

REVOLTING EFFECTS IN OWN ROTATION OF HIGH-ORBITAL SATELLITES

ВОЗМУЩАЮЩИЕ ЭФФЕКТЫ В СОБСТВЕННОМ ВРАЩЕНИИ ВЫСОКООРБИТАЛЬНЫХ ИСЗ

V.P. Epishev, I.I. Isak, Y.M. Motrunich, I.I. Motrunich, I.F. Naubauer, S.S. Pop, V.I. Kudak

Laboratory of space researches, Uzhgorod National University,
Dalekaja 2a st. Uzhgorod, 88000, Ukraine, *space@univ.uzhgorod.ua*

ABSTRACT. Character of own satellites rotation is analysed, depending on the height of their flight. Results of determination of size of indignations which have influence on a rotation of the probed objects are brought. On the basis of the got results the attempt of estimation of relative change of sun permanent on solar period is done.

РЕЗЮМЕ. Анализируется характер собственного вращения ИСЗ, в зависимости от высоты их полета. Приводятся результаты определения величины возмущений, оказывающих влияние на вращение исследуемых объектов. На основании полученных результатов делается попытка оценки относительного изменения солнечной постоянной на цикле солнечной активности.

В Лаборатории космических исследований (ЛКИ) УжНУ реализован нетрадиционный подход к определению величины возмущений со стороны физических полей околоземного космического пространства, которые влияют на вращение ИСЗ любой формы. Он основан на высокоточном определении периода собственного вращения и ориентации неуправляемых космических аппаратов (КА) по результатам комплексных (позиционных и фотометрических) их наблюдений (Епишев и др., 2004). О возможной эффективности этого метода упоминается еще Григоревским В.М. в 1969 году (Григоревский, 1969). Но отсутствие долгое время эффективной методики определения ориентации неуправляемых ИСЗ тормозило его развитие. Разработанные в ЛКИ методики и соответствующие программы обработки результатов наблюдений позволяют оценить направление основных осей неуправляемых КА с точностью до 1° и фиксировать изменение периода их собственного вращения с погрешностью 0.05–0.10 с. Отсюда появляется возможность определять величину возмущений на интервале 1–2 проходов

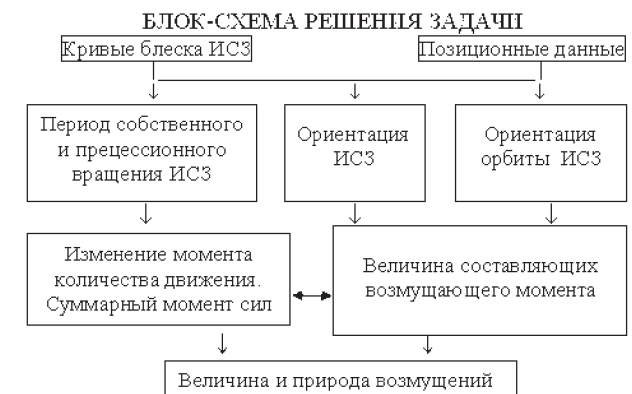


Рис. 1:

ИСЗ. В случае общепринятого метода оценки возмущений, основанного на контроле изменений в элементах орбиты спутника, нужны наблюдения на 2–3 порядка больших интервалах времени. Кроме того последний метод не позволяет определить кратковременные изменения величины возмущения в ту или иную сторону.

Поэтапную реализацию обсуждаемого метода можно представить в виде следующей блок-схемы:

Тщательное изучение поведения на орбите 4-х ИСЗ системы “Мидас” ($H = 3350\text{--}3750$ км), 2-х – системы “Метеор-2” ($H = 550\text{--}870$ км), “Тортензии” ($H = 1479\text{--}1497$ км), “Пагеоса” ($H = 4000\text{--}4500$ км), одного из геостационаров (№ 95099) и некоторых ИСЗ системы “Космос” показывает, что период вращения ряда неуправляемых спутников не только увеличивается, но и периодически уменьшается. У высокоорбитальных КА явно прослеживается связь между их собственным вращением и солнечной активностью. Но она искажается такими факторами, как пребывание спутника в момент наблюдений в той или иной точке орбиты, прямое у спутника дви-

