

УДК 520:52.14

PACS 95.85.Kr, 96.25.De, 96.25.Vt

DOI: 10.24144/2415-8038.2017.41.140-145

В.І. Кудак, В.М. Періг, І.Ф. Найбауер

Ужгородський національний університет, Лабораторія космічних досліджень, 88000, Ужгород, вул. Далека 2а

E-mail: lab-space@uzhnu.edu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ПЕРІОДУ ВЛАСНОГО ОБЕРТАННЯ СУПУТНИКА «AJISAI» НА ІНТЕРВАЛІ 1986-2017 РР.

Представлено результати дослідження власного обертання супутника «Ajisai» (NORAD ID 16908, ESA ID 86061A) від моменту його запуску на орбіту Землі в 1986 році до 2017 року включно. Визначені періоди власного обертання ШСЗ з кривих блиску, що були отримані в ЛКД УжНУ. Ці результати співставленні з даними інших закордонних досліджень по даному супутнику. Проаналізовано загальну тенденцію зміни періоду власного обертання протягом часу перебування супутника на орбіті.

Ключові слова: супутник «Ajisai», крива блиску, період власного обертання, ефемерида, зоряна величина.

Вступ

Японський геодезичний супутник «Ajisai» запущений 12 серпня 1986 року на кругову орбіту із висотою 1500 км і нахилом 50° . Цей супутник має форму сфери діаметром 2,15 м (рис.1) [1]. На його поверхні встановлено 318 плоских дзеркал, які відбивають сонячне світло для візуального супроводження, і 120 лазерних відбивачів (LRR), на кожній із яких встановлено 12 кутикових відбивачів для проведення лазерно-віддалемірних спостережень супутника (SLR). Панелі LRR розподілені по поверхні супутника таким чином, що вони утворюють 15 широтних кілець. Є 5 кілець із 12 LRR, 4 кільця із 9 LRR, 2 кільця із 6 LRR, і 4 кільця із 3 LRR [1]. Схематичний розподіл панелей LRR в залежності від довготи і широти на поверхні супутника показаний на рис.2. Обертання супутника навколо власної осі зумовлює видимі спалахи відбитого дзеркалами сонячного світла, які спостерігаються із поверхні Землі. Це дозволяє точно визначити кутову швидкість обертання супутника, але вимагає встановлення спеціального фотометричного обладнання на наземних станціях. Фотометричні спостереження можна про-

вести лише в нічний безхмарний час, та коли супутник не знаходиться в тіні Землі.

«Ajisai» запущений на орбіту з початковою швидкістю власного обертання 40 об/хв і орієнтацією осі обертання, направленою паралельно до осі обертання Землі. Після запуску супутника фотометричним методом була визначена швидкість обертання 1,4925 сек. яка зменшилась до жовтня 1997 року до 1,7543 сек [2].

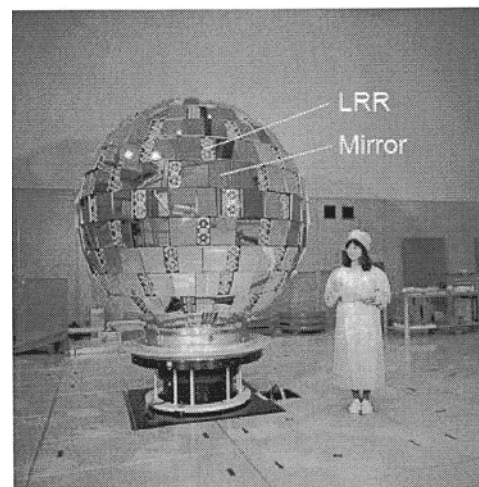


Рис.1. Геодезичний супутник Ajisai.

