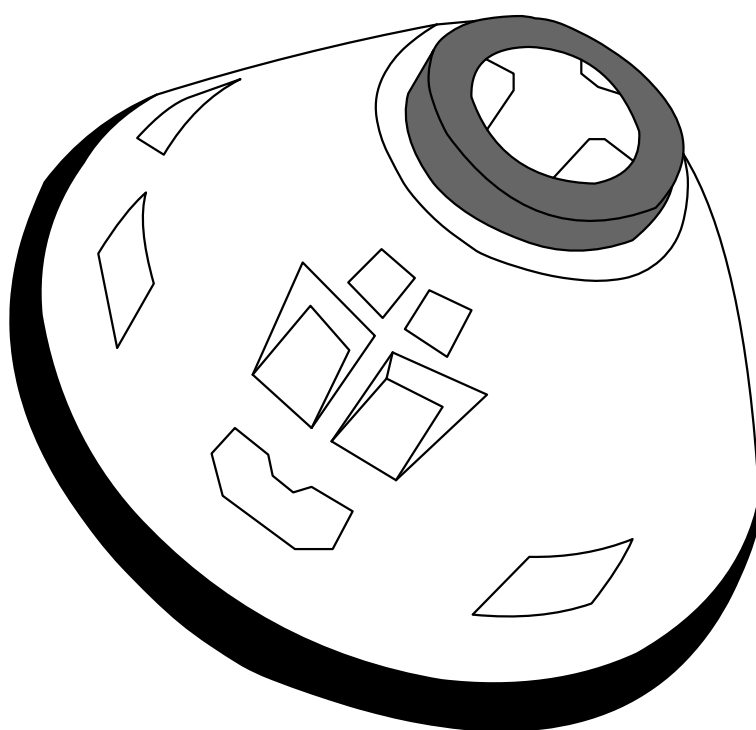


RV-55x Ares-1/Orion



Black Phoenix

11 января 2012 г.

Оглавление

1	Краткое описание	2
1.1	Общая информация	3
1.2	Пояснение орбитального полёта	3
1.3	Глоссарий	4
1.4	Flight Mode Reference	6
1.5	Описание кнопок кабины	7
1.6	Справка по экранам МФЭ	8
2	Инструкции	11
2.1	Инструкции по взлёту	12
2.2	Инструкции по работе на орбите	12
2.3	Инструкции по входу в атмосферу	13
2.4	Недопустимые режимы работы	13
3	Программирование бортового контроллера событий	14
3.1	Общее описание	15
3.2	Формат команд	15
3.3	Управление внутренними переменными	16
3.4	Список команд	16

Глава 1

Краткое описание

1.1 Общая информация

Можно нажать на верхушке МФЭ (многофункционального экрана), и возникнет панелька с этим-же экраном. Его можно таскать по экрану, и он будет во внешнем виде.

На МФЭ можно смело жать все кнопки, кроме первоначальной настройки они ничего больше с ракетой не делают.

Кнопками справа можно (до старта) задать высоту апогея и наклон орбиты, кнопкой справа выбрать что именно менять.

Ракета будет выведена в апогей орбиты с низким перигеем. Так задумано, что-бы вторая отброшенная ступень ракеты сгорела в атмосфере. У Ориона есть своя ступень, которой можно будет дальше уже вывести аппарат на стабильную орбиту.

Можно назначить клавиши на управление РСУ (реактивная системой контроля), но также можно просто нажимать кнопку TRANS INPUT. Это переведёт джойстик из режима управления ориентацией в режим управления трансляцией.

Большой индикатор с цифрами под кнопкой SRB IGNT - количество витков вокруг земли.

Сама кнопка SRB IGNT запускает ракету, а также отсоединяет её от стартовой площадки.

1.2 Пояснение орбитального полёта

Для выхода на орбиту нужно набрать некоторую энергию. Это и есть основная задача ракеты - набрать достаточно энергии для поддержания полёта на нужной высоте.

Орбита (в самом простом случае) задаётся двумя точками - апогеем и перигеем. Апогей это точка наивысшего удаления от планеты, а перигей - точка самого близкого приближения.

Апогей и перигей задаются в километрах над земной поверхностью. При этом перигей может находиться и ниже поверхности.

