

## Х. Определение времени падения КА “Tiangong-1” 20 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 - 9].

### 1. Результаты за 20 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 [10]. Ниже представлены результаты последнего по времени уточнения (НУ 10). Здесь координаты (км) и скорости (км/сек) – в геоцентрической инерциальной системе координат (как в TLE).

0.00344 0.00286 0.534

21964.422317- модифицированная Юлианская дата =19 февраля 10<sup>h</sup> 8<sup>m</sup> 8.18<sup>s</sup>

-1432.337720 - x

6475.705653 - y

0.486076 - z

-5.5576023573 - V<sub>x</sub>

-1.2476339845 - V<sub>y</sub>

5.2695192221 - V<sub>z</sub>

0.00344 - S<sub>b</sub> (баллистический коэффициент, м<sup>2</sup>/кг).

На рисунке 1 представлены оценки баллистического коэффициента, значения индекса геомагнитной возмущенности (K<sub>p</sub>) и минимизируемого критерия для всех предшествующих моментов времени уточнения параметров орбиты после 10 февраля 2018 г.

Оценки баллистического коэффициента (S<sub>b</sub>) менялись в пределах от 0.00260 до 0.00344 м<sup>2</sup>/кг, т.е. в 1.3 раза. Наибольшие вариации торможения (рост) наблюдались после 19 февраля, что является следствием сильной и продолжительной геомагнитной бури 15-19 февраля. Черной линией отмечены усредненные оценки S<sub>b</sub> на этом интервале времени (скользящее среднее). На интервале времени после 10 февраля они увеличились на 5 %.

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 0.41 до 1.21. При идеальной настройке параметров алгоритма их среднее значение должно быть близко к 1. Усредненное значение критерия (0.77) оказалось несколько заниженным.

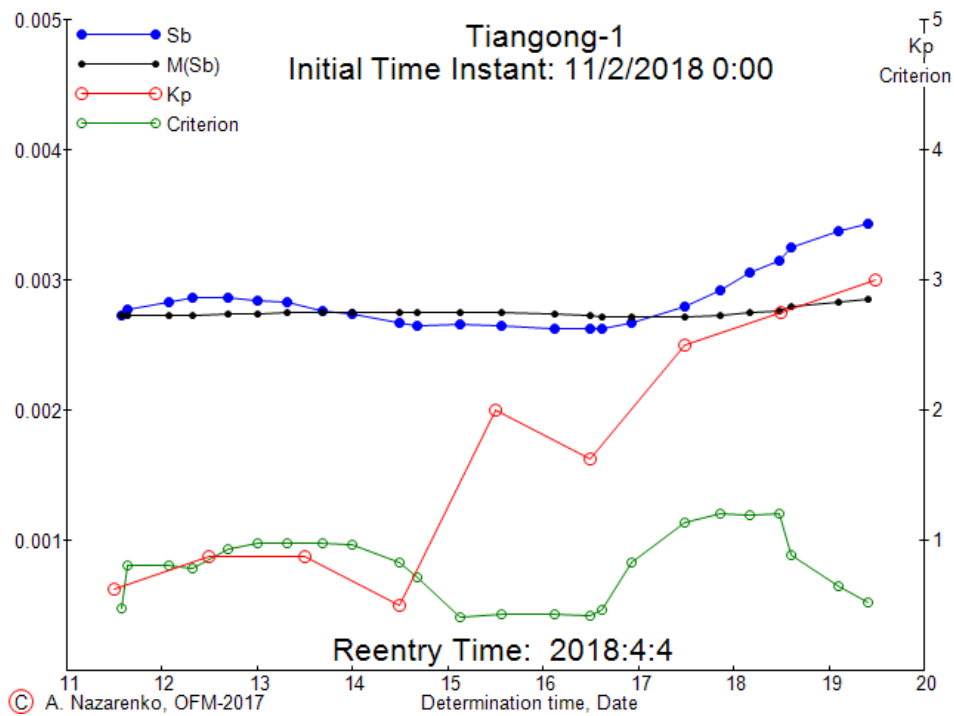


Рисунок 1. Оценки  $S_b$ , значения  $K_p$  и минимизируемого критерия

Последняя сглаженная оценка баллистического коэффициента ( $0.00286 \text{ m}^2/\text{kg}$ ) 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 10) представлены на рисунке 2