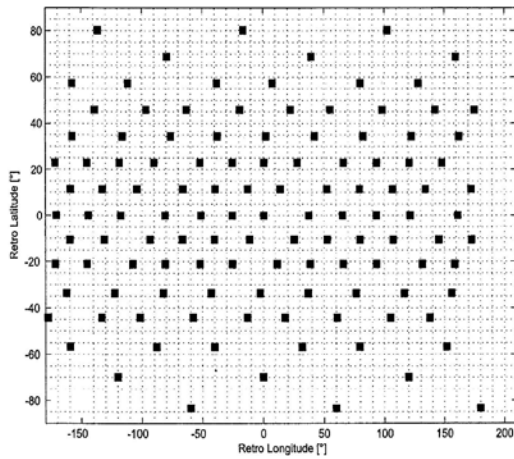


Рис.2. Схематичний розподіл панелей LLR.

В липні 2005 року була визначена кутова швидкість обертання супутника, яка становила 1,9747 сек. Для цього використані швидкісні SLR спостереження лазерної станції Грац. Висока частота посилення коротких лазерних імпульсів та система прийому, яка реєструє навіть повернення однофотонного імпульсу, дає можливість провести порядка мільйона вимірів за одне проходження супутника «Ajisai». Така кількість зареєстрованих відбитих від супутника лазерних імпульсів, який обертається, забезпечує точне визначення параметрів його обертання.

Спостереження супутника «Ajisai» та зміна періоду його обертання

З серпня 1986 року по березень 1992 року в Лабораторії космічних досліджень (ЛКД) УжНУ на базі установки АФУ-75 проводились регулярні електрофотометричні спостереження супутника в V, V фільтрах. На основі обробки кривих блиску було підтверджено поступове гальмування власного обертання супутника навколо власної осі. На цьому інтервалі часу швидкість обертання змінилася від 1,493 сек. до 1,613 сек.

За результатами електрофотометричних спостережень з кривих блиску було визначено видимий період власного обертання супутника «Ajisai». Розрахунок періоду власного обертання проводився з використанням програмного забезпечення на основі методу Ломба - Скаргла [4, 5]. Даний метод дає відмінний результат ви-

значення періоду, та широко застосовується в астрономії для періодичних процесів.

З середини 2008-го року в ЛКД УжНУ були відновлені електро-фотометричні спостереження супутника «Ajisai» в заміському пункті спостережень Деренівка на телескопі ТПЛ-1М з діаметром головного дзеркала 1 м. З 2008 по 2017 рік період власного обертання супутника змінився від 2,05 сек. до 2,36 сек.

За час існування супутника на орбіті в ЛКД УжНУ отримано 183 кривих блиску та визначено стільки ж періодів власного обертання. Моніторинг зміни періоду власного обертання цього супутника ведеться й надалі.

Для наглядності типова крива блиску супутника приведена на рис 3. Коли спостерігач бачить відбивання сонячного світла одночасно від двох поясів дзеркал та LLR панелей то на кривій блиску утворюються густіші ділянки спалахів, які можна побачити на приведеному рисунку.

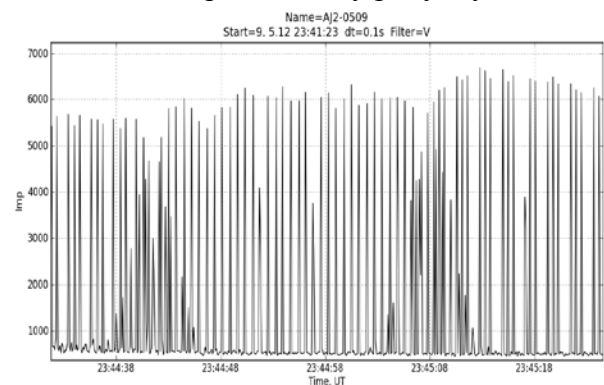


Рис 3. Фрагмент кривої блиску супутника «Ajisai» за 09.05.2012 р. в V фільтрі.

Віддалемірні спостереження супутника «Ajisai» також проводились Австрійськими спеціалістами на протязі декількох кампаній [1]. Ці дані, а саме 143 значень періодів власного обертання супутника, використані в нашій роботі, так як за період 2003-2005 років в ЛКД УжНУ не проводились спостереження супутника «Ajisai».

