованиям. Весь риск, связанный с использованием данного программного продукта, пользователь берет на себя. В наибольшей разрешенной законом степени ни программный продукт ORBITER ни его распространители не несут ответственности за любой последовавший, непредвиденный, прямой или косвенный ущерб (включая, без ограничений, потерю прибыли, нарушение деловой деятельности, потерю деловой информации, личный ущерб, разрушение семейной жизни или любую денежную потерю), независимо от того, происходит ли этот ущерб из данного соглашения, умения или неумения использовать данный продукт, даже в том случае, когда пользователь предупрежден автором или распространителем о возможном ущербе. Учитывая, что некоторые государства (юрисдикции) не позволяют ввод исключений или ограничений на ответственность за последовавший или непредвиденный ущерб, вышеупомянутое ограничение не может быть обращено на пользователя.