

IX. Определение времени падения КА “Tiangong-1”

10 февраля 2018

А.И. Назаренко, д.т.н., профессор, пенсионер

Изложенные ниже материалы являются продолжением текстов под тем же названием, размещенных на сайте satmotion.ru в конце 2017 г – начале 2018 г. [1 - 8].

1. Результаты за 10 февраля 2018 г.

Для 23-х предшествующих моментов времени привязки измерений было выполнено уточнение параметров орбиты КА по массиву исходных измерений, в качестве которых использовались известные TLE [9]. Ниже представлены результаты последнего по времени уточнения (НУ 9). Здесь координаты (км) и скорости (км/сек) – в геоцентрической инерциальной системе координат (как в TLE).

21954.710044 - модифицированная Юлианская дата =9 февраля 17^h 02^m 27.80^s
-6380.745738 - x
1804.877130 - y
-0.068758 - z
-1.5481276824 - V_x
-5.4853742734 - V_y
5.2724926808 - V_z
0.00263 - S_b (баллистический коэффициент, м²/кг).

На рисунке 1 представлены оценки баллистического коэффициента, значения индекса геомагнитной возмущенности (K_p) и минимизируемого критерия для всех предшествующих моментов времени уточнения параметров орбиты после 30 января 2018 г.

Оценки баллистического коэффициента (S_b) менялись в пределах от 0.00260 до 0.00287 м²/кг, т.е. в 1.1 раза. Наибольшие вариации торможения наблюдались 7 (рост) и 9 (уменьшение) февраля, что является следствием вариаций индекса K_p в предшествующие моменты времени. Черной линией отмечены усредненные оценки S_b на этом интервале времени (скользящее среднее). На интервале времени после 30 января они уменьшились на 14 %.

Значения приведенного на рисунке минимизируемого критерия имеют смысл усредненного на мерном интервале отношения остаточных невязок к расчетной среднеквадратической погрешности. Эти значения зависят от величины текущих остаточных невязок и меняются в интервале от 0.49 до 1.11. При идеальной настройке параметров алгоритма их среднее значение должно быть близко к 1. Усредненное значение критерия (0.81) оказалось заниженным, что является следствием низкой солнечной активности.

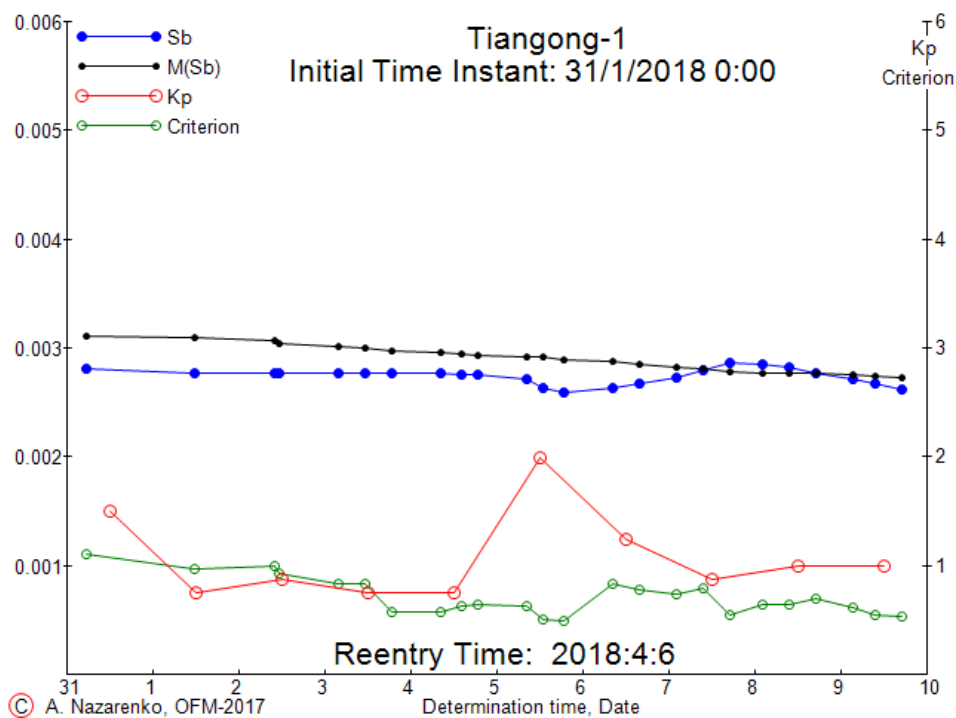


Рисунок 1. Оценки S_b , значения K_p и минимизируемого критерия

Последняя сглаженная оценка баллистического коэффициента ($0.00274 \text{ m}^2/\text{kg}$) использовалась в качестве постоянного значения при прогнозе движения КА до момента его входа в плотные слои атмосферы. Соответствующие результаты прогноза при упомянутых выше начальных условиях (НУ 9) представлены на рисунке 2