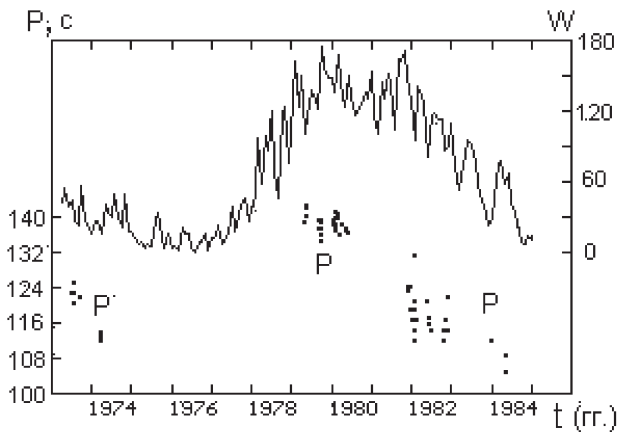


Рис. 2: Изменение периода собственного вращения (P) ИСЗ "Мидас-4" и чисел Вольфа (W) в 1973–1984 гг.

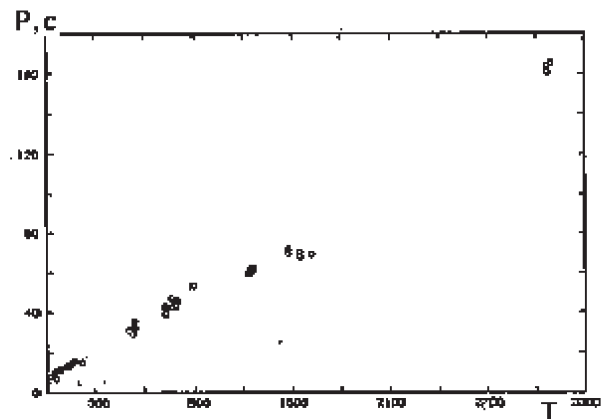


Рис. 4: Изменение периода собственного вращения ИСЗ "Метеор-2"(70047) в 1978–1986 гг.

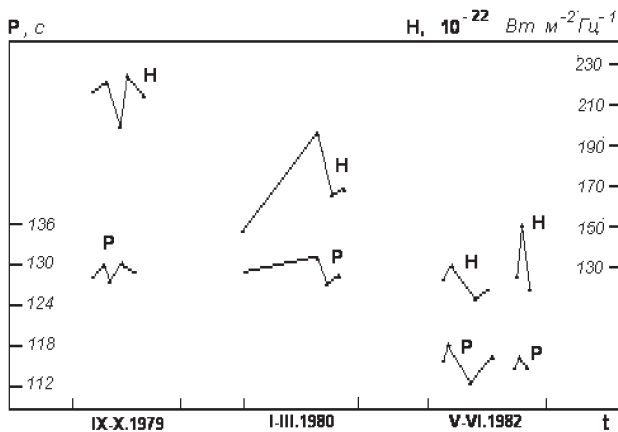


Рис. 3: Излучение Солнца на $\lambda = 10.7$ см (H) и периоды собственного вращения ИСЗ "Мидас-4"(P) на моменты наблюдений

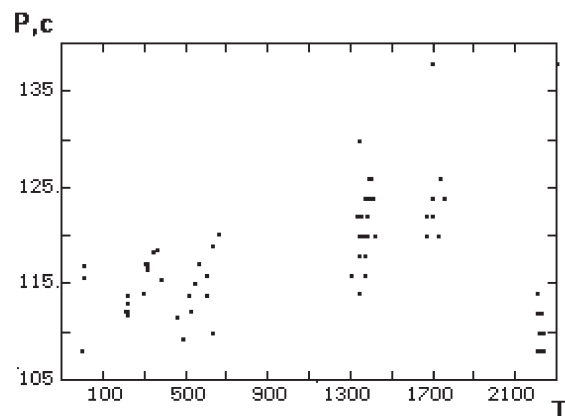


Рис. 5: Изменение периода собственного вращения ИСЗ "Мидас-7"(63030) в 1978–1984 гг.

жение по орбите или обратное, какая его ориентация во время наблюдений. Наиболее существенное влияние на данную зависимость оказывает форма объекта.

На рисунках 2-6 приведены данные об изменении периода собственного вращения некоторых исследуемых нами ИСЗ на длительных интервалах времени, которые подтверждают разнообразный его характер.

