



Наблюдения потенциально опасного астероида 2001 QQ142 (139622) на Зеркальном астрографе ЗА-320М и Менисковом телескопе Д.Д. Максудова МТМ-500М Пулковской обсерватории

А.В. Девяткин^{1*}, Д.Л. Горшанов¹, К.Н. Наумов¹, С.Н. Петрова¹, А.А. Мартюшева¹,
В.В. Куприянов¹, А.Х. Алиев¹, С.А. Русов¹

¹ ГАО РАН

Аннотация

На телескопах ГАО РАН Зеркальном астрографе ЗА-320М и Менисковом телескопе Д.Д. Максудова МТМ-500М проведены астрометрические наблюдения потенциально опасного астероида 2001 QQ142 (139622) в период его видимости после сближения с Землёй. Полученные ряды положений астероида имеют среднеквадратическую точность одного наблюдения для ЗА-320М $\sigma = \pm 0''.21$ и МТМ-500М — $\sigma = \pm 0''.07$.

Введение

Астероид 2001 QQ142 (139622) был открыт 25.08.2001 в рамках проекта отслеживания околоземных астероидов NEAT (Near-Earth Asteroid Tracking) в обсерватории Халеакала на Гавайских островах (США). Он классифицирован как потенциально опасный астероид (РНА), относится к группе «Аполлонов». Диаметр астероида 2001 QQ142 [оценивается](#) от 0.5 до 1.2 км.

Астероид относится к спектральному классу Sq (по классификации SMASS) (кремниевый астероид). Абсолютная звёздная величина его оценивается как 18.5^m . Период осевого вращения астероида 2001 QQ142 [оценивается](#) как 17.0208 ± 0.0003 часа.

В таблице 1 приведены элементы орбиты этого астероида из каталога MPCORB Международного центра малых планет (MPC). Астероид имеет период обращения вокруг Солнца 1.7 года, приближаясь к Солнцу на расстояние 0.98 а.е. и удаляясь от него на расстояние 1.87 а.е.

Таблица 1: Элементы орбиты астероида 2001 QQ142 из каталога MPCORB от 02.02.2023 (MA — средняя аномалия, ω — аргумент перицентра, Ω — долгота восходящего узла, i — наклонение орбиты, e — эксцентриситет, q — расстояние в перигелии, a — большая полуось)

Эпоха	2460000.5
MA (°)	201.88793
ω (°)	337.91154
Ω (°)	83.25044
i (°)	9.31621
e	0.3111450
q (a.e.)	0.98002030
a (a.e.)	1.42268010

*e-mail:a9kin@mail.ru

Тесное сближение этого астероида с Землёй произошло 06.12.2023 на расстоянии около 5 526 000 км от её поверхности с относительной скоростью 6.66 км/с.

Следующее тесное сближение *ожидается* 17.12.2045 на расстоянии от Земли примерно 4 529 000 км с относительной скоростью 7.54 км/с.

В таблице 2 приведены сведения о сближениях астероида с Землёй в будущем, вычисленные с помощью программного пакета ЭПОС (L'vov и Tsekmeister, 2012).

Таблица 2: Сближения с Землёй астероида 2001 QQ142

Дата	Расстояние от Земли (млн. км.)
6 декабря 2023 г.	5.53
17 декабря 2045 г.	4.53
5 декабря 2062 г.	6.28
30 ноября 2101 г.	9.52
13 декабря 2123 г.	2.06
31 октября 2150 г.	24.10
31 декабря 2155 г.	20.34

1 Наблюдения и их обработка

Наблюдения астероида 2001 QQ142 выполнялись на автоматизированных телескопах ГАО РАН Зеркальном астрографе ЗА-320М (Девяткин и др., 2004) и Менисковом телескопе Д.Д. Максудова МТМ-500М (Кулиш и др., 2009). Телескоп ЗА-320М имеет диаметр главного зеркала 320 мм и фокусное расстояние 3200 мм; он установлен на территории Пулковской обсерватории в Пулкове. Телескоп оборудован ПЗС-камерой ZWO ASI 1600 (mono); при бинировании 4×4 пиксела масштаб изображения составляет $1.0''/\text{пиксел}$. Телескоп МТМ-500М имеет диаметр входной апертуры 500 мм и фокусное расстояние 4100 мм, он установлен на Горной астрономической станции ГАО РАН, расположенной на Северном Кавказе. Телескоп оснащён ПЗС-камерой SBIG STX-16803; при бинировании 3×3 пиксела масштаб изображения составляет $1.34''/\text{пиксел}$. Выбранные режимы бинирования определяются компромиссом между потребностями астрометрических и фотометрических измерений: создание при его помощи «большого пиксела» позволяет за счёт увеличенной электронной ёмкости последнего увеличить динамический диапазон фотометрических измерений изображений на ПЗС-матрице.

