

УДК 629.783

С.В. Козелков¹, Е.И. Махонин², А.А. Моргун³, А.Н. Богдановский⁴, Е.С. Козелкова⁵¹Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка, Полтава²Государственное космическое агентство Украины, Киев³Европейский университет, Киев⁴Национальный центр управления и испытаний космических средств ГКАУ, Евпатория⁵Национальный университет обороны Украины, Киев

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СКАКО ПО СОПРОВОЖДЕНИЮ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ВРЕМЕНИ И РАЙОНА ПРЕКРАЩЕНИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МЕЖПЛАНЕТНОЙ СТАНЦИИ «ФОБОС-ГРУНТ»

Система контроля и анализа космической обстановки (СКАКО) Украины, как и любая другая система контроля космического пространства, прежде всего, предназначена для работы в случаях возникновения нештатных ситуаций. В настоящей статье приводится краткий аналитический обзор работы СКАКО по сопровождению и прогнозированию времени и района прекращения существования автоматической межпланетной станции (АМС) «Фобос-Грунт» в условиях опытной эксплуатации системы.

Ключевые слова: центр контроля космического пространства, программно-технический комплекс, автоматическая межпланетная станция «Фобос-Грунт».

Введение

Государственная система контроля и анализа космической обстановки создана в рамках Космической программы, по указу Президента Украины и предназначена для сбора, обработки, анализа данных о состоянии космической обстановки, подготовки и выдачи потребителям различного уровня данных о космических объектах (КО), состоянии и тенденциях развития космической обстановки. На сегодняшний день СКАКО осуществляет решение этих задач в условиях опытной эксплуатации. В связи с этим возникают некоторые трудности в решении отдельных задач, особенно таких сложных, как расчёт времени существования, прогнозирование вероятных времени и места падения сгорающих КО. Случившаяся недавно аварийная ситуация с российской АМС «Фобос-Грунт» предоставила возможность на конкретном примере отработать ряд важных задач контроля космического пространства, оценить полноту и качество их выполнения, а также наметить дальнейшие перспективы модернизации СКАКО.

Исходный анализ функционирования СКАКО по предоставляемой отчётности позволяет судить о текущем состоянии опытной эксплуатации системы в общих чертах. Вместе с тем, существует ряд важных задач, качество решения которых возможно проанализировать только на конкретных примерах и возникающих экстремальных ситуациях.

Постановка проблемы. Находясь в опытной эксплуатации, в настоящее время Центр контроля космического пространства (ЦККП) СКАКО имеет программно-технический комплекс (ПТК), нуждающийся в дальнейшей модернизации. С целью

определения степени применимости существующего ПТК необходимо провести анализ используемых алгоритмов и программ для решения задач сопровождения приоритетных КО, прогнозирования вероятных времени и района прекращения существования сгорающих КО при условии ограниченной сети измерительных средств.

Целью статьи является разработка основных направлений повышения качества функционирования СКАКО, краткий обзор проводившихся работ и общий анализ текущего состояния опытной эксплуатации на примере решения задач контроля космического пространства, связанных с полётом АМС «Фобос-Грунт».

Основной материал

Важными задачами СКАКО являются: расчёт времени существования КО, прогнозирование вероятного времени и места падения сгорающих объектов. Эта работа является показательной для всей системы контроля космического пространства, так как требует чёткого и слаженного функционирования всей СКАКО. Начиная с получения информации от измерительных средств, идентификации, проведения вычислительных операций по уточнению начальных условий, сопровождению приоритетных КО и ведению Главного каталога и заканчивая прогнозированием времени существования и вычислением для потребителя информации вероятного интервала времени и района падения сгорающего объекта, вся технологическая последовательность функционирования ПТК должна обеспечить достоверный конечный результат [1].

8 ноября 2011 года в 20:16:02.871 UTC (9 ноября в 00:16:02.871 по московскому времени) состоял-

ся один из самых ожидаемых стартов. С пусковой установки № 1 площадки № 45 космодрома Байконур стартовыми командами предприятий России и Украины был осуществлен пуск ракеты-носителя "Зенит-2SB" с автоматической межпланетной станцией «Фобос-Грунт» и интегрированным в нее китайским микроспутником «Инхо-1». Выведение прошло штатно, первая за 15 лет российская АМС была доставлена на низкую околоземную орбиту (перигей – 206,5 км, апогей – 345,2 км). По данным СКАКО эти параметры составили: высота перигея – 208,48 км, высота апогея – 358,1 км. Несущественное отличие этих параметров орбиты АМС «Фобос-Грунт» от заявленных в средствах массовой информации вполне объяснимо применением различных алгоритмов вычислений и моделей земного эллипсоида.