По мере возможности для ряда ИСЗ была проведена количественная оценка возмущений действующих на них в моменты наблюдений. Результаты представлены в таблице 1, где H – высота полета спутника; Матм., Мсолн., Мз.р. – граничные значения возмущающих моментов, соответственно, со стороны атмосферы, солнечного излучения, земной радиации; $N_{\text{прох.}}$ – количество обработанных проходов спутника; ΔP_0 – граничные значения пе-

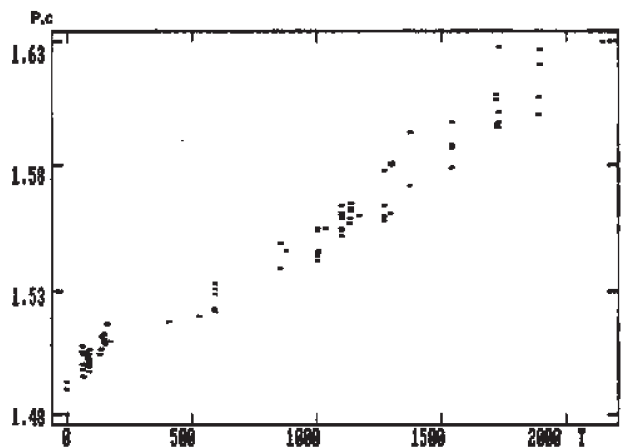


Рис. 6: Изменение периода собственного вращения ИСЗ "Аджисай"(86061) по наблюдениям в 1986–1992 гг.

Таблица 1:

Название ИСЗ	Н, км	Матм., (н·м)·10 ⁻⁴	Мсолн., (н·м)·10 ⁻⁵	Мз.р., (н·м)·10 ⁻⁵	Нпрох.	ΔP_o , сек $P_{min} - P_{max}$
1. "Метеор-2"(70019)	550 - 590	4.3 - 15.8	2.6 - 12.5	0.9 - 1.6	27	14.04 - 231.97
2. "Метеор-2"(70047)	860 - 890	0.3 - 10.6	3.5 - 14.3	0.9 - 1.3	42	20.87 - 131.16
3. "Мидас-3"(61018)	3350 - 3530	-	2.0 - 2.4	0.3	7	96.17 - 111.96
4. "Мидас-4"(61028)	3500 - 3750	-	1.7 - 2.5	0.2	80	104.67 - 140.96
5. "Мидас-6"(63014)	3600 - 3680	-	1.9 - 2.2	0.2	12	78.32 - 81.86
6. "Мидас-7"(63030)	3670 - 3720	-	1.9 - 2.2	0.2	113	104.60 - 130.67
7. "Аджисай"(86061)	1479 - 1497	-	0.72		72	1.490 - 1.637

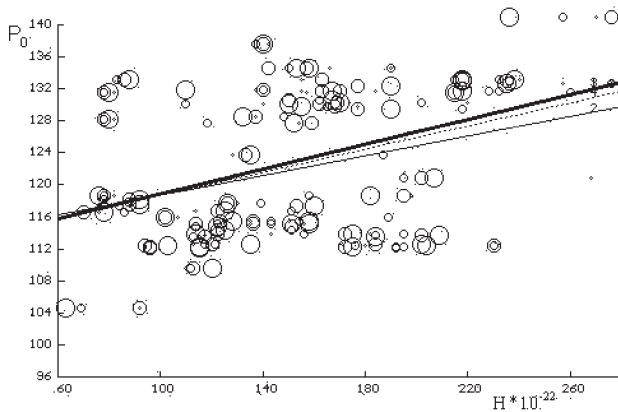


Рис. 7: Корреляционная зависимость между периодом собственного вращения ИСЗ "Мидас-4" и излучением Солнца на $\lambda = 10,7$ см в ближайшие четверо суток относительно момента наблюдения спутника

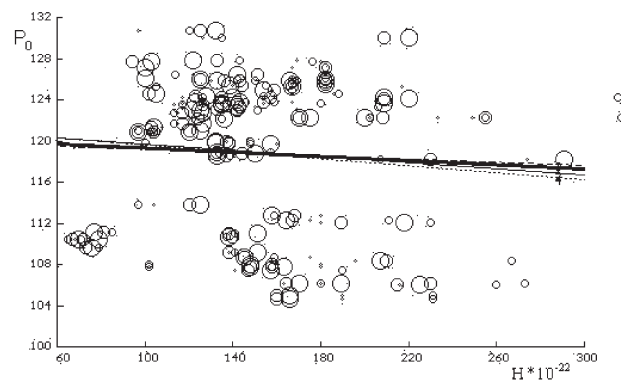


Рис. 8: Корреляционная зависимость между периодом собственного вращения ИСЗ "Мидас-7" и излучением Солнца на $\lambda = 10,7$ см в ближайшие четверо суток относительно момента наблюдения спутника

риода собственного вращения спутника на всем интервале наблюдения.