Полная энергия аппарата (в RV-550 показана на экране PLANE как SpE - удельная энергия) остаётся постоянной (если орбиту не менять). Наиболее эффективно менять полную энергию (а значит и орбиту) именно в точках апогея и перигея.

Почти все орбитальные манёвры происходят с использованием смены скорости - например её увеличения или уменьшения. Если увеличить скорость в апогее, то это вызовет рост перигея, и наоборот. Тоже верно и для уменьшения скорости.

Если менять скорость в точках, которые отличны от апогея и перигея, то эти точки будут меняться не очевидным образом.

Важно заметить, что земля вращается - поэтому орбиты не проходят через одну и ту-же точку, а смещаются со временем. Также важно заметить, что находясь на поверхности земли космический аппарат всё-равно находится в движении - вращение земли заставляет его двигаться на скорости 400 м/с (скорость зависит от широты - она ноль на полюсах).

При старте ракеты у неё уже есть 400 м/с скорости по направлению вращения - с запада на восток. Это значит что ракете нужно меньше топлива для набора меньшей скорости.

Старт в обратном направлении (с востока на запад) требует на 800 м/с больший прирост скорости при старте!

Ориентацией корабля в пространстве управляет Реактивная Система Управления (РСУ). Она состоит из многих малых ракетных двигателей, которые позволяют вращать или двигать аппарат. Но

орбитальные манёвры обычно используют главные или орбитальные двигатели.

1.3 Глоссарий

КА Космический аппарат - транспортное средство, способное находится в космическом пространстве.

Orbit/Орбита Стабильная траектория быстро движущегося КА, которая не пересекается с Землей.

Orbital elements/Параметры орбиты Набор параметров, которые определяют форму орбиты (например апогей и перигей).

Orbital plane/Плоскость орбиты Траектория КА находится в одной плоскости. Эта плоскость называется плоскостью орбиты.

Apogee/Апогей Точка в которой КА находится наиболее далеко от Земли.

Perigee/Перигей Точка в которой КА находится наиболее близко к Земле.

Inclination/Уклон орбиты Угол между плоскостью орбиты и плоскостью, в которой лежит экватор.

Semimajor axis/Большая полуось Определяет эллиптическую орбиту. Равен среднему между апогеем и перигеем.

Hohmann transfer/Гомановская траектория Простая и более менее эффективная траектория перехода между двумя орбитами. Требуется двух импульсов двигателем.

Semimajor transfer/Смена полуоси Манёвр, который меняет либо апогей, либо перигей. Требуется одного импульса двигателем - из двух таких импульсов состоит Гомановская траектория.

Heat flux/Поток тепла Поток тепла через единицу площади за единицу времени. Показывает сколько тепловой энергии проходит через поверхность.

Velocity vector/Вектор скорости Математический вектор, который указывает направление движения КА.

Prograde/Прямое направление Направление вдоль вектора скорости - по направлению движения.

Retrograde/Ретроградное направление Направление против вектора скорости - против направления движения.

RC/PCU Реакционная система управления - набор небольших ракетных двигателей, используемых для ориентации КА в пространстве.

OMS/COM Система орбитального маневрирования - один или более ракетный двигатель для изменения текущей орбиты.

DAP/ЦАП Цифровой автопилот - специальная часть бортового вычислительного комплекса, которая управляет движением КА.

MFD/МФЭ Многофункциональный экран - компьютерный дисплей, которая предоставляет информацию о полёте в зависимости от текущего режима полёта.

Powered Explicit Guidance/Явный алгоритм ведения ракеты Математический алгоритм, который рассчитывает траекторию для КА на основе его текущего состояния, и целевого состояния по окончании ведения.

Delta-V/Изменение скорости Изменение скорости КА. Может быть использовано в контексте запаса скорости, которая есть у КА - максимальное изменение скорости, которое может быть выполнено его двигателями.

Burn/Импульс двигателем Орбитальный манёвр который состоит из включения двигателя в нужном направлении для смены скорости КА.

Re-entry/Вход в атмосферу Особый манёвр который состоит в использовании атмосферного трения для торможения КА. Создаёт высокое количество тепла, которое поглощается или отражается тепловым щитом КА.