В 02:56:43 над Бразилией планировалось первое включение маршевой двигательной установки (МДУ) «Фобос-Грунта», что позволило бы сформировать промежуточную эллиптическую орбиту с апогеем 4162 км. Перед включением МДУ аппарат должен был определить свое положение в пространстве и, используя двигатели малой тяги, построить так называемую трехосную ориентацию. Второе включение МДУ было запланировано на 05:03:44 (над Тихим океаном), в результате чего утром 9 ноября «Фобос-Грунт» должен был выйти на гиперболическую траекторию отлета от Земли. На третьем витке с ожидаемой промежуточной орбиты никаких сигналов получено не было. При попытке вывода на межпланетную траекторию автоматической межпланетной станции «Фобос-Грунт» сложилась нештатная ситуация: не произошло включение маршевого двигателя для перевода станции на траекторию полета к Марсу, и аппарат не смог покинуть земную орбиту.

Центр контроля космического пространства СКАКО сразу после старта взял на сопровождение и включил АМС «Фобос-Грунт» в каталог приоритетных КО. АМС был присвоен номер в Главном каталоге космических объектов ЦККП – 17935. Международный номер – 2011-065A, по каталогу стратегического командования США (USSPACECOM) – 37872.

Необходимо отметить, что работы по сопровождению АМС «Фобос-Грунт» проводились в условиях значительной нехватки измерительной информации, что можно считать экстремальной ситуацией для сопровождения приоритетного КО [2, 3]. Основные источники измерительной информации – Южный и Западный центры радиотехнических наблюдений не функционировали по причине отключения. Метеорологические условия, низкая высота полета и особенности условий освещенности не позволяли в полной мере применить оптико-электронные измерительные средства. В связи с этим основная работа ЦККП строилась на обработке информации каталогов USSPACECOM и уточнении параметров орбиты АМС «Фобос-Грунт» по данным открытых источников международной сети «Интернет», что само по себе может вызывать сомнения в достоверности и точности получаемого результата без объективной проверки. Важную роль в этом сыграли оптико-электронные измерительные средства СКАКО, которые, несмотря на ограниченное применение, позволили объективно подтвердить результаты обработки каталогов и произвести существенное уточнение начальных условий движения АМС «Фобос-Грунт» [3, 4].

По мере обновления начальных условий персоналом ЦККП систематически проводился прогноз времени существования данного космического аппарата (КА) на орбите.

Следует уделить внимание особенностям обработки информации каталогов USSPACECOM. Существующий ПТК ЦККП позволяет осуществлять ведение Главного каталога КО по данным последнего вносимого в базу данных частного каталога USSPACECOM, что в большинстве случаев оправдано и показывает приемлемую точность сопровождения КО.

Следует уделить внимание особенностям обработки информации каталогов USSPACECOM. Существующий ПТК ЦККП позволяет осуществлять ведение Главного каталога КО по данным последнего вносимого в базу данных частного каталога USSPACECOM, что в большинстве случаев оправдано и показывает приемлемую точность сопровождения КО.

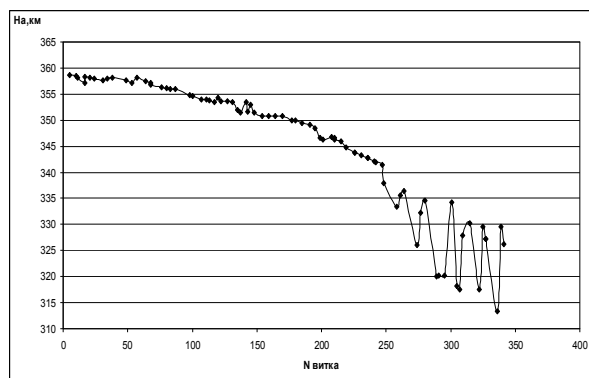


Рис. 1. Понижение высоты апогея АМС «Фобос-Грунт»

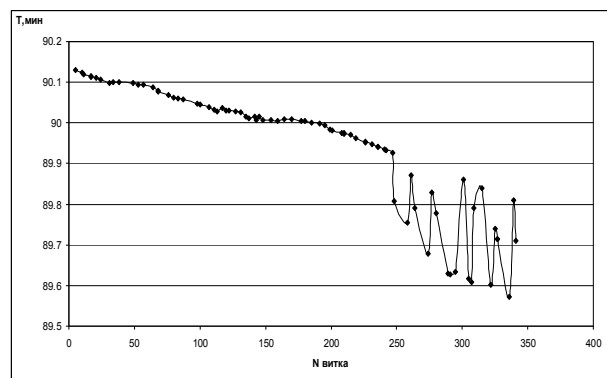


Рис. 2. Уменьшение периода АМС «Фобос-Грунт»

