

Величина офсета антенн радиотелескопов комплекса «Квазар-КВО»

© А. О. Шамов

ИПА РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

В статье приведены результаты измерений офсета антенн радиотелескопов (РТ) комплекса «Квазар-КВО», а также результаты анализа зависимости офсета и высоты угломестной оси антенн от влияния окружающей среды.

Учет офсета и высоты угломестной оси антенн РТ является одним из параметров, влияющих на точность построения фундаментальных небесной и земной систем координат и определения параметров вращения Земли. Данные постоянного мониторинга офсета РТ используются для расчета поправок при обработке РСДБ-наблюдений.

Ключевые слова: офсет антенны радиотелескопа, угломестная ось (УМ), температура окружающей среды.

<https://doi.org/10.32876/AplAstron.47.117-123>

Введение

В состав радиоастрономических обсерваторий комплекса «Квазар-КВО» входят радиотелескопы (РТ) с диаметром главного зеркала 32 м (РТ-32) [1, 2] и 13.2 м (РТ-13) [3]. Офсет антенн РТ является одним из параметров, влияющих на точность результатов обработки РСДБ-наблюдений.

Офсет РТ определяется как расстояние между угломестной (УМ) и азимутальной осями антенны. Знак перед величиной офсета указывает на положение УМ оси по отношению к азимутальной. Если направление вектора проведенного от азимутальной оси к УМ совпадает с направлением наклона зеркальной системы РТ, то значение офсета принято считать положительным.

С целью корректного проведения анализа зависимости офсета от условий окружающей среды, значение офсета следует рассматривать совместно со значением высоты УМ оси РТ. Обе эти величины характеризуют пространственное положение угломестной оси РТ: значение офсета характеризует положение УМ оси относительно азимутальной оси в горизонтальной плоскости, а параметр «высота УМ оси» — в вертикальной плоскости.

Таким образом, определив зависимость данных параметров от условий окружающей среды, можно рассчитать положение УМ оси в пространстве в каждом конкретном случае.

Воздействие температуры окружающей среды на офсет и высоту УМ оси РТ

Наибольшее воздействие на форму и размеры металлоконструкций РТ оказывает температура. Так, к примеру, возрастание температуры на 10°C ведет к увеличению длины рельсового пути РТ-32 с радиусом 20 062 мм на 15 мм.

Аналогичная ситуация, в той или иной степени, складывается по отношению к офсету РТ и высоте УМ оси. На графиках (рис. 1–5) представлена зависимость офсета (слева) и высоты УМ оси (справа) от температуры окружающей среды. По оси ординат отложено значение офсета либо высоты УМ оси в мм, а по оси абсцисс — температура в °С на момент проведения измерения.

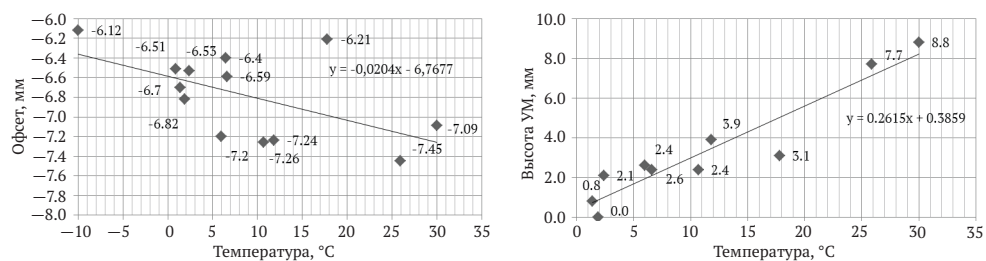


Рис. 1. Значение офсета (слева) и высоты УМ оси (справа) РТ-32 обсерватории «Светлое»

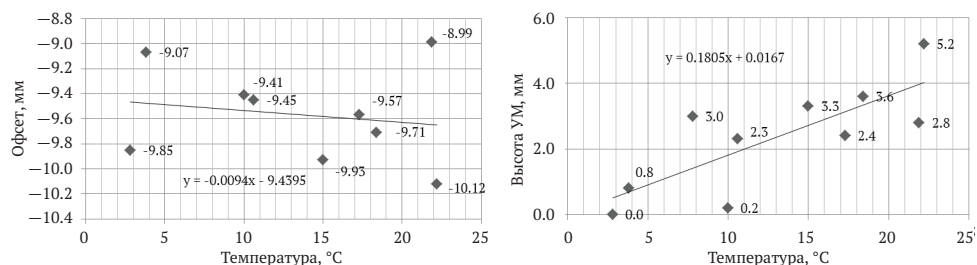


Рис. 2. Значение офсета (слева) и высоты УМ оси (справа) РТ-32 обсерватории «Зеленчукская»