1.4 Flight Mode Reference

Бортовое программное обеспечение разделено на блоки, называемое режимами полёта. Каждый режим полёта - отдельная часть программы, и будет выполнять только часть функций которые имеют отношение к текущей задаче полёта.

При орбитальном полёте возможно управление режимом используя клавиши под МФЭ.

Режим полёта	Описание
00	Idle
10	Stage 1 ascent (pre-programmed guidance)
11	Stage 1 ascent (active guidance)
20	Stage 2 ascent (early ascent)
21	Escape tower separation
22	Payload fairing separation
23	Stage 2 ascent (late ascent)
30	Stage 3 / On-orbit idle
31	Stage 3 / Kill-Rot autopilot
32	Stage 3 / Att-Pro autopilot
33	Stage 3 / Att-Ret autopilot
34	Stage 3 / Orbital normal + autopilot
35	Stage 3 / Orbital normal - autopilot
40	CM / On-orbit idle
41	CM / Kill-Rot autopilot
42	CM / Att-Pro autopilot
43	CM / Att-Ret autopilot
44	Stage 3 / Orbital normal + autopilot
45	Stage 3 / Orbital normal - autopilot
50	Ballistic reentry stabilization
51	Active atmospheric braking
52	Free flight
53	Parachute descent
54	Braking jets
55	On ground
60	Controlled reentry

1.5 Описание кнопок кабины

1.5.1 Клавиатура

Клавиатура используется для программирования бортового контроллера событий.

1.5.2 TRANS INPUT

Переключается между трансляционным и вращательным управлением используя джойстик. Ось тангажа управляет по оси X (вперёд/назад).

Ось крена управляет движением по оси Y (влево/вправо).

Ось рыскания управляет движением по оси Z (вверх/вниз).

Этот режим используется для трансляционных моментов при сближении двух КА.

1.5.3 LAND JETS

Включает тормозные двигатели. Они используются для торможения и плавной посадки на землю.

Тормозные двигатели управляются бортовым вычислительным комплексом, и срабатывают автоматически при посадке.

1.5.4 LAZY DAP

Эта кнопка управляет режимом ЦАП, точностью и скоростью манёвров, а также расходом топлива. В нажатом состоянии автопилот будет совершать более плавные манёвры, при этом расходуя меньше топлива.

1.5.5 PV EXTEND

Разворачивает солнечные панели. В данном релизе ещё не доступно.



Рис. 1.1: Кнопки под МФЭ



Рис. 1.2: Клавиши левой панели

1.5.6 RCS ON

Включает или отключает РСУ.

1.5.7 KILL ROT

Переводит КА в режим полёта 31. ЦАП КА будет управлять РСУ для удаления любой остаточной угловой скорости.

1.5.8 ATT PRO

Переводит КА в режим полёта 32. ЦАП КА будет управлять РСУ для разворота КА по вектору скорости.

1.5.9 ATT RET

Переводит КА в режим полёта 33. ЦАП КА будет управлять РСУ для разворота КА против вектора скорости.

1.5.10 ORB ENGN

Включает двигатели орбитального маневрирования.

1.5.11 DROP ARM

Разрешает сброс приборно-агрегатного отсека. Нужно только при ручной отстыковке используя кнопку DROP STAGE

1.5.12 DROP STAGE

Если разрешён сброс приборно-агрегатного отсека эта кнопка произведёт отстыковку.

1.6 Справка по экранам МФЭ

1.6.1 FAULT (Message Log/Fault Display)

На этом экране выводятся все ключевые события и сообщения об ошибках, которые возникают при работе КА.

```
000/000 00000 MSG LOG/FAULT DISP      00-00:00:53
GDC#1 MFD#1                             00-00:01:14
#0001 00R00:00:09 Program: next sequence
#0002 00R00:00:09 Program: next sequence
#0003 00-00:00:00 Pad released
#0004 00-00:00:00 Writing launch telemetry
#0005 00-00:00:00 NaN in DRP block!
#0006 00-00:00:00 Offending block: function: 28025F80
#0007 00-00:00:00 EVT11 ENG1
#0008 00-00:00:35 EVT17 PEG_TO
```