Но существуют и некоторые исключения, вызванные различными неизвестными и непредвиденными ситуациями. Так, например, процесс прекращения существования АМС «Фобос-Грунт» показал, что в своих каталогах USSPACECOM может предоставлять не всегда точную информацию по отдельным КО. Это связано с особенностями ведения каталога USSPACECOM в различных ситуациях и временных интервалах. По этой причине уточнение начальных условий движения КО при обработке существующим ПТК СКАКО может давать недостаточно верный результат, что соответственно повлияет на точность прогнозирования. Понижение высоты апогея (рис. 1) и уменьшение периода (рис. 2) АМС «Фобос-Грунт» на интервале от 250 до 350 витка имеют значительные отклонения от наблюдаемого тренда.



Рис. 3. Понижение высоты апогея АМС «Фобос-Грунт» (прогноз на экватор)

Успешное проведение сопровождения АМС «Фобос-Грунт» в таких сложных условиях объясняется инициативой и высокой квалификацией персонала ЦККП СКАКО. По данному приоритетному КА проводилось ежедневное уточнение начальных условий из открытых источников координатной информации, а также по измерениям, полученным от оптических наблюдательных средств контроля космического пространства Украины. Обработка информации проводилась не в автоматическом, а ручном режиме с применением программ Экспериментального программно-технического комплекса (ЭПТК), что позволило проводить усреднение параметров движения в процессе обработки [4, 5].

Понижение высоты апогея и уменьшение периода АМС «Фобос-Грунт» после соответствующей обработки и прогноза на экватор показаны на рис. 3 и 4.



Рис. 4. Уменьшение периода АМС «Фобос-Грунт» (прогноз на экватор)

Таким образом, проводя третичную обработку информации каталогов USSPACECOM и уточнение параметров орбиты измерениями оптико-электронных средств СКАКО, персонал ЦККП смог добиться получения достоверного результата с приемлемой точностью.

Справедливость этого утверждения подтвер-

ждает тот факт, что, несмотря на некоторые вариации прогнозируемой даты и временного интервала прекращения существования АМС «Фобос-Грунт», по рассчитанным начальным условиям от 27 ноября 2011 года (таб. 1) ЦККП СКАКО за полтора месяца до падения смог дать довольно точный прогноз – 15 января 2012 года (табл. 2).

Таблица 1

Уточнённые начальные условия АМС «Фобос-Грунт» от 27 ноября 2011 года

Дата НУ	Виток	W, град	i, град	T, мин	dT, мин/вит	e	w, град	ц, град	kb, м ² /кг	h _п , км	h _а , км
27.11.2011	304	259.3106	51.40724	89.61629	-0.002692	0.007787916	113.11512	100.0447	0.001000271	214.87624	318.20061

Таблица 2

Прогноз времени прекращения существования АМС «Фобос-Грунт»

№ ЦККП	Международный №	Наименование	Тип	Страна	Дата запуска	Дата НУ	Дата прекращения существования	Прогноз интервала прекращения существования
17935	2011-065A	Фобос-Грунт	КА	РФ	08.11.2011	27.11.2011	15.01.2012	26.12.2011 – 23.02.2012

Таким образом, необходимость проведения третичной обработки информации очевидна. В настоящее время существующий штатный ПТК ЦККП не позволяет осуществлять такую обработку

в автоматизированном режиме. Из этого следует вывод о необходимости усовершенствования ПТК ЦККП в данном направлении при дальнейшей модернизации СКАКО.

В ходе развития нештатной ситуации с АМС «Фобос-Грунт» долго не удавалось установить связь с космическим аппаратом. Предпринимались многочисленные попытки получить сигнал с борта КА «Фобос-Грунт» не только со стороны Роскосмоса, но в этом процессе участвовало и Европейское космическое агентство. Необходимо было определить состояние аппарата, чтобы выяснить, по какой причине не удаётся установить связь с АМС «Фобос-Грунт» [6].

Персонал ЦККП систематически проводил работы по оценке состояния КА «Фобос-Грунт» с момента его внештатного выведения на орбиту.

В ходе наблюдений АМС «Фобос-Грунт» был проведен один сеанс фотометрических наблюдений, в ходе которого получена кривая блеска аппарата (рис. 5) и его видимые образы (табл. 3).

