

Лазерная локация для целей ОПВЗ в Иркутске

© В. А. Емельянов¹, А. А. Луковникова¹, Г. И. Модестова¹, С. Л. Пасынок²

¹Восточно-Сибирский филиал ФГУП «ВНИИФТРИ», г. Иркутск, Россия

²ФГУП «ВНИИФТРИ», пос. Менделеево, Моск. обл., Россия

Реферат

В Восточно-Сибирском филиале ФГУП «ВНИИФТРИ» с 2013 г. для целей определения параметров вращения Земли введена и успешно работает малогабаритная модульная квантово-оптическая система (ММКОС) «Сажень-ТМ».

Описаны особенности процесса наблюдения: исключение близзенитных областей из-за быстрого изменения поправок рассогласования, ограничение наблюдений на низких углах возвышения из-за сильного поглощения сигналов в оптическом диапазоне в атмосфере, изменение интенсивности наблюдений при плохой прозрачности и высокой влажности атмосферы, исключение из наблюдений северо-западной части небесной полусферы из-за влияния на условия наблюдения городского массива. Указано, что формирование программы наблюдений спутников выполняется с учетом перечисленных обстоятельств.

Сделан обзор программно-математического обеспечения. Отмечены преобладание наблюдений спутников в дневное время суток и переход станции, наряду с другими станциями мировой сети, на обновленные форматы файлов прогнозов (CPF) и выходных CRD-файлов.

Представлены основные результаты наблюдений на ММКОС «Сажень-ТМ» в Иркутске: наработка станции, состав наблюдаемых спутников, использованных для оперативного вычисления ПВЗ в отделе ПВЗ ГМЦ ГСВЧ ФГУП «ВНИИФТРИ», вклад иркутской станции в объем наблюдений российского сегмента сети лазерных станций. Проведен анализ статистики наблюдений иркутской станции лазерных наблюдений в составе российского сегмента сети за 2024-й год. По внутренним оценкам, полученным в результате собственной обработки наблюдений иркутской станции ММКОС, СКО «сырых» данных составляет не более 4 см.

Ключевые слова: лазерный дальномер, параметры вращения Земли, космические аппараты.

Контакты для связи: Емельянов Валерий Анатольевич (eva@vniiftri-irk.ru).

Для цитирования: Емельянов В. А., Луковникова А. А., Модестова Г. И., Пасынок С. Л. Лазерная локация для целей ОПВЗ в Иркутске // Труды ИПА РАН. 2025. Вып. 75. С. 21–25.

<https://doi.org/10.32876/AplAstron.75.21-25>

Laser Location for the EOP Purposes in Irkutsk

V. A. Emelyanov¹, A. A. Lukovnikova¹, G. I. Modestova¹, S. L. Pasyonok²

¹East-Siberian Branch of FSUE «VNIIFTRI», Irkutsk, Russia

²FSUE «VNIIFTRI», Mendeleevo, Russia

Abstract

Since 2013, the small-sized modular quantum-optical system (MMKOS) «Sazhen-TM» has been introduced and is successfully operated at the East Siberian branch of the Federal State Unitary Enterprise «VNIIFTRI» for the purpose of determining Earth's rotation parameters.

The observation process features are described, including the exclusion of near-zenith regions due to rapid changes in mis-match corrections, limitations on observations at low elevation angles resulting from strong signal absorption in the atmosphere, and variations in observation intensity caused by poor transparency and high humidity levels. Additionally, observations from the northwestern part of the celestial hemisphere are excluded due to interference caused by urban area conditions. It is noted that the satellite observation program is developed considering these factors.

A review of the software and mathematical support used is provided. The prevalence of satellite observations during daytime and the transition of the station, along with other global network stations, to updated formats of forecast files (CPF) and output CRD files is highlighted.

The main results from the «Sazhen-TM» MMKOS observations at the Irkutsk station are presented, including the station's operational duration, the composition of observed satellites used for the operational calculation of Earth Orientation Parameters (EOP) at the EOP department of the MMC SSTF (Main Metrological Center of the State Service for Time, Frequency, and EOP Evaluation) FSUE «VNIIFTRI», and the contribution of the Irkutsk station to the Russian segment of the laser observation network. An analysis of the Irkutsk laser observation station as part of the Russian segment of the network is conducted for 2024.

Keywords: laser rangefinder, Earth rotation parameters, spacecraft.

Contacts: Valery A. Emelyanov (eva@vniiftri-irk.ru).

For citation: Emelyanov V. A., Lukovnikova A. A., Modestova G. I., Pasyok S. L. Laser location for the EOP purposes in Irkutsk // Transactions of IAA RAS. 2025. Vol. 75. P. 21–25.
<https://doi.org/10.32876/AplAstron.75.21-25>

В Восточно-Сибирском филиале ФГУП «ВНИИФТРИ» с 2013 г. для целей определения параметров вращения Земли введена и успешно работает малогабаритная модульная квантово-оптическая система «Сажень-ТМ» в варианте исполнения КОС (рис. 1) (Емельянов и др., 2016).