MAIN	PEG	PROGRAM	PLANE	PROJ	FAULTS
------	-----	---------	-------	------	--------

1.6.2 SYSTEM (System Information)

На данном экране указана системная информация.

```
000/001 SYSTEM INFORMATION              00-00:00:59
GDC#1 MFD#1                             00-00:01:21
SYSTEM STATE                            #0001 Program: next sequen
                                         ce
TIME 00-00:00:59.927                   #0002 Program: next sequen
UTC 00-00:01:14.409                     ce
GMT 00-04:05:34.776                     #0003 Pad released
                                         #0004 Writing launch telem
                                         etry
                                         #0005 NaN in DRP block!
                                         #0006 Offending block: fun
                                         ction: 28025F80
TIMING                                  #0007 EVT11 ENG1
LOGIC STEP 12 ns                        FM 000
GDC 1 (MFD 1/1)                        #0008 EVT17 PEG_TO
```

MAIN	PEG	PROGRAM	PLANE	PROJ	SYSTEM
------	-----	---------	-------	------	--------

1.6.3 SYSDATA (Internal System Data)

Данный экран используется для низкоуровневой отладки цифровой системы.

```
000/002 00000 INTERNAL SYSTEM DATA    00-00:01:04
GDC#1 MFD#1                             00-00:01:26
XGDC nil
Database table: 27FEF908
Process function: 27FD2308
Load function: 27FD2388
Create function: 27FD2398
List table: 27FEF930
FCS table: 28012548
UpdateDownlinkTelemetry function: 280250A0
RCSEnabled 0
Stage3ProgeeTimerOverride 0
ReentryPhi -2
Stage3Separation 0
JZ -0.0063794938266624
```

MAIN	PEG	PROGRAM	PLANE	PROJ	SYSDATA
------	-----	---------	-------	------	---------

1.6.4 FLASHMEM (Flash Memory)

На данном экране показывается состояние файловой системы.

```
000/003 FLASH MEMORY                    00-00:01:13
GDC#1 MFD#1                             00-00:01:35
FLASH MEMORY CONTENTS

FILENAME                                SIZE
filesystem                             0.11kb
event_program.dat                       0.11kb
flight_mode.dat                         0.00kb
custom_tiner.dat                        0.01kb
telemetry_launch.txt                    35.57kb
time_bias.dat                           0.02kb
```

MAIN	PEG	PROGRAM	PLANE	PROJ	FLASHMEM
------	-----	---------	-------	------	----------

1.6.5 PEG (Powered Explicit Guidance)

На данном экране выводится информация об активном ведении ракеты при взлёте. На ней указаны такие переменные:

- Stage: текущая ступень
- Polar angle: угловое расстояние, проделанное ракетой
- Angular velocity: угловая скорость положения ракеты (в инерциальных координатах)
- Angular momentum: полный угловой момент ракеты
- Target radius, Target velocity: заданная точка ведения
- Estimated mass: полная масса ракеты
- Steering command: команда выданная алгоритмом ведения
- Target angle: угловая команда для ракеты
- Estimate cutoff: время до отключения двигателей (конца ведения)
- Delta-V: скорость, которую ещё необходимо набрать
- Current radius: расстояние от среднего радиуса планеты
- Radial velocity: вертикальная скорость
- Tangent velocity: тангенциальная скорость

Дополнительная таблица указывает набор коэффициентов ведения для каждой ступени ракеты.

```

000/004    POWERED EXPLICIT GUIDANCE    00-00:00:45
GDC#1 MFD#1
Stage      1 Steering command      0.906
Polar angle 2.455e-003 Target angle 64.959
Angular velocity 7.017e-005 Estimate cutoff 362.026
Angular momentum 2.858e+009 Delta-V 7406.919
Target radius 213731.893 Current radius 8641.483
Target velocity 102.052 Radial velocity 373.628
Estimated mass 584487.781 Tangent velocity 448.171

```

```

Stages:
Cutoff s      A      B      a0 m/s      tau s
106.70      0.43      0.00      2.09      128.01
362.03      -0.42      -0.00      1.01      446.26

```

MAIN PEG PROGRAM PLANE PROJ FAULTS

```

000/010    REENTRY TRAJECTORY    00-00:16:33
GDC#1 MFD#1    00-00:16:55
Latitude 26.123 deg
Longitude 134.869 deg
Time to burn: 65:10 min
Time to best approach: 07:03:00
Delta-V ~188 m/s
Velocity 7853.6 m/s
Target 7665.3 m/s

```



```

Reentry vars
Phi -2.0 deg
Lat 29 deg
Lon 41 deg

```

MAIN REENTRY PROGRAM PLANE PROJ FAULTS

1.6.6 REENTRY (Reentry Trajectory)

На данном экране указана информация о расчётной траектории входа в атмосферу. Информация постоянно обновляется.