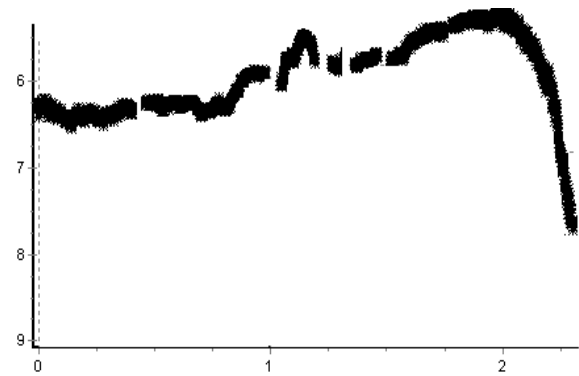


Рис. 5. Изменение стандартизированной звездной величины (m) от времени (минут) наблюдений КА 2011-065A (АМС «Фобос-Грунт») на интервале наблюдений 15:05:34 – 15:07:52 (UTC) 24 ноября 2011 года

Таблица 3

Образы КА 2011-065A, полученные АЗС-20 24.11.2011 (время: UTC+3h)

18:05:43	18:06:57	18:07:12

Из полученных данных следует, что на интервале наблюдений КА в кривой блеска отсутствуют регулярно повторяющиеся элементы. Это может служить свидетельством отсутствия быстрого вращения аппарата. Рост стандартизированной звездной величины на интервале наблюдения обусловлен изменением фазового угла освещенности. Спад яркости в конце наблюдений обусловлен вхождением КА в тень Земли. Исходя из полученных образов КА, судить об ориентации объекта очень сложно в силу малой информативности данных.

Для получения точной информации о периоде возможного вращения и ориентации КА было необходимо проведение регулярных длительных интервалов наблюдения [6]. Это было очень затруднительно в связи с неблагоприятными метеорологическими условиями, низкой высотой орбиты и особенностями условий освещенности.

Однако, по полученной информации всё же можно сделать вывод, что на интервале наблюдений КА значительных изменений ракурса объекта не обнаружено, что свидетельствует о его трехосной стабилизации либо о значительном периоде вращения, что менее вероятно, но тоже возможно.

Впоследствии дальнейшее развитие ситуации подтвердило справедливость этого вывода и противоречивость поступающей информации. С одной

стороны, когда спустя некоторое время была получена и расшифрована телеметрическая информация (24 ноября в 16:05 при прохождении КА низко над горизонтом на свету удалось получить полный «аварийный» кадр с помощью станции слежения на Байконуре), Роскосмос утверждал, что данные телеметрии подтвердили раскрытие солнечных батарей аппарата и построение солнечной ориентации (при этом ось зонда направлена на Солнце, солнечные батареи освещены и дают ток). Измерения, проведенные, в частности, 11, 13 и 19 ноября американскими наблюдателями, также свидетельствовали, что аппарат находился в устойчивом положении. Но, с другой стороны, наблюдающие за спутниками астрономы-любители утверждали, что, возможно, АМС начала беспорядочно вращаться, хотя раньше сохраняла стабильную ориентацию на Солнце. А снимки российской межпланетной станции «Фобос-Грунт», сделанные астрофотографом-любителем (рис. 6), показывают, что аппарат не находится в постоянной солнечной ориентации, сообщало РИА «Новости» со ссылкой на источник в ракетно-космической отрасли.

Аппарат не находится в штатном положении – нет постоянной ориентации на Солнце, которая необходима, чтобы солнечные батареи все время освещены и обеспечивали зонд энергией. Ес-

ли смотреть на снимок, то видно, что боковая поверхность освещена, Солнце «смотрит» не перпендикулярно солнечным батареям, а как-то со стороны.

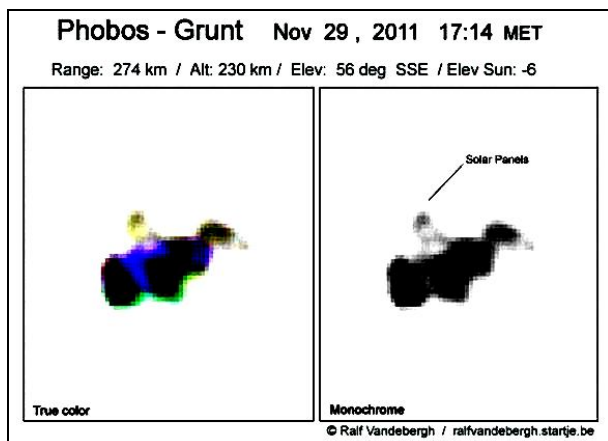


Рис. 6. Снимок АМС «Фобос-Грунт», сделанный астрофотографом-любителем 29 ноября 2011 года

Проводившаяся группой оптико-электронных средств ЦККП работа по оценке состояния АМС «Фобос-Грунт» дала хороший результат, а данная нештатная ситуация наглядно демонстрирует необходимость получения некоординатной фотометрической информации для полноценного функционирования СКАКО. На сегодняшний день штатный ПТК СКАКО не имеет возможности автоматизированного съёма и обработки фотометрической информации. Реализация такой возможности должна стать ещё одним направлением дальнейшего развития СКАКО.