Наблюдения астероида 2001 QQ142 выполнялись в рамках «Пулковской программы изучения объектов, сближающихся с Землей» (Львов и др., 2002). Наблюдения астероида в указанных пунктах были возможны после сближения с Землёй со второй половины декабря 2023 г. по начало февраля 2024 г. На телескопе ЗА-320М астероид наблюдался в течение 12 ночей, на телескопе МТМ-500М — в течение 13 ночей. Звездная величина астероида в этот период наблюдений изменялась от 14.5^m до 17.2^m .

Астрометрическая обработка наблюдений астероида выполнялась с помощью программного пакета АПЕКС-II (Devyatkin и др., 2010). В качестве опорного астрометрического каталога служил каталог Gaia DR2. После обработки наблюдений было получено 1554 топоцентрических астрометрических положений астероида на ЗА-320М и 1325 положений на МТМ-500М. Результаты этих наблюдений астероида 2001 QQ142 в формате MPC размещены [здесь](#) и [здесь](#).

2 Анализ точности результатов

Значения $O-C$ для результатов астрометрической обработки вычислялись с помощью программы ЭПОС (L'vov и Tsekmeister, 2012) на основе орбиты MPC от 02.02.2023 (таблица 1).

Для оценки точности и фильтрации массовых наблюдений была написана специальная программа. Она позволяет отслеживать ход изменений $O-C$ со временем и аппроксимировать его полиномом первого или второго порядка, определять стандартное отклонение σ от такого тренда и отсеивать грубые ошибки — отклонения, превышающие заданное количество стандартных.

Наличие выраженного тренда $O-C$ указывает на возможные систематические ошибки наблюдений, а также, главным образом, на неточность орбиты, определённой по предыдущим наблюдениям. Орбиту можно исправить, добавив к старым наблюдениям новые и заново перевычислив элементы орбиты по всему массиву наблюдений. Разброс точек относительно тренда характеризует точность (случайную ошибку) самих наблюдений.

В данном случае для фильтрации наблюдений использовался полином второго порядка и критерий 3σ . На рисунках 1-4 представлены графики значений $O-C$ астероида по прямому восхождению и склонению для ЗА-320М и МТМ-500М. Среднеквадратические ошибки одного наблюдения оказались следующими:

$$\begin{aligned} \text{МТМ-500М } \sigma_{\alpha} &= \pm 0''.06, \sigma_{\delta} = \pm 0''.08, \\ \text{ЗА-320М } \sigma_{\alpha} &= \pm 0''.18, \sigma_{\delta} = \pm 0''.25. \end{aligned}$$

Значения $O-C$ по обеим координатам в среднем на двух телескопах близки к 0, что позволяет сделать вывод о точности теории и точности наших наблюдений в систематическом отношении. Точность наблюдений, полученных на МТМ-500М на ГАС ГАО РАН почти в 3 раза превышает точность наблюдений, полученных в Пулкове на ЗА-320М.

Большой разброс результатов ЗА-320М фактически «замывает» систематический ход $O-C$ со временем, проведённые квадратичные тренды носят скорее формальный характер, их кривизны и отклонения от нуля незначительны по сравнению с разбросом (см. рис. 1 и 2). Как видно из рис. 3 и 4, значительно меньший разброс результатов МТМ-500М позволяет выделить тренд $O-C$ со временем, при этом все данные МТМ-500М попадают внутрь полосы разброса данных ЗА-320М. Поскольку в данной работе орбита астероида не уточнялась, то нет возможности определить, насколько систематические ошибки относятся к особенностям наблюдений, а насколько к неточности известной орбиты.