На экране указаны такие переменные

- Latitude/Longitude: примерные координаты посадки в случае моментального импульса двигателем
- Time to burn: время до расчётной точки импульса для входа в атмосферу
- Time to best approach: время до наиболее удачной точки входа в атмосферу (которая приведёт КА в точку, наиболее близкую к точке посадки).
- Delta-V: расчётная смена скорости
- Velocity: текущая скорость
- Target: необходимая скорость
- Phi: угол входа в атмосферу
- Lat/Lon: заданные координаты посадки

Карта показывает орбитальный след, и указывает оставшийся путь до точки посадки красной линией. Малый красный квадрат указывает точку посадки в случае моментального импульса двигателями.

1.6.7 OPT RTRAJ (Optimize Reentry Trajectory)

Данный экран используется для оптимизации траектории посадки по расстоянию к точке посадки. Он указывает примерные расстояния к точке посадки от точки входа.

Данная таблица также указывает время, оставшееся к точке импульса двигателями.

Все остальные переменные такие же как на экране REENTRY.

```

000/011    OPTIMIZE REENTRY TRAJ    00-00:16:40
GDC#1 MFD#1    00-00:17:01
Distance from target:
#00 9340 km 01:05:03
#01 920 km 02:34:31
#02 630 km 04:03:58
#03 290 km 05:33:26
#04 290 km 07:02:53
#05 2110 km 08:32:21
#06 4700 km 10:01:48
#07 7030 km 11:31:16
#08 8420 km 13:00:43
#09 9030 km 14:30:11
#10 9090 km 15:59:38
Latitude 26.123 deg
Longitude 134.869 deg
Delta-V ~188 m/s
Time to burn: 65:03 min
Velocity 7853.9 m/s
Target 7665.6 m/s
Entry interface
Stable orbit

```

MAIN OPT RTRAJ PROGRAM PLANE PROJ FAULTS

1.6.8 MAIN (Main Flight Display)

Данный дисплей указывает важную информацию по поводу КА. Он имеет три режима, которые показывают наиболее важную информацию о текущей фазе полёта:

- Взлёт
- Операции на орбите
- Вход в атмосферу

При взлёте будет показан оставшийся запас топлива, текущая команда алгоритма ведения, текущая высота и скорость.

```

000/012    MAIN FLIGHT DISPLAY    00-00:00:02
GDC#1 MFD#1    00-00:00:23
FLIGHT MODE 10 STAGE 1 (PITCH-OVER)
STAGE 1 FUEL: 604814 kg CUTOFF 364 SEC
STAGE 2 FUEL: 96950 kg 59:59 min MET 2 SEC
STAGE 3 FUEL: 8300 kg 59:59 min
PITCH -0.41% Orbit in 06:04 min
YAW -9.24% deltaV = 7535 m/s
ROLL 81.00% V = 323 m/s
G 1.730 H = 0.232 km
Tgt 90.00 deg
Pitch 89.45 deg
Yaw 213.80 deg
Roll 33.91 deg

```

MAIN PEG PROGRAM PLANE PROJ FAULTS

В режиме орбитального полёта на данном экране рабля. указывает состояние всех двигателей РСУ, оставшиеся топливо в баках РСУ и ОСМ, текущий вектор скорости.

На экране также указаны угловые скорости и текущие углы по трём осям, вместе с текущей командой ЦАП и пилота.

R указывает текущую высоту над средним радиусом земли, Rp и Ra указывают значения апогея и перигея.

На данном экране также показана часть программируемого контроллера событий, указывая следующие 4 команды и оставшееся время.