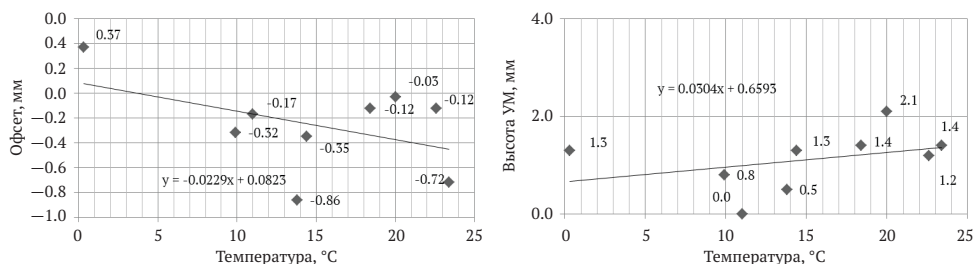


Рис. 3. Значение офсета (слева) и высоты УМ оси (справа) РТ-13 обсерватории «Зеленчукская»

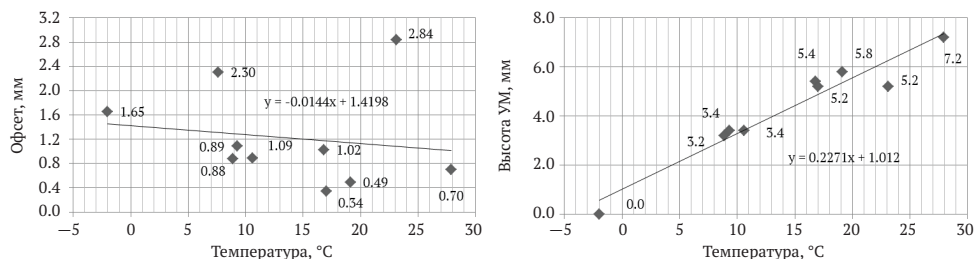


Рис. 4. Значение офсета (слева) и высоты УМ оси (справа) РТ-32 обсерватории «Бадары»

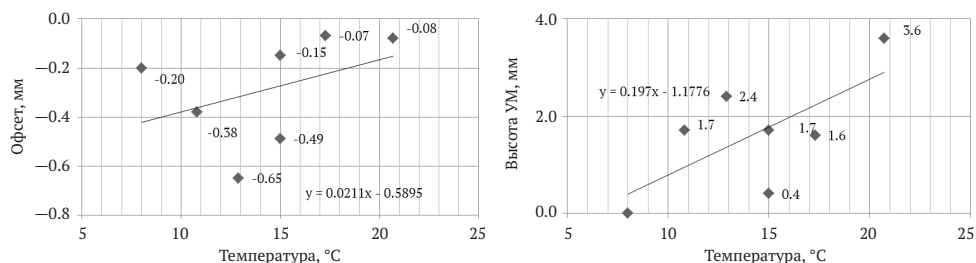


Рис. 5. Значение офсета (слева) и высоты УМ оси (справа) РТ-13 обсерватории «Бадары»

В табл. 1 представлены коэффициенты, ΔO_f и $\Delta H_{УМ}$ характеризующие изменение офсета и высоты УМ оси от температуры для каждого РТ.

Таблица 1

Зависимость офсета и высоты УМ оси РТ от температуры

Обсерватория	Объект	ΔO_f , мм/°C	$\Delta H_{УМ}$, мм/°C
«Светлое»	РТ-32	- 0.02	+0.26
	РТ-32	- 0.01	+0.18
«Зеленчукская»	РТ-13	- 0.02	+0.03
	РТ-32	- 0.01	+0.23
«Бадары»	РТ-32	- 0.01	+0.23
	РТ-13	+ 0.02	+0.20

На основании данных, представленных в таблице, можно сделать следующие выводы. Высота УМ оси РТ-32, РТ-13 имеет практически одинаковую зависимость от температуры окружающей среды: в пределах от 0.18 до 0.26 мм на градус, за исключением РТ-13 обсерватории «Зеленчукская» (0.03 мм/°C). Последнее указывает на необходимость проведения дополнительных исследований с целью установления вероятной причины, по которой высота УМ оси РТ-13 обсерватории «Зеленчукская» менее чувствительна к перепадам температуры окружающей среды в сравнении с другими РТ. Что касается офсета РТ, то здесь, в отличие от высоты УМ оси, коэффициент температурной зависимости находится в пределах 0.02 мм/°C по абсолютной величине.