Для доповнення та порівняння точностей ми також використали спостереження проекту ММТ-9 [6] з 2014 по 2017 рік, де за цей період було отримано 98 кривих блиску.

На рис 4. представлено загальну зміну періоду обертання за 31 рік. На графіку

нанесені результати всіх вище перерахованих спостережень супутника «Ajisai». Виміри добре узгоджуються з експоненціальною функцією, що має вигляд $y = a \cdot e^{(b \cdot x)}$, параметри якої представлені в таблиці 1, де x – час в роках з моменту запуску супутника. Відхилення періодів від описаної експоненціальної залежності представлені на рис.5, вони знаходяться в межах 0,05 сек, і тільки деякі з періодів отриманих з проекту ММТ-9 перевищують цю величину.

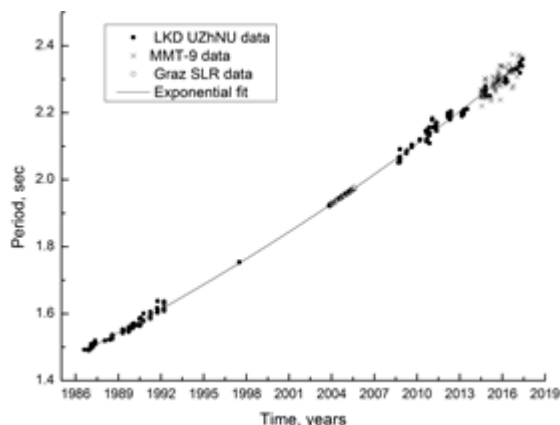


Рис. 4. Зміна періоду власного обертання супутника «Ajisai» за 1986 -2017 роки.

В статті [7] автори наводять подібні дослідження даного супутника за 22 роки існування його на орбіті. При цьому коефіцієнти функції відрізняються від отриманих нами та становлять $a=1.488586$, $b=0.0149802$. На жаль автори не наводять похибок своїх досліджень.

В статті [8] можна також знайти подібні дослідження за період часу 2009-2013 рік. В даній роботі коефіцієнти становлять $a=1.485802163871$, $b=0.015011430489$, похибки також не приведені.

Таблиця 1.

Значення параметрів функції

| | Значення | Похибка |
|--------------------------------|----------|------------|
| a | 1.48982 | 0.00116 |
| b | 0.01485 | 3.38607E-5 |
| Середнє квадратичне відхилення | | 1.49123E-4 |
| Сума квадратів відхилень | | 0.06293 |
| Коеф. кореляції | | 0.99804 |

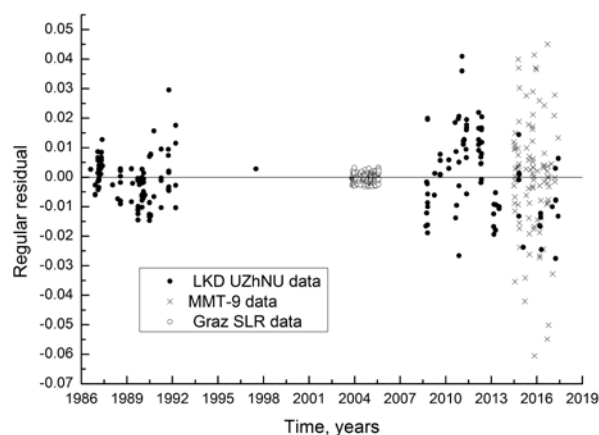


Рис. 5. Відхилення періодів власного обертання супутника «Ajisai» від описаної експоненціальної функції за 1986 -2017 роки.

Висновки

У роботі приведені результати спостережень періоду власного обертання супутника «Ajisai» за 31 рік існування його на орбіті. Такі довгі ряди спостережень штучних супутників Землі є досить рідкісним явищем, тим більше коли аналізується період власного обертання об'єкта.