Анализ нештатной ситуации с АМС «Фобос-Грунт» показал, что с 9 по 18 ноября определяемые по каталогам USSPACECOM орбиты шли с замет-

ным разбросом параметров, при этом высота перигея оставалась почти неизменной, в то время, как апогей ожидаемо уменьшался. Еще более непонятным оказался участок с 18 по 21 ноября, когда по американским данным прочитывался уверенный рост перигея почти на 3 км (если отсчитывать его от сферической Земли, т.е. избавиться от широтной зависимости). А 21 ноября все эти загадочные эволюции внезапно прекратились, и изменение орбиты «Фобос-Грунта» стало соответствовать движению пассивного тела с почти неизменным баллистическим коэффициентом. Мнимое повышение высоты перигея некоторые пытались объяснить работой двигателей АМС или какими-либо иными причинами, но у специалистов ЦККП на этот счёт было своё мнение.

Дело в том, что значения оскулирующих элементов орбиты в существенной мере зависят от того, в какой точке орбиты они вычисляются. Естественная эволюция параметров орбиты АМС «Фобос-Грунт» привела к изменению аргумента перигея. На протяжении интервала времени с 13.11.2011 по 23.11.2011 аргумент перицентра орбиты АМС изменялся в диапазоне от 38.3° до 96.6° , при этом «Фобос-Грунт» проходил над участками общеземного эллипсоида, находящимися ближе к центру Земли за счет ее гравитационного сжатия.

Несферичность Земли и естественное смещение аргумента перигея в сторону Северного полюса привело к возникновению эффекта кажущегося увеличения высоты перигея.

Проведенные в ЦККП расчёты подтверждают эту теорию и наглядно демонстрируют отсутствие реального увеличения высоты перигея и его естественное постепенное уменьшение (рис. 7).



Рис. 7. Понижение высоты апогея АМС «Фобос-Грунт» (прогноз на экватор)

Кроме того, существенным доказательством гравитационной природы кажущегося роста перигея является монотонное снижение как оскулирующего, так и драконического периодов обращения (рис. 2, 4). Еще более строгим доказательством гравитационной природы мнимого роста перигея является монотонное снижение полной энергии объекта по мере его спуска с орбиты [3÷5].

Персоналом ЦККП по факту автономной работы АМС и возможному включению двигателей кор-

рекции был проведен детальный анализ эволюции орбиты КА «Фобос-Грунт».

В ходе анализа выяснилось, что подобные изменения в высотах апогея и перигея могут быть обусловлены естественной эволюцией орбиты и несферичностью формы Земли, а не проведением коррекции орбиты при помощи двигателей.

Приведём для примера начальные условия АМС от 13.11.2011 и 15.11.2011:

НУ 13.11.2011.			
KA number		37872	
KA name		11065A	
SK: '0'-GPSK, '1'-SOE		1	
Revolution		68	68
Data		13.11.2011	13.11.2011
Time		04:57:33.9029	1.6e-01 04:57:33.9029
X m (OM g)		338.60917248	6.1e-03 -1442523.72
Y m (I g)		51.44961763	3.5e-03 -6442973.82
Z m (U g)		0.00987971	0.0e+00 890.37
Vx m/s (L)		0.0080741479	4.5e-05 4287.68672
Vy m/s (H)		0.0077250999	1.3e-04 -897.87995
Vz m/s (T min)		90.082750489	1.6e-04 6101.00662
Bk (p min)		-1.15866e-03	1.6e-05 0.000698
(e)		0.0111744813	
(om g)		43.73438747	
(Td min)		89.8843850439	
Ha m		359123.65	
Hp m		210354.82	

НУ 15.11.2011.			
KA number		37872	
KA name		11065A	
SK: '0'-GPSK, '1'-SOE		1	
Revolution		100	100
Data		15.11.2011	15.11.2011
Time		04:53: 9.9737	2.0e-01 04:53: 9.9737
X m (OM g)		327.88520385	7.3e-03 -2713123.47
Y m (I g)		51.45030376	4.2e-03 -6028626.07
Z m (U g)		359.98224864	0.0e+00 -1601.85
Vx m/s (L)		0.0065245420	5.3e-05 4014.54453
Vy m/s (H)		0.0087040752	1.5e-04 -1734.43304
Vz m/s (T min)		90.0477281722	1.9e-04 6092.45584
Bk (p min)		-1.36651e-03	2.4e-05 0.001195
(e)		0.0108779857	
(om g)		53.14491084	
(Td min)		89.8494945328	
Ha m		357527.99	
Hp m		212744.02	