Размещение и характеристики установки приведены в публикации В. Емельянова (Емельянов и др., 2016). Павильон установки ММКОС «Сажень-ТМ» показан на рис. 2, общий вид астрогеодинамического полигона с размещенным на нем оборудованием изображен на рис. 3. На рис. 4 показано размещение Иркутской станции ММКОС (IRKL) на карте г. Иркутска.

Начиная с 2018 г. совершенствование алгоритмов и программы наведения телескопа на спутник привело к повышению точности позиционирования точки прицеливания дальномера относительно фактического положения лоцируемого спутника. При этом стал возможным режим дневных наблюдений без визуального сопровождения спутника в процессе его лоцирования (в том числе и высокоорбитальных спутников). В результате основной объем наблюдений иркутской станции ММКОС с 2018 г. приходится на дневное время.

Наблюдения большинства космических аппаратов проводятся на углах возвышения от 30° до 75°. На более низких углах сказывается сильное поглощение сигнала при прохождении в большей толщине атмосферного слоя. В близзенитных областях неба возможна потеря спутника из-за быстрого изменения поправок рассогласования. На качестве наблюдений также сказывается прозрачность атмосферы и влажность, увеличение которой вызывает запотевание или обмерзание



Рис. 1. ММКОС «Сажень-ТМ» в Иркутске



Рис. 2. Павильон установки ММКОС «Сажень-ТМ»

оптической части установки. Кроме того, наблюдения спутников в северной части небесной полушария могут сопровождаться ухудшением качества получаемых данных из-за расположения к северу от места наблюдения основной части городского массива. Эти обстоятельства учитываются при составлении ежедневной программы наблюдений.

В работе лазерного дальномера используется ряд программ, поставленных разработчиком. Основными среди них являются: комплекс программ расчета целеуказаний спутников и планирования наблюдений, программа наведения, программы отображения экранов дневной и ночной камер, программа регистрации измерения дальности до спутника, программа обработки измерений. Кроме того, в работе дальномера применяется ряд сервисных программ: расчет текущего звездного каталога, привязка датчиков, настройка дневной камеры, управление параметрами лазерного излучателя и ряд других.

С течением времени в конфигурационные файлы программ расчета целеуказаний и обработки измерений по мере появления новых целевых спутников вносятся необходимые изменения.



Рис. 3. Астрогеодинамический полигон в Иркутске



Рис. 4. Размещение иркутской станции ММКОС (IRKL) в г. Иркутске

В ходе сопровождения предприятием-разработчиком АО «НПК «СПП» штатного программного обеспечения программа расчета целеуказаний была переведена на использование входных файлов прогнозов нового формата CPF версии 2, а также был осуществлен переход на отправку в аналитические центры и сервер ВНИИФТРИ выходных CRD-файлов обновленного формата версии 2. При этом за основу была взята адаптированная сотрудниками станции Менделеево версия программы конвертации для станций российской сети.

Наработка иркутской станции на апрель 2025 г. составляет 12500 часов. Увеличению срока безотказной работы станции способствует наличие дополнительно закупленного второго комплекта лазерного излучателя, применяемого во время планового обслуживания излучателя при истечении срока службы элементов излучателя, имеющих ограничения по ресурсу работы.

В таблице приведена статистика наблюдений на иркутской станции в 2024–2025 гг. различных типов спутников, использованных для оператив-

ного вычисления ПВЗ в отделе ПВЗ ГМЦ ГСВЧ ФГУП «ВНИИФТРИ» в (Цыба и др., 2023).

На рис. 5 изображены СКО нормальных точек, полученных отделе ПВЗ ГМЦ ГСВЧ ФГУП «ВНИИФТРИ» по совокупности наблюдений спутников ЛАГЕОС-1 и ЛАГЕОС-2 лазерными станциями российского сегмента, отправлявшими данные в ILRS с 1 ноября 2023 по 31 октября 2024 г., в том числе и Иркутск. По внутренним оценкам, полученным в результате собственной обработки, СКО «сырых» данных составляет не более 4 см.

На рис. 6 изображены (в угловых секундах) отклонения от данных МСВЗ значений координат полюса (x и y), определенные в ЦОАД ГСВЧ по данным международной СЛД сети, включая станции российского сегмента, а также систематическая часть этих отклонений (линии) по данным годового отчета ГСВЧ с 1 ноября 2023 г. по 31 октября 2024 г. Результаты определения координат земного полюса в ГМЦ ГСВЧ обозначены маркерами синего цвета, а их систематическое поведение — линией коричневого цвета (Цыба и др., 2023).