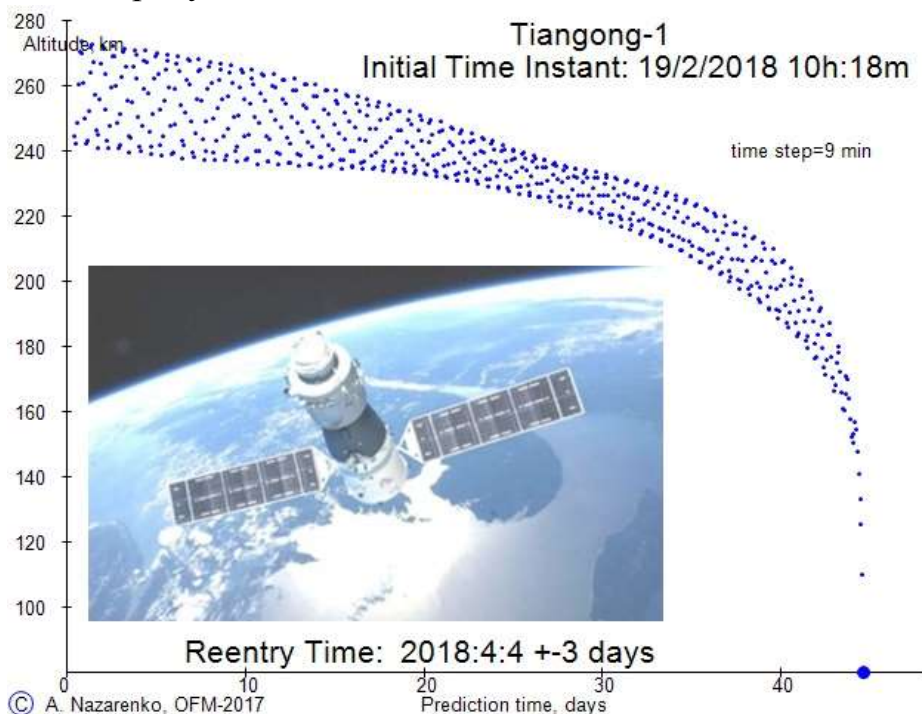


Рисунок 2. Изменение высоты на интервале прогноза

Результат прогноза.

**Ожидаемое время входа в плотные слои атмосферы 4:04:2018 г ±3 дня.**

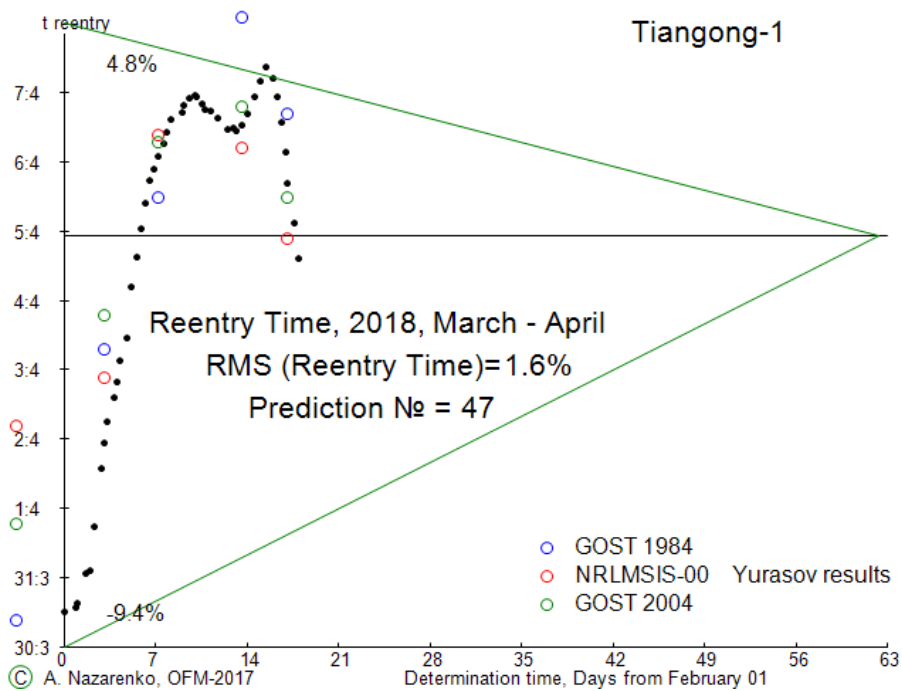


Рисунок 3. Все определения времени падения после 1 февраля 2018 г. На рисунке 3 представлены результаты всех 47 определений времени падения КА Tiangong-1, полученных после 1-го февраля. Среднее значение времени падения  $\approx 4$  апреля. Отклонения от среднего не превышают 10.0% оставшегося времени существования. СКО погрешностей составило 1.6%, что в несколько раз меньше традиционных оценок погрешностей. Приближение времени падения после 17 февраля является следствием влияния геомагнитной бури.

## 2. Последние публикации других авторов

a) Aerospace Corporation

### Reentry Information

Tiangong-1 is predicted to reenter in **early April 2018**  $\pm 1.5$  weeks\*.

This prediction was performed by The Aerospace Corporation on 2018 February 14.