Точне визначення періоду власного обертання супутника «Ajisai» може допомогти отримати інформацію про сили що впливають на супутник в навколосемному космічному просторі та спричиняють збурення в орбітальному русі. Доповнена нами зміна періоду власного обертання може бути використана щоб оновити данні для моделювання впливу сил що діють на супутник.

В приведений аналіз включені результати спостережень з інших робіт по цьому супутнику. Дані австрійських вчених, що проводили віддалемірні спостереження супутника, виявилися найбільш точними, їх відхилення від експоненціальної функції є мінімальним. Цей результат є очікуваним так як метод віддалеметрії, що також дає інформацію і про період обертання об'єкта, є найбільш точний на сьогоднішній час. Також в роботі приведені власні електро-фотометричні спостереження супутника, та фотометричні спостереження з проекту ММТ-9.

Метод ПЗЗ фотометрії, що використовується в проекті ММТ-9, виявився гіршим по точності ніж метод електрофотометрії, що використовується в ЛКД УжНУ.

Це пояснюється тим, що обертання супутника «Ajisai» є досить швидким, а інтервал зчитування ПЗЗ приймачів не розрахований на таку частоту. Звідси й впливає похибка в спостереженнях. Хоча для об'єктів що обертаються повільно, цей метод дає набагато кращу точність.

В роботі приведено нові значення параметрів експоненціальної функції, що

описує зміну періоду власного обертання супутника «Ajisai» з часом. Оскільки нам вдалось захопити 31 рік спостереження супутника то значення цих параметрів дещо відрізняються від приведених раніше в літературі. Вперше приведені точності визначення даних параметрів функції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kirchner G., Hausleitner W., Cristea E. Determination of AJISAI spin parameters using Graz kHz SLR data: In Proceedings of 15th International Workshop on Laser Ranging. – Canberra, Australia, 2008, – P. 270-275.
2. Kanazawa T. Determination of the rotation phase angle and the rotation period of AJISAI(II): Proc. 70th meeting Geodetic Soc. Of Japan. – Kyoto, Japan, 1988. – P. 51-52.
3. Мотрунич Я.М. Фотометрия искусственных небесных тел в Ужгороде. // Наблюдения искусственных небесных тел. – 1977. – №74. – С. 157-170.
4. Lomb N.R. Least-squares frequency analysis of unequally spaced data // Astrophysics and Space Science. 1976. – 39. – P. 447-462.
5. Scargle J. D. Studies in astronomical time series analysis. II-Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data // The Astrophysical Journal. – 1982. – 263. – P. 835-853.
6. Beskin G. M., Karpov S.V., Biryukov A.V. et al. Wide-field optical monitoring with Mini-MegaTORTORA (MMT-9) multichannel high temporal resolution telescope // Astrophysical Bulletin. – 2017. – V. 72. – P. 81.
7. Kucharski D., Kirchner G., Otsubo T., Koidl F. 22 Years of AJISAI spin period determination from standard SLR and kHz SLR data. // Advances in Space Research. – 2009. – V. 44. – Issue 5. – P. 621-626.
8. Burlak N., Koshkin N., Korobeynikova E., Melikyants S., Shakun L., Strakhova S. The research of variation of the period and precession of the rotation axis of EGS (Ajisai) satellite by using photometric measurement // Odessa astronomical publications. – 2017. – V. 27. – Issue 1. – P. 83-86.

Стаття надійшла до редакції 3.06.2017

В.И. Кудак, В.М. Периг, И.Ф. Найбауер

Ужгородський національний університет, Лабораторія космічних досліджень, 88000, Ужгород, ул. Далекая 2а

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРИОДА СОБСТВЕННОГО ВРАЩЕНИЯ СПУТНИКА «AJISAI» НА ИНТЕРВАЛЕ 1986-2017 ГГ.

Представлены результаты исследования собственного вращения спутника «Ajisai» (NORAD ID 16908, ESA ID 86061A) с момента его запуска на орбиту Земли в 1986 году до 2017 года включительно. Определенные периоды собственного вращения ИСЗ с кривых блеска, полученных в ЛКД УжНУ. Эти результаты сопоставлены с данными других зарубежных исследований по данному спутнику. Проанализировано общую тенденцию изменения периода собственного вращения в течение времени пребывания спутника на орбите.