000/012	MAIN FLIGHT DISPLAY	00-00:16:29
GDC#1 MFD#1	FLIGHT MODE 31 STAGE 3 KILLROT	00-00:16:51
S/RCS: 96Z (398.2 kg)	h 124.639 deg Reentry trajectory	
DRCS: 99Z (102.0 kg)	v -0.317 deg 65:14 min -188 m/s	
STAGE: 76Z (6432 kg, 1068.6 m/s)		
RCS THRUSTERS	02 03	
01 05 09 13 17		
02 06 10 14 18		
03 07 11 15 19	Event in ###:##	
04 08 12 16 20	G 0.000 V 7853.4 m/s PVi 90 deg	
R 165.197 km	P 74.11 deg 0.0229 deg/s -0.023 %	
Rp 157.548 km (05:49)	Y 122.19 deg 0.0288 deg/s -0.029 %	
Ra 337.829 km (50:33)	R 3.43 deg 0.0262 deg/s -0.026 %	
MAIN	REENTRY	PROGRAM PLANE PROJ FAULTS

1.6.9 ORB BURN (Orbital Engine Burn)

На данном экране указаны расчёты относительно системы орбитального маневрирования. Тут показано оставшийся запас топлива в РСУ и ОСМ, вместе с оценкой запаса скорости из этих систем.

В таблице указано время в секундах необходимое для импульса, в зависимости от положения дросселя.

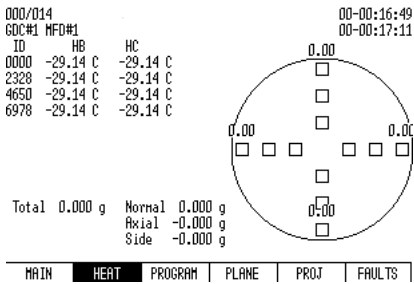
000/013	ORBITAL ENGINE BURN	00-00:16:45
GDC#1 MFD#1	7854.170 m/s	00-00:17:06
S/R RCS (398.2 kg)	ORB ENG (6431.9 kg)	
dV 40.89 m/s	dV 1068.6 m/s	
Burn time as function of target dV and throttle		
%	100 200 300 400 500 600 700 800	m/s
40	122 245 368 491 614 737 860 983	
50	98 196 295 393 491 590 688 787	
60	81 163 245 327 409 491 573 655	
70	70 140 210 281 351 421 491 562	
80	61 122 184 245 307 368 430 491	
90	54 109 163 218 273 327 382 437	
100	49 98 147 196 245 295 344 393	
MAIN	ORB BURN	PROGRAM PLANE PROJ FAULTS

1.6.10 HEAT (Heat Shield Status)

На данном экране указано состояние тепловой защиты корабля, температуры датчиков на дне ко-

Диаграмма показывает температуру всех сенсоров и поток тепла через указанные точки.

Поток тепла указан в киловаттах на квадратный метр.



Глава 2

Инструкции

2.1 Инструкции по взлёту

Взлёт на ранее выбранную орбиту

- ☐ Нажать SRB IGNT
- ☐ Вычислительный комплекс произведёт автоматическое ведение ракеты по траектории взлёта
- ☐ Перейти к инструкции Выход на орбиту

Взлёт с выбором орбиты

- ☐ Используя клавиши на МФУ выбрать точку входа, наклон орбиты
- ☐ Нажать SRB IGNT
- ☐ Вычислительный комплекс произведёт автоматическое ведение ракеты по траектории взлёта
- ☐ Перейти к инструкции Выход на орбиту

Взлёт по заданной программе

- ☐ В данной инструкции апогей указан как 456 км, перигей указан как 234 км. Нужно заменить указанные значение на нужные значение апогея и перигея.
- ☐ Выбрать экран МФЭ PROGRAM
- ☐ Используя клавиши + и - выбрать команду 1
- ☐ Ввести команду в контроллер событий: 222 456 (456 км)
- ☐ Нажать EXEC
- ☐ Нажать +
- ☐ Ввести команду в контроллер событий: 642 234 (234 км)
- ☐ Нажать EXEC
- ☐ Нажать SRB IGNT
- ☐ Перейти к инструкции Автоматические манёвры на орбите

2.2 Инструкции по работе на орбите

Выход на орбиту (ручной)