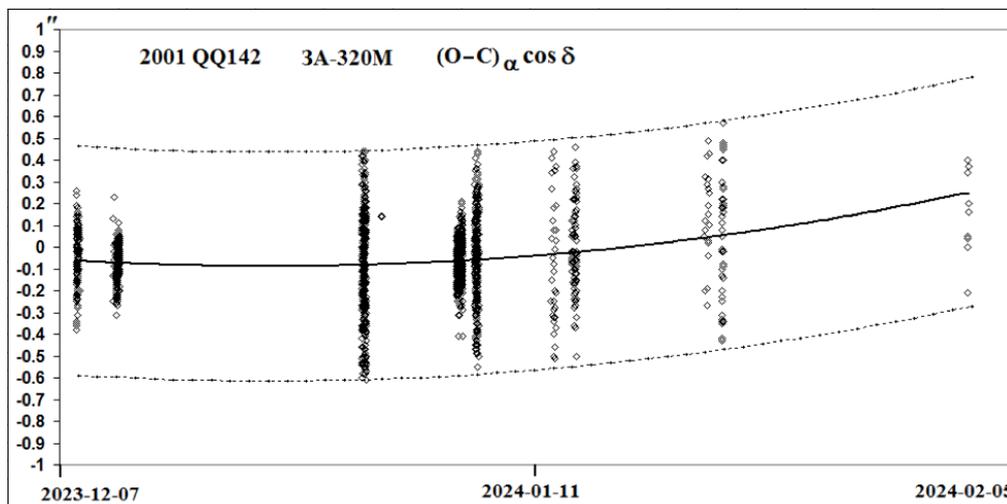
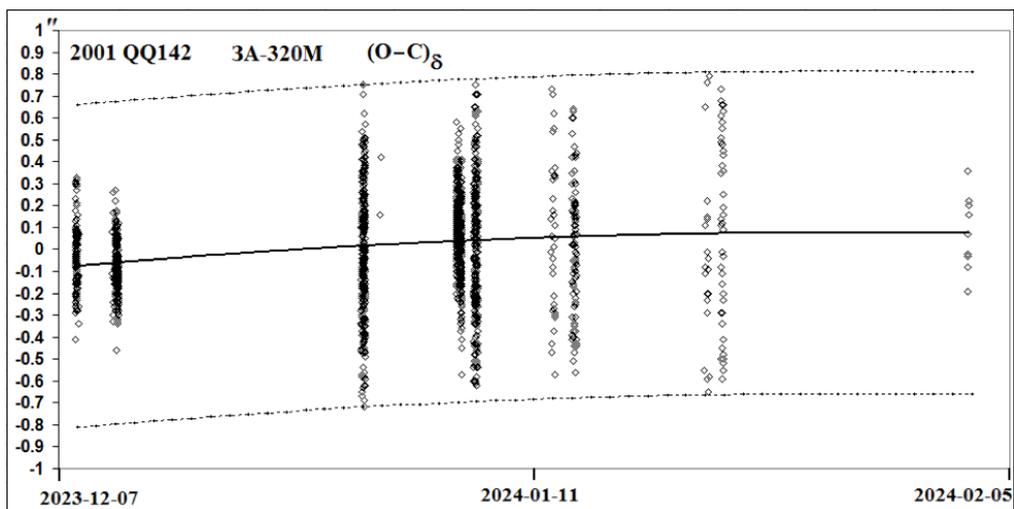
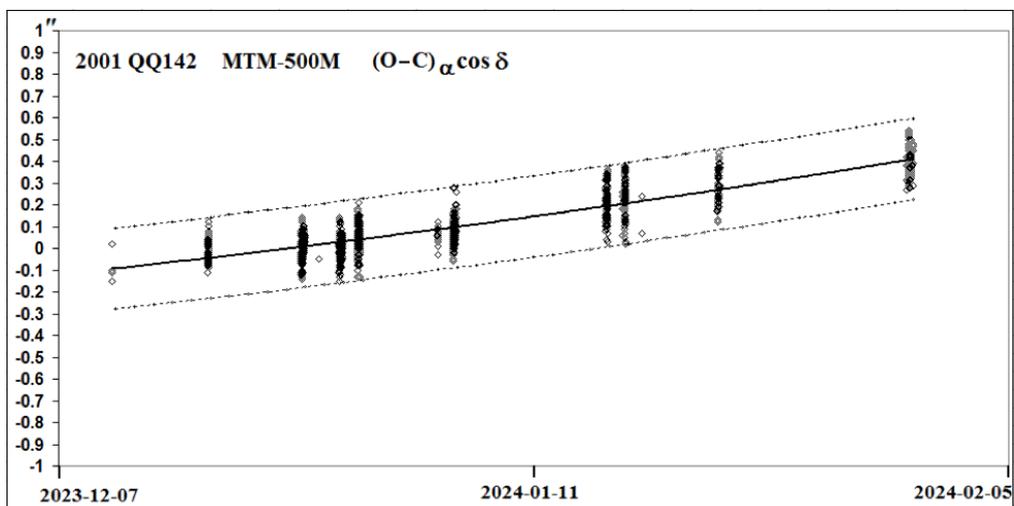
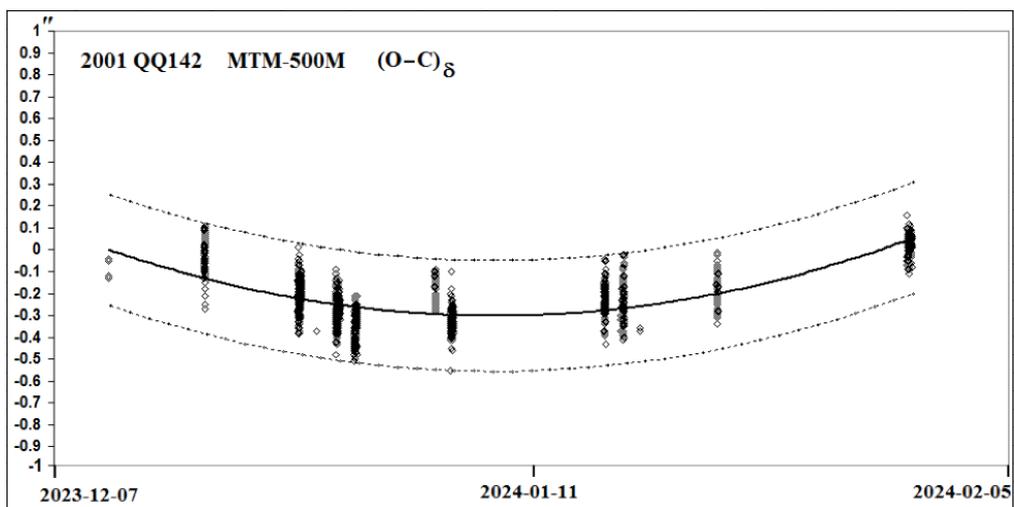