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

First Previous 1 Next Last

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

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

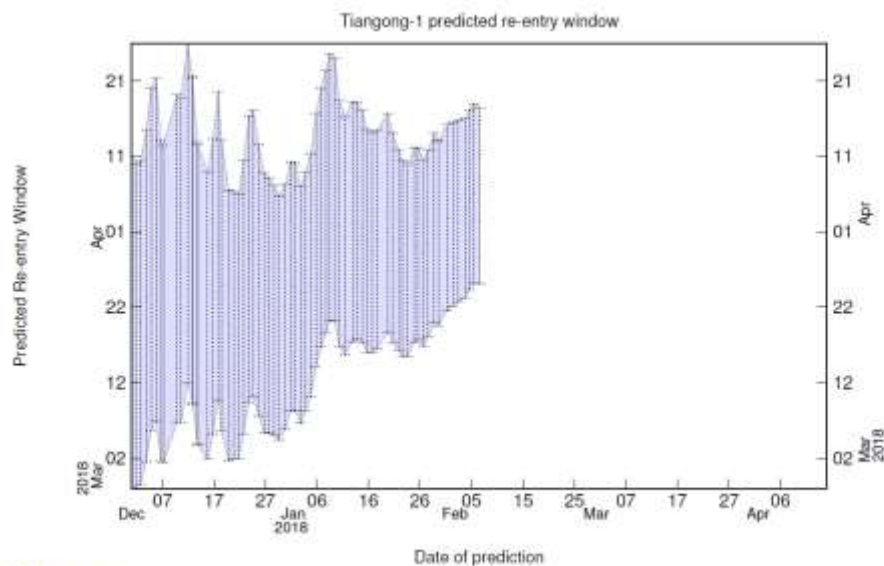
Время начальных условий	Результат	Модель атмосферы		
		ГОСТ 1984	NRLMSIS	ГОСТ 2004
9 ноября 2017	t reentry	10 марта 02ч	9 марта 06ч	7 марта 00ч
	Sb, m <sup>2</sup> /kg	0.00384	0.00386	0.00368
1 декабря 2017	t reentry	12 марта 03ч	9 марта 18ч	11 марта 22ч
	Sb, m <sup>2</sup> /kg	0.00361	0.00389	0.00360
9 декабря 2017	t reentry	14 марта 00ч	16 марта 12ч	18 марта 06ч
	Sb, m <sup>2</sup> /kg	0.00367	0.00373	0.00347
19 декабря 2017	t reentry	19 марта 14ч	21 марта 03ч	17 марта 14ч
	Sb, m <sup>2</sup> /kg	0.00349	0.00361	0.00359
28 декабря 2017	t reentry	19 марта 20ч	20 марта 18ч	20 марта 15ч
	Sb, m <sup>2</sup> /kg	0.00347	0.00369	0.00346
12 января 2018	t reentry	28 марта 10ч	30 марта 22ч	30 марта 10ч
	Sb, m <sup>2</sup> /kg	0.00331	0.00341	0.00325
23 января 2018	t reentry	28 марта 04ч	28 марта 22ч	29 марта 22ч
	Sb, m <sup>2</sup> /kg	0.00348	0.00342	0.00369
28 января 2018	t reentry	30 марта 09ч	2 апреля 20ч	31 марта 04ч
	Sb, m <sup>2</sup> /kg	0.00334	0.00334	0.00333
4 февраля 2018	t reentry	3 апреля 23ч	4 апреля 19ч	3 апреля 08ч
	Sb, m <sup>2</sup> /kg	0.0032	0.0034	0.0032
8 февраля 2018	t reentry	5 апреля 12ч	6 апреля 8ч	6 апреля 7ч
	Sb, m <sup>2</sup> /kg	0.0030	0.0032	0.0030
15 февраля 2018	t reentry	08 апреля 13ч	6 апреля 6ч	6 апреля 19ч
	Sb, m <sup>2</sup> /kg	0.0028	0.0032	0.0030
18 февраля 2018	t reentry	6 апреля 17ч	4 апреля 23ч	5 апреля 13ч
	Sb, m <sup>2</sup> /kg	0.0030	0.0033	0.0031

г) ESA (<http://blogs.esa.int/rocketscience/2018/01/12/tiangong-1-reentry-updates/>)

#### Update 7 February 2018

The current estimated window is **~25 March to ~17 April**; this is highly variable.

Reentry will take place anywhere between 43°N and 43°S (e.g. Spain, France, Portugal, Greece, etc.). Areas outside of these latitudes can be excluded. At no time will a precise time/location prediction from ESA be possible. This forecast will be updated approximately every week in January and February.



## 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. А.И. Назаренко. Определение времени падения КА “Tiangong-1”, 10 февраля 2018
10. <http://www.space-track.org>