Следует обратить внимание на параметр OM (аргумент перицентра) в первом и втором случаях. Заметна эволюция данного параметра (увеличение $\sim 10^\circ$). Это говорит о том, что аргумент перицентра орбиты КА смещается ближе к Северному полюсу. Так как Земля к полюсам сплюснута по отношению к экватору, то и мнимая высота перигея воз-

ле полюса соответственно будет больше. Апогей орбиты будет изменяться соответственно. Но параметры реальной орбиты из-за прецессии аргумента перигея в плоскости орбиты при этом изменяться не будут. Из этого следует, что вполне логичным будет предположить, что никакой коррекции станция в автономном режиме не проводила и приведенная в

СМИ информация о том, что КА «Фобос-Грунт»: «... корректирует свою орбиту за счет периодического включения собственных двигателей...» вызывает сомнения.

При расчетах времени прекращения существования и вероятного района падения АМС «Фобос-Грунт» использовались программные комплексы из состава ПТК и ЭПТК ЦККП. Проведенные работы показали необходимость дальнейшего усовершенствования ПТК ЦККП в этом направлении. В случае же с АМС «Фобос-Грунт» специалисты ЦККП при проведении расчётов вынуждены были обратиться к ЭПТК и проводить расчёты в ручном режиме.

Работы по сопровождению, прогнозу входа в атмосферу и определению вероятного района падения КА «Фобос-Грунт» выполнялись ежедневно [7]. По предварительным расчётам ЦККП АМС «Фобос-Грунт» должен был прекратить свое существование

15.01.2012 года. Про точное время и прогнозный район падения стало достоверно известно после проведения прогноза по начальным условиям, полученным на последних витках полета.

По данным Центра контроля космического пространства Украины 15.01.2012 года в 17:26:25 UTC завершен полет автоматической межпланетной станции «Фобос-Грунт». На высоте 120 километров космический аппарат вошел в плотные слои атмосферы ориентировочно в 16:36:53 UTC над акваторией Атлантического океана, в 330 км от побережья Либерии в районе с координатами: $2,71^{\circ}$ северной широты, 11° западной долготы (рис. 8).

Крупные несгоревшие обломки упали 15.01.2012 года в акватории Тихого океана, в районе архипелага Соломоновых островов, в 65 км на восток от острова Малаита с центром: $9,17^{\circ}$ южной широты, 162° восточной долготы, в 17:26:25 UTC (рис. 9).



Рис. 8. Вход АМС «Фобос-Грунт» в плотные слои атмосферы



Рис. 9. Центр района падения несгоревших обломков АМС «Фобос-Грунт»

Расчетное рассеивание несгоревших элементов конструкции: по продольной оси + 700 км, – 550 км,

по боковой дальности + 100 км, – 100 км. 15.01.2012 с 09:30 UTC USSPACECOM прекратил выдачу начальных условий и возобновил только в 15:09 UTC. Между тем, специалисты ЦККП РФ, обладая информацией, поступающей с национальных радиотехнических и оптических средств, информацию о возможном месте КА «Фобос-Грунт» выдавали периодически, без перебоев. Финальный расчет проводился по последним данным USSPACECOM от 15.01.2012, 16:36:03 UTC.

Проанализируем сообщения зарубежных независимых источников.

По сообщению пресс-службы Роскосмос, прогнозируемое окно падения остатков КА «Фобос-Грунт» на Землю определяется временным интервалом: с 21:40 до 22:10 по московскому времени 15 января 2012 года (рис. 10).

По данным корпорации AEROSPACE (рис. 11) время прекращения существования: 15 января 2012 17:52 UTC \pm 19 мин.

