

VI. Определение времени падения КА “Tiangong-1”

30 декабря 2017

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

Изложенные ниже материалы являются продолжением размещенных на сайте текстов под тем же названием за 1, 15 ноября, 1, 10 и 20 декабря 2017 г [1 - 6].

Результаты за 30 декабря 2017 г.

Для 60-ти предшествующих моментов времени привязки измерений было выполнено уточнение параметров орбиты КА по массиву исходных измерений, в качестве которых использовались известные TLE [6]. Ниже представлены результаты последнего по времени уточнения (НУ 6). Здесь координаты (км) и скорости (км/сек) – в геоцентрической инерциальной системе координат (как в TLE).

21912.634719- модифицированная Юлианская дата=29 декабря 15^h 13^m 59.72^s
2276.131512 - x
6249.911870 - y
0.195462 - z
-5.3508990349 - V_x
1.9325144072 - V_y
5.2636809347 - V_z
0.00349 - 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 20 декабря.

Оценки баллистического коэффициента (S_b) менялись в пределах от 0.00304 до 0.00415 м²/кг, т.е. в 1.4 раза. Эти оценки играют важную роль, так как используются в качестве исходных данных для расчета торможения КА в атмосфере. Существенные вариации торможения наблюдались в интервалах времени 20-21 декабря (уменьшение) и 25-26 декабря (увеличение). Черной линией отмечены усредненные оценки S_b на некотором предшествующем интервале времени (скользящее среднее). Они используются при формировании исходных данных для прогноза.

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 0.37 до 1.35. При идеальной настройке параметров алгоритма их среднее значение должно быть близко к 1. Усредненное по данным рисунка значение критерия равно 0.89, что приемлемым образом согласуется с идеальным значением.

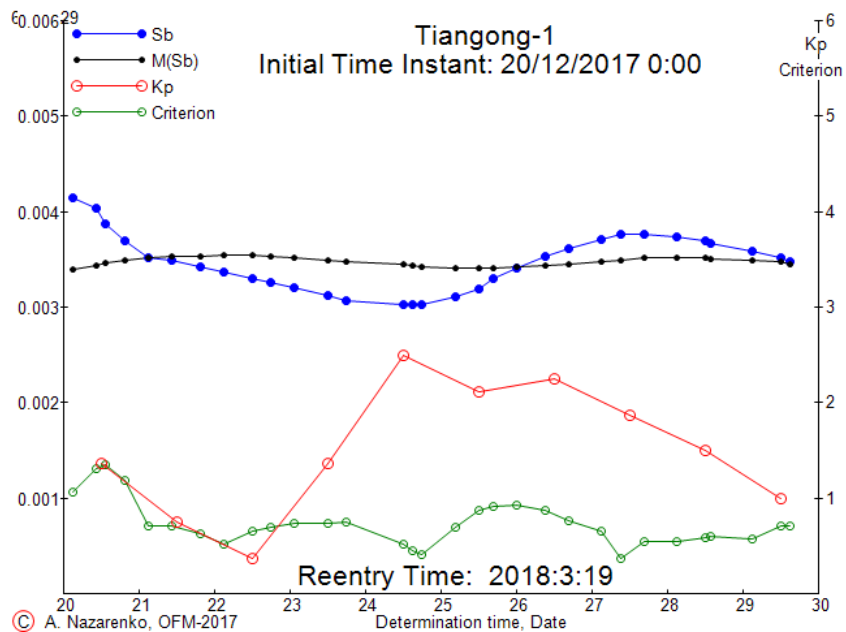


Рисунок 1. Оценки S_b , значения K_p и минимизируемого критерия

Из сравнения оценок S_b с индексами геомагнитной возмущенности видно, что упомянутые выше вариации торможения являются следствием экстремальных значений геомагнитной активности 17-18 и 21-22 декабря, что привело к соответствующему изменению плотности атмосферы. Последняя сглаженная оценка баллистического коэффициента ($0.00346 \text{ m}^2/\text{kg}$) 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 б) представлены на рисунке 2.

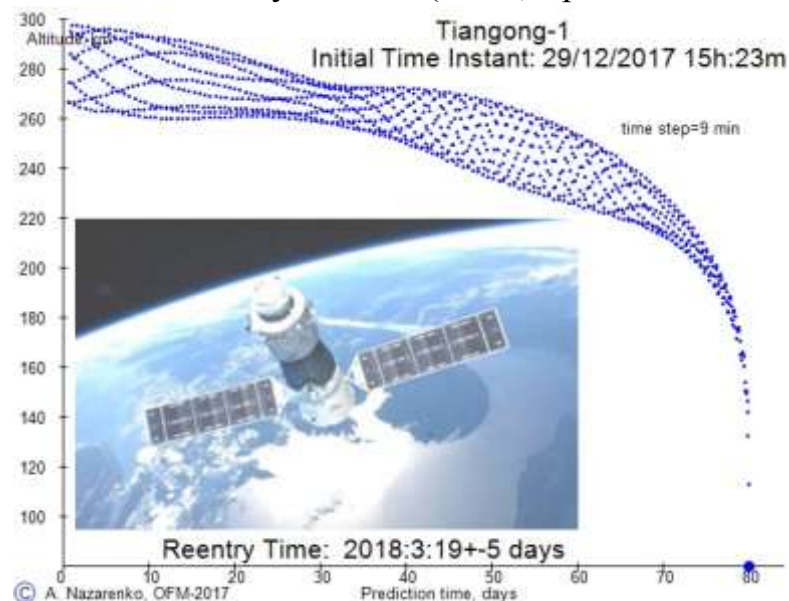


Рисунок 2. Изменение высоты на интервале прогноза

Результат прогноза.