Рис. 1: Значения $O-C$ по прямому восхождению по наблюдениям астероида 2001 QQ142 на телескопе ЗА-320М. Ромбы — значения $(O-C)_{\alpha} \cos \delta$, сплошная линия — квадратичный тренд, пунктирные линии обозначают полосу шириной $\pm 3\sigma$ относительно тренда.

Рис. 2: Значения $(O-C)_\delta$ по наблюдениям на ЗА-320М (см. подпись к рис. 1).Рис. 3: Значения $(O-C)_\alpha \cos \delta$ по наблюдениям на МТМ-500М (см. подпись к рис. 1).Рис. 4: Значения $(O-C)_\delta$ по наблюдениям на МТМ-500М (см. подпись к рис. 1).

3 Заключение

На телескопах ГАО РАН ЗА-320М и МТМ-500М полученные ряды наблюдений потенциально опасного астероида 2001 QQ142, которые имеют среднеквадратическую точность одного наблюдения для $\sigma = \pm 0''.21$ и $\sigma = \pm 0''.07$ соответственно. В систематическом отношении наши наблюдения по прямому восхождению и склонению близки к теоретическим значениям.

Список литературы

- L'vov, V. N. и S. D. Tsekmeister (2012). [The use of the EPOS software package for research of the solar system objects](#). Solar System Research 46.2, с. 177–179.
- Девяткин, А. В. и др. (2004). [Автоматизация астрономических наблюдений на ЗА-320. II](#). Известия Главной Астрономической Обсерватории в Пулкове 217, с. 505–530.
- Кулиш, А.П. и др. (2009). [Автоматизация комплекса телескопа МТМ-500М](#). Известия Главной Астрономической Обсерватории в Пулкове 219 (1), с. 192–218.
- Львов, В.Н. и др. (2002). [Пулковская программа изучения объектов, сближающихся с Землей](#). Известия Главной Астрономической Обсерватории в Пулкове 216, с. 218–222.
- Devyatkin, A. V., D. L. Gorshanov, V. V. Kouprianov и I. A. Verestchagina (2010). [Apex I and Apex II software packages for the reduction of astronomical CCD observations](#). Solar System Research 44.1, с. 68–80.

Observations of potentially hazardous asteroid 2001 QQ142 (139622) with mirror astrograph ZA-320M and D.D. Maksutov meniscus telescope MTM-500M of Pulkovo Observatory

A.V. Devyatkin¹, D.L. Gorshanov¹, K.N. Naumov¹, S.N. Petrova¹, A.A. Martyusheva¹, V.V. Kouprianov¹, A.Kh. Aliev¹, S.A. Rusov¹

¹ The Central Astronomical Observatory of the RAS at Pulkovo

Abstract

The astrometric observations of potentially hazardous asteroid 2001 QQ142 (139622) were made during its apparition after its close approach to the Earth. The observations were made using the mirror astrograph ZA-320M and D.D. Maksutov meniscus telescope MTM-500M of Pulkovo Observatory. The RMS of obtained series of the asteroid positions are $\sigma = \pm 0''.21$ for ZA-320M and $\sigma = \pm 0''.07$ for MTM-500M observations.