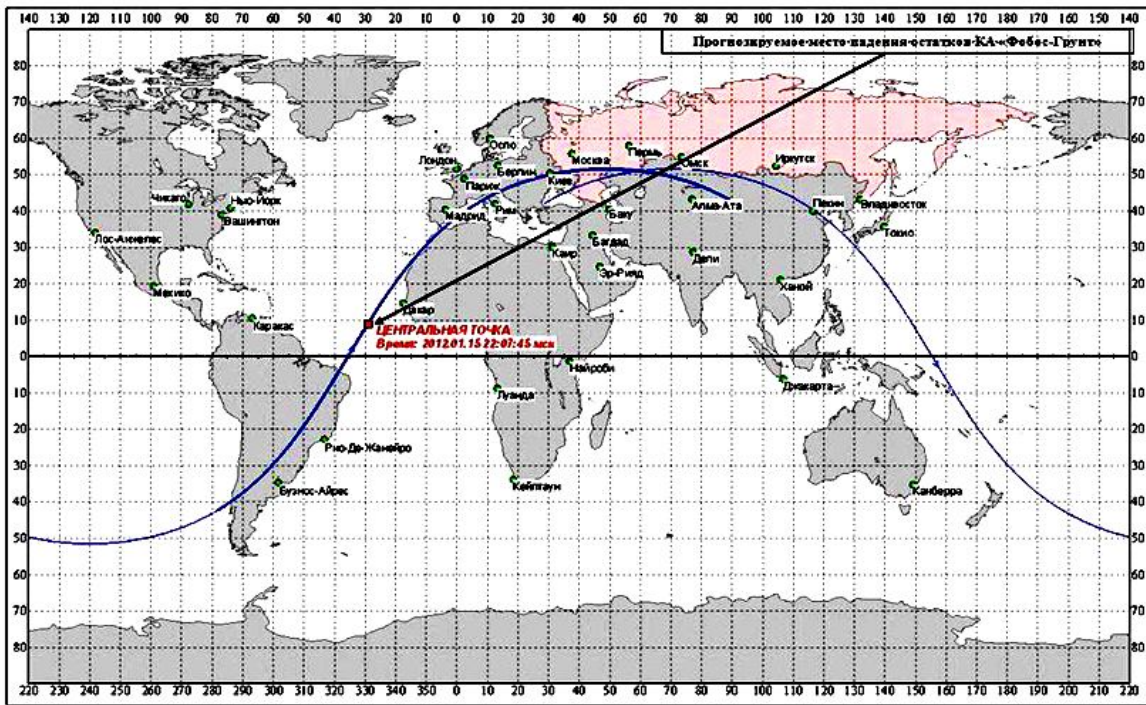


Рис. 10. Возможная зона падения остатков КА «Фобос-Грунт» по данным Роскосмоса

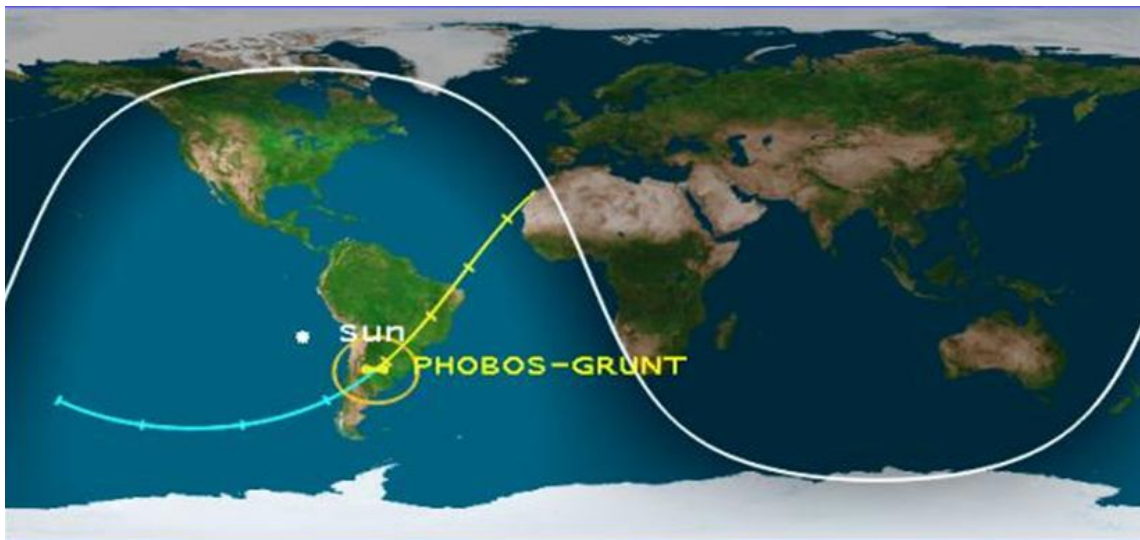


Рис. 11. Район прекращения существования АМС «Фобос-Грунт» по данным корпорации AEROSPACE

При проведении сравнительного анализа данных ЦККП Украины, РФ и USSPACECOM необхо-

димо учитывать, что при проведении расчётов применяются различные методики, модели формы Зем-

ли и атмосферы. Однако, следует отметить, что виток входа в атмосферу и виток падения АМС, рассчитанные ЦККП Украины, полностью совпадают с витками ЦККП РФ и USSPACECOM, хотя есть несущественный разброс в координатах точки падения. Но для системы контроля анализа космической обстановки, не обладающей на данный момент измерительной информацией национальных радиотехнических средств, подобный результат является допустимым и приемлемым. Это говорит о том, что в ЦККП Украины применяется правильная методика и математический аппарат для прогноза космических объектов, прекращающих свое существование, который при минимальной координатной информации позволяет получить достоверный результат. В случае задерживания национальных радиотехнических средств результат был бы улучшен на порядок.