- ☐ Подождать сброса 2 ступени
- ☐ Если индикатор кнопки RCS ON не горит: нажать кнопку RCS ON для включения РСУ
- ☐ Нажать ATT PRO
- ☐ Убедиться, что КА находится в режиме полёта 32 (горит индикатор кнопки ATT PRO)
- ☐ Подождать выравнивания по вектору скорости
- ☐ Убедиться, что ручка тяги установлена в 0%
- ☐ Нажать кнопку ORB ENGN для включения двигателей орбитального маневрирования
- ☐ Убедиться, что индикатор кнопки ORB ENGN горит, но не мигает
- ☐ Если индикатор кнопки ORB ENGN мигает, выставить тягу в 0%
- ☐ Подождать наступления апогея орбиты, или перейти к следующему шагу если апогей уже пройден
- ☐ Увеличить тягу до 100%
- ☐ Подождать, пока будут достигнуты нужные орбитальные параметры
- ☐ Выставить тягу в 0%
- ☐ Нажать кнопку ORB ENGN для отключения двигателей орбитального маневрирования
- ☐ Убедиться, что индикатор кнопки ORB ENGN не горит
- ☐ Если требуются дополнительные манёвры перейти к инструкции Орбитальные манёвры

Выход на орбиту (автоматический)

- ☐ Подождать сброса 2 ступени
- ☐ Выбрать экран МФЭ PROGRAM
- ☐ Используя клавиши + и - выбрать команду 1
- ☐ Ввести команду в контроллер событий: 222 234 (перигей 234 км)
- ☐ Нажать EXEC

Орбитальные манёвры (вручную)

- ☐ Убедится, что ручка тяги установлена в 0%
- ☐ Нажать кнопку ORB ENGN для включения двигателей орбитального маневрирования
- ☐ Убедится, что индикатор кнопки ORB ENGN горит, но не мигает
- ☐ Если индикатор кнопки ORB ENGN мигает, выставить тягу в 0%
- ☐ Увеличить тягу до 100%
- ☐ Подождать, пока будут достигнуты нужные орбитальные параметры
- ☐ Выставить тягу в 0%
- ☐ Нажать кнопку ORB ENGN для отключения двигателей орбитального маневрирования
- ☐ Убедится, что индикатор кнопки ORB ENGN не горит

Орбитальные манёвры (автоматические)

- ☐ Ввести нужную команду в контроллер событий
- ☐ Нажать EXEC

2.3 Инструкции по входу в атмосферу

Баллистический спуск (вручную)

- ☐ Выполнить инструкцию Орбитальные манёвры что-бы расположить аппарат на нужной для входа высоте
- ☐ Нажать ATT RET
- ☐ Убедится, что аппарат развёрнут против направления движения
- ☐ Выполнить манёвр схода с орбиты (используя систему орбитального маневрирования) пока угол входа в атмосферу не будет равен -0.3 градуса (см инструкцию Орбитальные манёвры (вручную))
- ☐ Нажать DROP ARM
- ☐ Нажать DROP STAGE для отделения приборно-агрегатного отсека
- ☐ КА выполнит вход в атмосферу автоматически

Баллистический спуск (автоматический)

- ☐ Выполнить инструкцию Орбитальные манёвры что-бы расположить аппарат на нужной для входа высоте
- ☐ Не позднее чем через 5 минут до точки входа ввести команду 431 (выполнить сход с орбиты)
- ☐ Нажать EXEC
- ☐ Нажать +
- ☐ Ввести команду 3F1 7193 (отделение приборно-агрегатного отсека при входе в атмосферу)
- ☐ Нажать EXEC
- ☐ КА выполнит вход в атмосферу автоматически

2.4 Недопустимые режимы работы

- Не входить в атмосферу под углом менее -0.5 градусов
- Не входить в атмосферу под углом, превышающим -2.5 градуса
- Не спускаться ниже 120 км с не отстыкованным приборно-агрегатным отсеком
- Всегда проверять состояние бортового вычислительного комплекса после перезагрузки
- Всегда отключать систему орбитального маневрирования после использования
- Всегда отстыковывать приборно-агрегатный отсек в точке, или до точки входа в атмосферу (120 км)
- Не допускается открытие окон для проветривания при нахождении в космическом пространстве

Глава 3

Программирование бортового контроллера событий

3.1 Общее описание

Полёт КА может быть автоматизирован используя бортовой программируемый контроллер событий. Состояние контроллера событий отображается на экране МФЭ PROGRAM. Ввод команды производится клавиатурой расположенной под МФЭ.