Вероятнее всего, это обусловлено тем, что офсет РТ зависит не напрямую от температуры окружающей среды, а от совокупности изменений, происходящих в конструкции РТ под влиянием данного фактора. Как следствие, при повышении температуры нагрузка в связях РТ может распределяться таким образом, что значение офсета может как уменьшаться, так и увеличиваться, тогда как высота УМ оси будет неуклонно расти.

Офсет РТ с учетом температурной поправки

На рис. 6–10 представлены значения офсета РТ без учета (слева) и с учетом температурной поправки (справа). По оси абсцисс отложено время, а по оси ординат — значение офсета (мм), соответствующее времени его определения. Полученные линии тренда указывают на необходимость проведения дальнейших исследований на основе регулярных измерений.

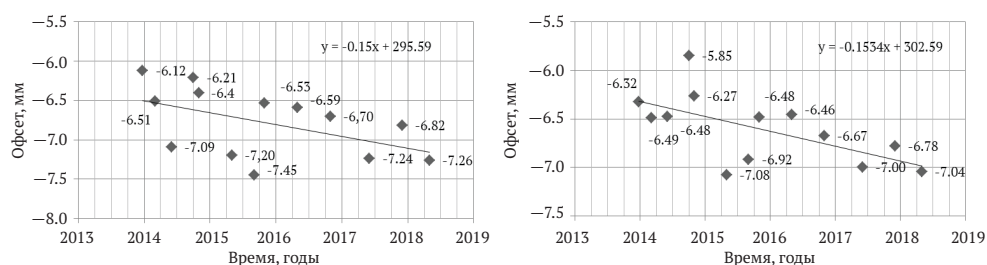


Рис. 6. Значение офсета РТ-32 без учета (слева) с учетом (справа) температурной поправки обсерватории «Светлое»

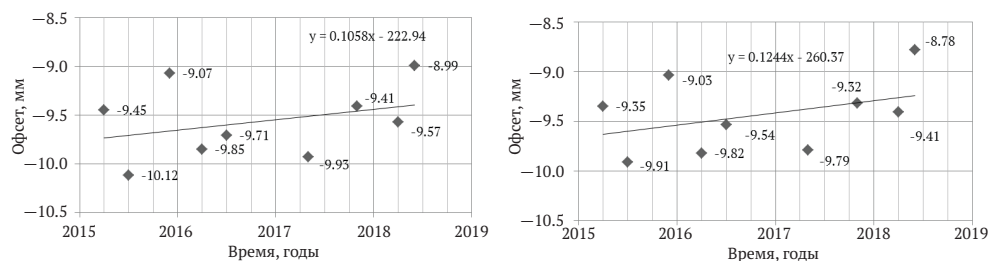


Рис. 7. Значение офсета РТ-32 без учета (слева) с учетом (справа) температурной поправки обсерватории «Зеленчукская»

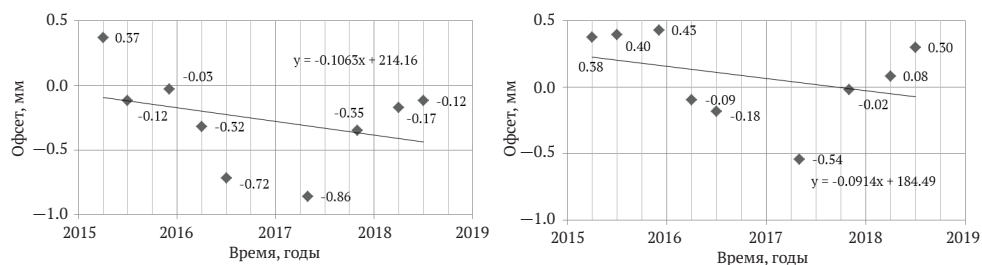


Рис. 8. Значение офсета РТ-13 без учета (слева) с учетом (справа) температурной поправки обсерватории «Зеленчукская»