Учет взаимодействия излучения со стороны Солнца и Земли с отдельными элементами конструкции объекта проводился через расчет соответствующих фазовых функций, обусловленных формой и ориентацией объекта, а также в некоторой степени характером отражения излучения от поверхности.

Для ИСЗ серии "Мидас" был проведен корреляционный анализ зависимости значения периода их собственного вращения от величины излучения Солнца на $\lambda = 10,7$ см в ближайшие к моменту наблюдений четверо суток. Результаты анализа для ИСЗ "Мидас-4" и "Мидас-7" отображены на рис. 7, 8. Зависимость периода вращения от солнечного излучения в разные дни, на рисунках обозначена, соответственно, различными четырьмя обозначениями и линиями регрессии.

Полученные данные подтвердили довольно хорошую корреляционную зависимость между собственным вращением ИСЗ и изменением солнечного излучения для объектов "Мидас-3", "Мидас-4" (соответственно коэффициенты корреляции 0,60 и 0,45),

и очень слабую для "Мидас-6" и "Мидас-7" (коэффициент $-0,14; 0,11$), к тому же с противоположным наклоном линии регрессии. То есть, если увеличение потока солнечной радиации ощутимо тормозит вращение ИСЗ "Мидас-3" и "Мидас-4", то у "Мидас-6" и "Мидас-7" оно убыстряет. Довольно странный результат, который, на наш взгляд, можно объяснить разве что изменениями в поверхностных конструкциях этих пар спутников и направлением их орбитального движения. Так, "Мидас-3,4" по сравнению с вращением Земли имеет обратное движение по орбите, "Мидас-6,7" — прямое.

Еще более четкая зависимость между солнечным излучением и собственным вращением космических объектов должна просматриваться в случае неуправляемых геостационарных спутников. Это подтверждается результатами первых успешных наблюдений их вращения. Например, результаты телевизионных фотометрических наблюдений за ГСС № 95099, полученных Суховым П.П. в Одесской обсерватории (таблица 2). Здесь W — числа Вольфа.

На основании приведенных ужгородских наблюдений ИСЗ "Мидас-4" и одесских — ГСС № 95099 мы рискнули оценить относительное изменение потока солнечного излучения (солнечной постоянной)

Таблица 2: Изменения периода собственного вращения ГСС № 95099 и излучения Солнца на $\lambda = 10.7$ см

№	Дата	P_0 , с	W	$F_{10.7} \cdot 10^{-22}$
1	28.07.04	32.87	51.0	118.5
2	16.08.04	32.61	40.9	110.1
3	14.09.04	32.22	27.7	103.1
4	03.10.04	31.95	48.4	105.7

на интервале 4,92 года 21 цикла солнечной активности и 0,18 года 23 цикла. Результаты представлены в таблице 3. Здесь \bar{M}_0 – среднее значение возмущающего момента, действующего на ИСЗ со стороны солнечного излучения; $\delta\bar{M}_0$ – его относительное изменение; $\delta\bar{M}_0/\bar{M}_0$ – относительное процентное изменение суммарного солнечного излучения на указанном интервале рассматриваемого цикла.

Таблица 3:

Название ИСЗ	$M_0 \cdot 10^{-5}$ н·м	$\delta M_0 \cdot 10^{-7}$	$\delta M_0/M_0$, (%)	ΔT (г)	№ цикла
Мидас-4	2.30	(1.80+0.21)	(0.78+0.09)	4.92	21
ГСС № 95099		(1 59+0 10)		0 18	23

Полученные результаты оценки относительного изменения суммарного потока солнечного излучения по точности одного порядка с данными его прямых измерений с космических аппаратов. Таким образом, ИСЗ “Мидас-3,4” можно использовать в качестве индикатора изменения потока солнечной радиации на границе земной атмосферы.

В случае анализа вращения двух одинаковых низкоорбитальных ИСЗ системы “Метеор-2”, которые находятся на разных высотах, получена оценка величины изменения возмущений со стороны атмосферы в зависимости от высоты полета спутника над поверхностью Земли. На перепаде высот от 550 км до 870 км величина таких возмущений отличается в 6–7 раз.

Литература

- Епишев В.П., Исак И.И., Мотрунич И.И., Новак Э.И.: 2004, *Космічна наука і технологія*, **10**, №5/6, 152.
 Григоревский В.М.: 1969, *Бюлл. ст. оптич. наблюдений искусств. спутников Земли*, **54**, 9.