Ожидаемое время входа в плотные слои атмосферы 19:03:2018 г ± 5 дней.

На рисунке 3 представлены результаты всех 89-ти предшествующих определений времени падения КА Tiangong-1, полученных на основе разработанной автором методики. Среднее значение времени падения ≈ 17 марта. Отклонения от среднего не превышают 8.5% оставшегося времени существования. СКО погрешностей составило 2.7%, что в несколько раз меньше традиционных оценок погрешностей.

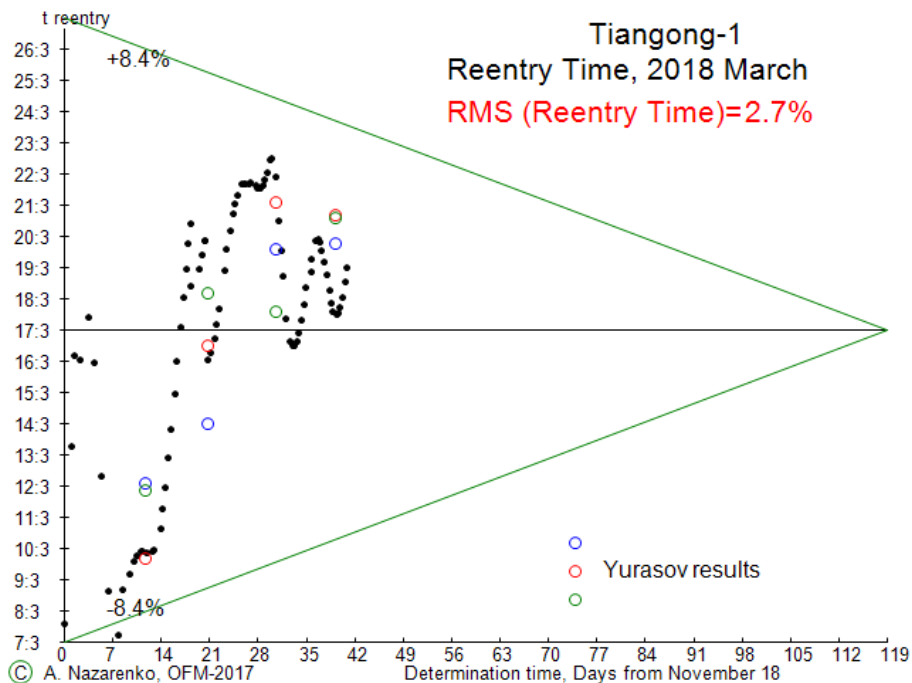
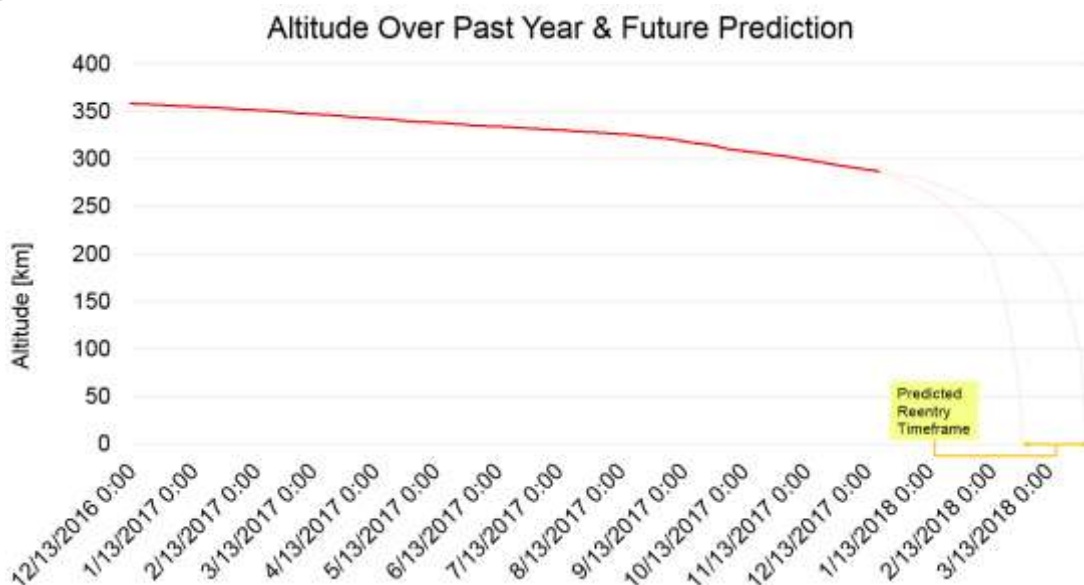


Рисунок 3. Все определения времени падения

Последние публикации других авторов

a) Tiangong-1 Altitude Prediction. This prediction was performed by The Aerospace Corporation on 2017 December 19.



Tiangong-1 Altitude Prediction

Tiangong-1 is to reenter in mid-March 2018 ± 2 weeks

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

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

Время началь-ных 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

с) Данные сайта Satview.org



Forecast of Reentry Location

Update Wed 27-Dec-2017 22:11 UTC

The map above shows the location of the possible reentry of the space junk **TIANGONG 1 (37820U)** predicted by modeling of orbital evolution until the fragment or satellite reaches the altitude of nominal burst.

According to the forecast made by **Satview.org**, the object's reentry will occur in **Saturday, 24 Mar 2018 at 07:36 UTC**, above the coordinates shown on map.

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. <http://www.space-track.org>