Бортовой программируемый контроллер событий позволяет выполнить некоторую команду при достижении события. Каждая команда указывается как трёхзначное шестнадцатеричное число, за которым может следовать один параметр.

Команды вводятся используя клавиатуру. Для ввода следующей команды необходимо нажать клавишу + (клавиша - вернёт указатель на предыдущую команду). После ввода команды следует нажать клавишу EXEC.

3.2 Формат команд

Первая цифра указывает событие, при котором эта команда будет выполнена:

Цифра	Название
0	Никогда
1	В перигее
2	В апогее
3	При входе в атмосферу
4	В точке, где нужно сделать импульс двигателем для схода с орбиты
5	При срабатывании таймера
6	В ближайшем апогее или перигее
F	Сразу-же

Примечание: после отсоединения второй ступени таймер апогея (2) всегда будет ранее чем апогей. В случае если вторая ступень была сброшена после апогея таймер будет сброшен в значение двух минут.

Вторая цифра указывает режим ЦАП или выбирает команду:

Цифра	Режим
0	Отключить ЦАП
1	KILL ROT (удаление остатка угловых скоростей)
2	ATT PRO (прямая ориентация за вектором скорости)
3	ATT RET (ретроградная ориентация)
4	AUTO (автовыбор режима)
F	Выполнить команду

Смена режима выполняется за 5 минут до срабатывания таймера.

Автоматический режим выбирается за такой логикой (если выбран тип импульса 2 SMA TRANS):

Причина	Режим
КА приближается к апогею, целевая высота выше перигея	ATT PRO
КА приближается к апогею, целевая высота ниже перигея	ATT RET
КА приближается к перигею, целевая высота выше апогея	ATT PRO
КА приближается к перигею, целевая высота ниже апогея	ATT RET

Если вторая цифра не F, то третья цифра выбирает тип импульса, иначе выполняется команда:

Цифра	Команда
x0	Заданный импульс (параметр указан в $\frac{1}{n}$)
x1	Импульс для входа в атмосферу
x2	Смена полуоси (параметр в километрах)
xF	Не выполнять импульс
F0	Выставить таймер (параметр в секундах)
F1	Сброс приборно-агрегатного отсека (код 7193)

Смена полуоси (SMA TRANS) используется для изменения орбитальных элементов. Параметр указывает целевую высоту перигея или апогея (импульс должен быть выполнен в одной из этих точек).

3.3 Управление внутренними переменными

Расширенное управление работой бортового вычислительного комплекса возможно используя ввод команды ИТЕМ, затем номера переменной, знака нового значения переменной (+ или -), а затем нового значения.

Доступны такие переменные:

Номер	Значение	Описание
1	-0.30	Phi (угол входа в атмосферу, между -0.2 и -2.5)
2	Н/д	Широта заданной точки посадки
3	Н/д	Долгота заданной точки посадки
4	250	Целевой апогей в километрах (при ведении на взлёте)
5	-10	Целевой перигей в километрах (при ведении на взлёте)
6	45	Целевой уклон орбиты в градусах
7	135	Целевая истинная аномалия (180 указывает на апогей, 135 указывает немного ранее апогея)
8	120	Высота условной точки входа в атмосферу в километрах

3.4 Список команд

В данной главе указаны некоторые полезные команды.

Команда	Описание
000	Очистка текущей команды
431	Автоматический сход с орбиты
220 12	Увеличение скорости на $12 \frac{1}{n}$ в апогее)
FF1 600	Выставить таймер в 600 секунд
50F	Отключение ЦАП (режим IDLE) по таймеру
3F1 7193	Отстыковка приборно-агрегатного отсека при входе в атмосферу
342 567 дважды	Установление круговой орбиты на высоте 567 km (в данный момент пока не возможно текущими навигационными средствами для некруглой земли)
ИТЕМ 1 -1.00	Выставить целевой угол входа в атмосферу в -1.0 градус