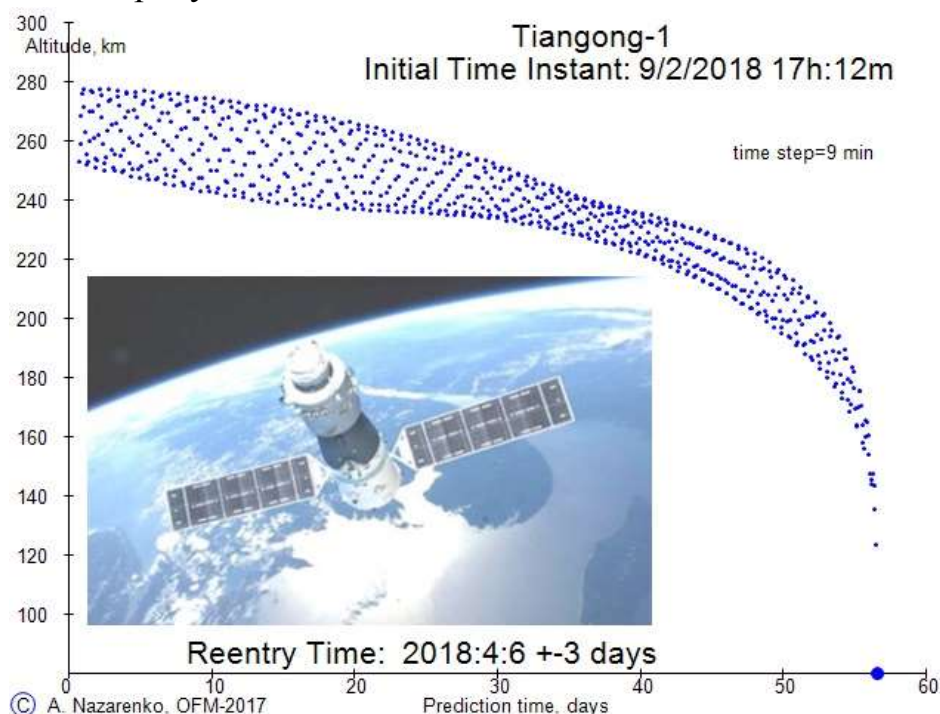


Рисунок 2. Изменение высоты на интервале прогноза

Результат прогноза.

Ожидаемое время входа в плотные слои атмосферы 6:04:2018 г ± 3 дня.