Выводы

ЦККП Украины выполнил в полном объеме работы по сопровождению, прогнозированию времени и места прекращения существования АМС «Фобос-Грунт» и получил хороший результат.

Таким образом, на данное время функционирование системы контроля и анализа космической обстановки Украины позволяет сопровождать космические аппараты с достаточной точностью, которая даёт возможность осуществлять прогнозирование времени и места падения сгорающих объектов.

Однако существует необходимость создания дополнительных программно-технических средств для уточнения факторов, влияющих на выполнение необходимых расчётов. Требуется дальнейшее усовершенствование существующего ПТК ЦККП, а также математического аппарата, который позволял

бы проводить оценку влияния любого известного алгоритма вычисления на погрешности измерительных систем.

Необходима также разработка концепции, которая на основе учёта специфики работы ЦККП позволяла бы оптимизировать процедуру работы в нестандартных ситуациях.

Список литературы

1. Явтушенко А.М. Застосування космічних систем в сучасних умовах / А.М. Явтушенко. – К.: НАОУ, 2004. – 347 с.
2. Організація балістико-навігаційного забезпечення управління космічними апаратами: Підручник. / О.Б. Захаров, В.О. Гуменюк, Р.М. Залужний та ін.; під заг. ред. М.С. Сівова. – К.: НАОУ, 2007. – 508 с.
3. Механика космического полёта / под ред. академика В.П. Мишина. – М.: Машиностроение, 1989. – 407 с.
4. Баллистическое обеспечение космических полётов / П.А. Мамон и др. – Л.: ВИИ им. А.Ф. Можайского, 1990. – 662 с.
5. Механика космического полёта / М.С. Константинов, Е.Ф. Каменков и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 406 с.
6. Анучин О.Н. Бортовые системы навигации и ориентации искусственных спутников Земли / О.Н. Анучин, И.Э. Комарова, Л.Ф. Порфирьев. – СПб.: ГИЦ РФ ЦНИИ "Электроприбор", 2004. – 326 с.
7. Ярошевский В.А. Вход в атмосферу космических летательных аппаратов / В.А. Ярошевский. – М.: Наука ФМЛ, 1988. – 336 с.

Поступила в редколлегию 20.04.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКАКО ПО СУПРОВОДУ І ПРОГНОЗУВАННЮ ЧАСУ І РАЙОНУ ПРИПИНЕННЯ ІСНУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ МІЖПЛАНЕТНОЇ СТАНЦІЇ «ФОБОС-ГРУНТ»

С.В. Козелков, Е.І. Махонін, О.А. Моргун, О.М. Богдановський, К.С. Козелкова

Система контролю і аналізу космічної обстановки (СКАКО) України, як і будь-яка інша система контролю космічного простору, перш за все, призначена для роботи у випадках виникнення нештатних ситуацій. У статті приводиться короткий аналітичний огляд роботи СКАКО по супроводу і прогнозуванню часу і району припинення існування автоматичної міжпланетної станції (АМС) «Фобос-грунт» в умовах дослідної експлуатації системи.

Ключові слова: центр контролю космічного простору, програмно-технічний комплекс, автоматична міжпланетна станція «Фобос-грунт».

ANALYSIS OF FUNCTIONING CASS ON ACCOMPANIMENT AND PROGNOSTICATION OF TIME AND DISTRICT OF STOPPING OF EXISTENCE OF THE AUTOMATIC SPACE STATION «ФОБОС-ГРУНТ»

S.V. Kozelkov, E.I. Makhonin, A.A. Morgun, A.N. Bogdanovskiy, E.S. Kozelkova

Checking and analysis of space situation (CASS) of Ukraine system, as well as any other checking of space system, foremost, is intended for work in the cases of origin of nonpermanent situations. In the real article the brief analytical review of work of CASS is presented on accompaniment and prognostication of time and district of stopping of existence of the automatic space station (ASS) «Фобос-грунт» in the conditions of installation and check-out phase of the system.

Keywords: center of control of space, programmatic-technical complex, the automatic space station is «Фобос-грунт».