Ключевые слова: спутник «Ajisai», кривая блеска, период собственного вращения, эфемерида, звездная величина.

PACS 95.85.Kr, 96.25.De, 96.25.Vt

DOI: 10.24144/2415-8038.2017.41.140-145

V.I. Kudak, V.M. Perig, I.F. Neubauer

Uzhhorod National University, Laboratory of Space Researches, 88000, Uzhhorod, Daleka Str., 2a

STUDYING OF THE OWN ROTATION PERIOD CHANGES OF SATELLITE "AJISAI" ON THE INTERVAL 1986-2017

Purpose. The purpose of this work is to describe changes in own rotation of satellite Ajisai, compare results with data obtained in MMT-9 project, make analysis of all 31 year of available data.

Methods. Light curves of satellite Ajisai was obtained by photometry method. All light curves was processed using Lomb-Scargle method to obtain period of own satellite rotation.

Results. The results of research of the own rotation of the satellite Ajisai (NORAD ID 16908, ESA ID 86061A) from the moment of its launch into Earth's orbit in 1986 up to 2017 are presented. The periods of satellite own rotation are determined from the light curves which were obtained in the Laboratory of Space researches of UzhNU. These results are compared with the data of other foreign studies on this satellite. The general tendency of change of the period of own rotation during the satellite's lifetime is analyzed. Methods of satellite own rotation definition are compared.

Conclusions. More modern CCD photometry method, used in foreign studies of Ajisai satellite gives less accuracy than electrophotometry method used in LSR UzhNU mainly because of long exposures in CCD photometry. New parameters of exponential function that describe Ajisai spin decay is presented. Accuracy of this parameters are presented for the first time.

Keywords: Ajisai satellite, light curve, period of own rotation, ephemeris, magnitude.

PACS NUMBER: 95.85.Kr, 96.25.De, 96.25.Vt

REFERENCES

1. Kirchner, G., Hausleitner, W., Cristea, E. (2008), "Determination of AJISAI spin parameters using Graz kHz SLR data", In Proceedings of 15th International Workshop on Laser Ranging, Canberra, Australia, pp. 270-275.
2. Kanazawa, T., (1988), "Determination of the rotation phase angle and the rotation period of AJISAI(II)", in Proc. 70th meeting Geodetic Soc. Of Japan, Kyoto, Japan, pp. 51-52.
3. Motrunich, Ya. M. (1977), "Photometry of artificial satellites in Uzhgorod" [Fotometriya iskusstvennyih nebesnyih tel v Uzhgorode], Observation of artificial space bodies [Nablyudeniya iskusstvennyih nebesnyih tel], No.74, pp.157-170.
4. Lomb, N.R. (1976), "Least-squares frequency analysis of unequally spaced data", Astrophysics and Space Science, No.39, pp. 447-462.
5. Scargle, J. D. (1982), "Studies in astronomical time series analysis. II- Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data", The Astrophysical Journal, No. 263, pp.835-853.
6. Beskin, G. M., Karpov, S.V., Biryukov, A.V., et al. (2017), "Wide-field optical monitoring with Mini-MegaTORTORA (MMT-9) multichannel high temporal resolution telescope", Astrophysical Bulletin, No. 72 p.81.
7. Kucharski, D., Kirchner, G., Otsubo, T., Koidl, F. (2009), "22 Years of AJISAI spin period determination from standard SLR and kHz SLR data", Advances in Space Research, No.44(5), pp. 621-626.
8. Burlak, N., Koshkin, N., Korobeynikova, E., Melikyants, S., Shakun, L., Strakhova, S. (2014), "The research of variation of the period and precession of the rotation axis of EGS (Ajisai) satellite by using photometric measurement", Odessa astronomical publications, No. 27(1), pp.83-86.

© Ужгородський національний університет