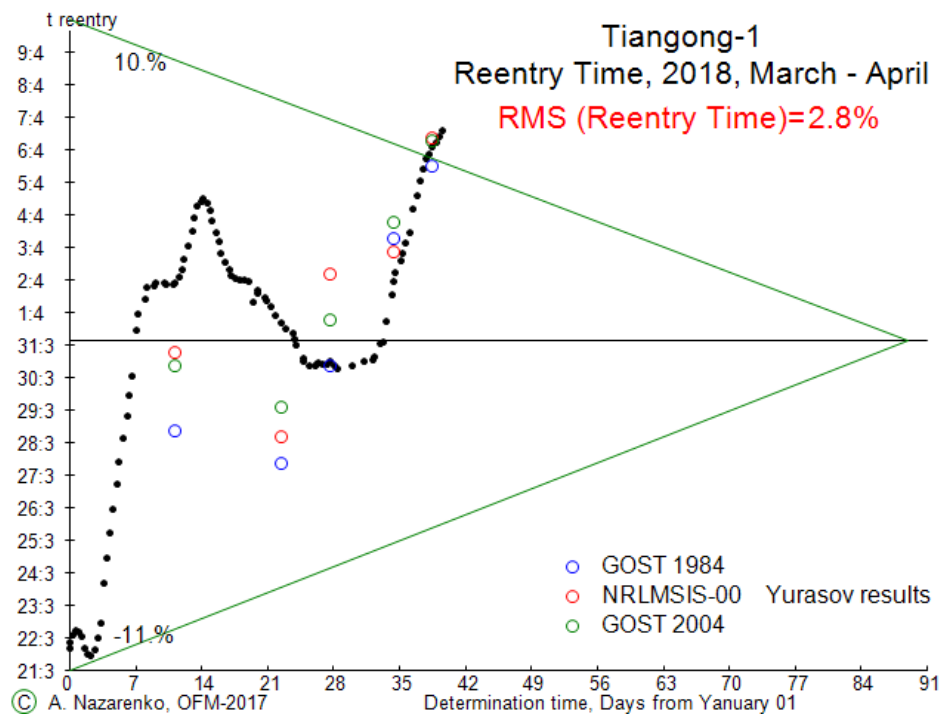


Рисунок 3. Все определения времени падения в 2018 г

На рисунке 3 представлены результаты всех 100 определений времени падения КА Tiangong-1, полученных после 1-го января. Среднее значение времени падения ≈ 31 марта. Отклонения от среднего не превышают 11.0% оставшегося времени существования. СКО погрешностей составило 2.8%, что в несколько раз меньше традиционных оценок погрешностей. Удаление времени падения в первых числах января и февраля согласуется с уменьшением средних значений S_b в этот период на 25%.

2. Последние публикации других авторов

а) Aerospace Corporation

Reentry Information

Tiangong-1 is predicted to reenter in **late March 2018** ± 2 weeks.

This prediction was performed by The Aerospace Corporation on 2018 January 30.

б) Space Track data

DECAY DATA

Show 10 entries Search All Columns: 37820

NORAD CAT ID	SATNAME	INTLDES	COUNTRY	MSG_EPOCH	DECAY_EPOCH	RCS	SOURCE	TLE	Type
37820	TIANGONG 1	2011-063A	PRC	2018-01-31 17:25:58	2018-03-12 0:00:00	LARGE	60day_msg	TLE	Prediction
37820	TIANGONG 1	2011-063A	PRC	2018-01-24 16:00:44	2018-03-12 0:00:00	LARGE	60day_msg	TLE	Prediction
37820	TIANGONG 1	2011-063A	PRC	2017-12-27 16:48:42	2018-02-22 0:00:00	LARGE	60day_msg	TLE	Prediction

Showing 1 to 3 of 3 entries (filtered from 57,921 total entries)

Country Legend RCS Legend

в) Данные В.С. Юрасова (частное сообщение)

Результаты обработки TLE на предшествующем недельном интервале и прогноза движения КА до момента падения:

Время начальных условий	Результат	Модель атмосферы		
		ГОСТ 1984	NRLMSIS	ГОСТ 2004
9 ноября 2017	t reentry	10 марта 02ч	9 марта 06ч	7 марта 00ч
	Sb, m ² /kg	0.00384	0.00386	0.00368
1 декабря 2017	t reentry	12 марта 03ч	9 марта 18ч	11 марта 22ч
	Sb, m ² /kg	0.00361	0.00389	0.00360
9 декабря 2017	t reentry	14 марта 00ч	16 марта 12ч	18 марта 06ч
	Sb, m ² /kg	0.00367	0.00373	0.00347
19 декабря 2017	t reentry	19 марта 14ч	21 марта 03ч	17 марта 14ч
	Sb, m ² /kg	0.00349	0.00361	0.00359
28 декабря 2017	t reentry	19 марта 20ч	20 марта 18ч	20 марта 15ч
	Sb, m ² /kg	0.00347	0.00369	0.00346
12 января 2018	t reentry	28 марта 10ч	30 марта 22ч	30 марта 10ч
	Sb, m ² /kg	0.00331	0.00341	0.00325
23 января 2018	t reentry	28 марта 04ч	28 марта 22ч	29 марта 22ч
	Sb, m ² /kg	0.00348	0.00342	0.00369
28 января 2018	t reentry	30 марта 09ч	2 апреля 20ч	31 марта 04ч
	Sb, m ² /kg	0.00334	0.00334	0.00333
4 февраля 2018	t reentry	3 апреля 23ч	4 апреля 19ч	3 апреля 08ч
	Sb, m ² /kg	0.0032	0.0034	0.0032
8 февраля 2018	t reentry	5 апреля 12ч	6 апреля 8ч	6 апреля 7ч
	Sb, m ² /kg	0.0030	0.0032	0.0030

Литература

1. А.И. Назаренко. Определение времени падения КА "Tiangong-1", 1 ноября 2017
2. А.И. Назаренко. Определение времени падения КА "Tiangong-1", 15 ноября 2017
3. А.И. Назаренко. Определение времени падения КА "Tiangong-1", 1 декабря 2017
4. А.И. Назаренко. Определение времени падения КА "Tiangong-1", 10 декабря 2017
5. А.И. Назаренко. Определение времени падения КА "Tiangong-1", 20 декабря 2017
6. А.И. Назаренко. Определение времени падения КА "Tiangong-1", 30 декабря 2017
7. А.И. Назаренко. Определение времени падения КА "Tiangong-1", 15 января 2018
8. А.И. Назаренко. Определение времени падения КА "Tiangong-1", 30 января 2018
9. <http://www.space-track.org>