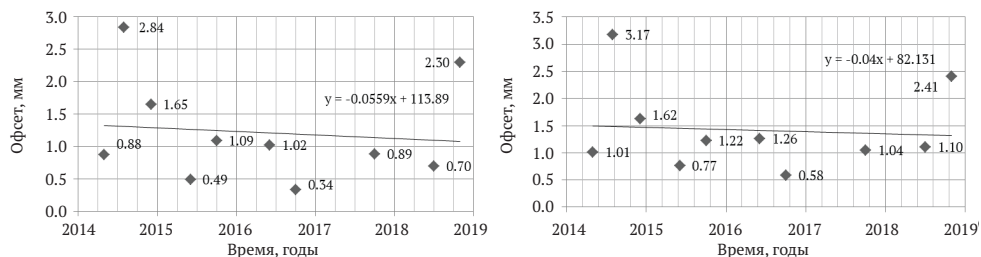


Рис. 9. Значение офсета РТ-32 без учета (слева) с учетом (справа) температурной поправки обсерватории «Бадары»

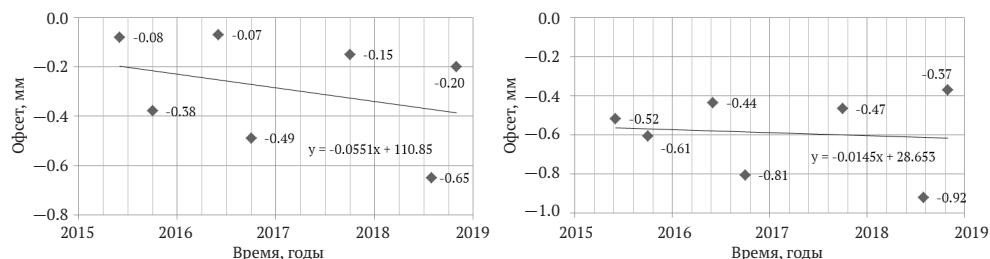


Рис. 10. Значение офсета РТ-13 без учета (слева) с учетом (справа) температурной поправки обсерватории «Бадары»

По совокупности данных измерений офсета РТ, полученных с учетом температурной поправки, были вычислены средние значения офсета O_{fcp} и их среднеквадратическими отклонениями (СКО) для каждого РТ (табл. 2).

Таблица 2

Офсет РТ с учетом температурной поправки

Обсерватория	Объект	O_{fcp} , мм	СКО
«Светлое»	РТ-32	-6.60	0.36
	РТ-13	0.08	0.33
«Зеленчукская»	РТ-32	-9.44	0.37
	РТ-13	0.08	0.33
«Бадары»	РТ-32	1.42	0.80
	РТ-13	-0.59	0.20

Как видно из табл. 2, значение офсета для каждого РТ индивидуально. При этом СКО офсета для двух типов РТ примерно одинаковое, за исключение РТ-32 обсерватории «Бадары».

Заключение

Проведенный анализ показывает, что на конструкцию РТ значительное влияние оказывает температура окружающей среды. Зависимость высоты УМ оси от температуры на порядок превосходит аналогичный параметр, связанный с офсетом РТ.

Таким образом, расчет положения УМ оси в пространстве возможен с высокой точностью, однако необходимо знать параметры зависимости высоты УМ оси и офсета от температуры окружающей среды для каждого конкретного РТ.

Литература

1. Христиансен У. Н., Хегбом И. Л. Радиотелескопы. — М.: Мир, 1972. — 304 с.
2. Финкельштейн А. М., Ипатов А. В., Кайдановский М. Н., Кольцов Н. Е., Коркин Э. И., Малкин З. М. Рахимов И. А., Сальников А. И., Смоленцев С. Г. Радиоинтерферометрическая сеть «Квazar-КВО» — базовая система фундаментального координатно-временного обеспечения // Труды ИПА РАН. — СПб.: ИПА РАН, 2005. — Вып. 13. — С. 104–138.
3. Ипатов А. В. Радиоинтерферометр нового поколения для фундаментальных и прикладных исследований // Успехи физических наук. — М.: 2013. — Т. 183, № 5. — С. 769–777.

The Antennas Offset of the “Quasar” VLBI Network

A. O. Shamov

The article presents the measurements results of the antennas offset for the “Quasar” VLBI network. The measurements analysis shows the dependence of the offset and the height of the antennas elevation axis on the environment influence. Accounting for the offset and height of the antennas elevation axis is one of the parameters which affects the accuracy of the fundamental celestial and terrestrial coordinate systems and determines the parameters of the Earth’s rotation. The data of continuous offsets monitoring is presented to calculate corrections when processing VLBI observations.

Keywords: VLBI, Earth’s orientation parameters, measurements processing, antenna offset, elevation axis.