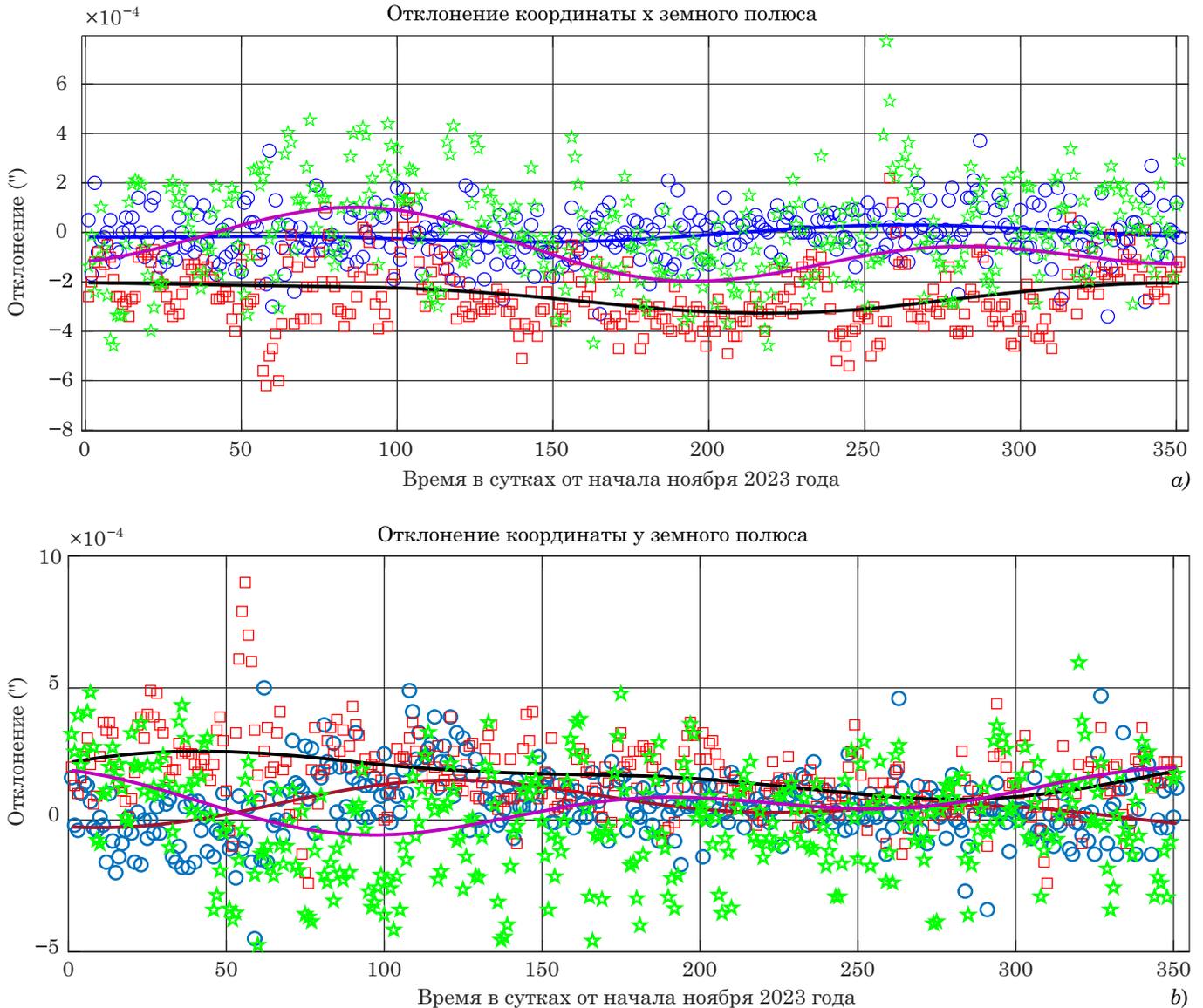


Рис. 6. Отклонения от данных МСВЗ значений координат полюса x (а) и y (б) с 1 ноября 2023 г. по 31 октября 2024 г., определенные в ЦОАД ГСВЧ

Работы на станции Иркутск в части проведения спутниковых лазерных дальномерных измерений вносят достойный вклад в работу отечественной и международной служб определения ПВЗ и дают более 10 % от общего числа нормальных точек, полученных по совокупности наблюдений спутников ЛАГЕОС-1 и ЛАГЕОС-2 лазерными станциями российского сегмента.

Литература

1. Емельянов В., Модестова Г., Капленко В., Игнатенко И. «Опыт эксплуатации новой лазерной станции в Иркутске» // Измерительная техника. 2016. № 3. С. 16–17.
2. Цыба Е. Н., Волкова О. А., Панарин С. С., Вострухов Н. А. Определение параметров вращения Земли методом спутниковой лазерной дальнометрии // XI Международный симпозиум «Метрология времени и пространства», 27–29 сентября, Москва. 2023 г.