

*Дмитроца А.И.,
Артемов И.В.,
Неяченко Д.И.
(НИИ «КрАО», п. Научный, Украина)*

ПРОБЛЕМЫ ТОЧНОСТИ НА СТАНЦИИ ЛАЗЕРНОЙ ЛОКАЦИИ СПУТНИКОВ SLR-1873

Наведені результати інсталювання технічних засобів, які були самостійно розроблені та реалізовані за останні роки на станції для поліпшення точності і приведені отримани результати.

Ключові слова: *лазерна локація, оптичний телескоп, ефективність лазерно-локаційних станцій.*

Приведены результаты установки технических средств, которые были самостоятельно разработаны и установлены за последние годы на станции для улучшения точности и приведены полученные результаты.

Ключевые слова: *лазерная локация, оптический телескоп, эффективность лазерно-локационных станций.*

Станция лазерной локации искусственных спутников Земли это самый сложный технический комплекс. Точность измерений зависит от параметров каждого отдельного элемента, параметров их соединения, от их температурного режима и даже от погодных условий. Главной особенностью комплекса является то, что он работает на пределе своих свойств по точности. Поэтому улучшение станции в этом направлении является очень сложной и важной технической задачей

Рассмотрим основные формулы описывающие эффективность станции лазерной локации.

Среднее число фотоэлектронов, полученное станцией, описывается так называемым уравнением лазерной локации [1]:

$$P_t = \frac{4\pi R^4 P_r \Theta_t^2}{A_e \sigma S_t S_r},$$

где P_t – импульсная мощность передатчика (лазера) ЛЛС; R – расстояние до ИСЗ; P_r – пороговая мощность приема отраженного сигнала;

Θ_i – угловая ширина луча передающего телескопа; A_e – площадь апертуры приемного телескопа; σ – эффективная площадь рассеивания ИСЗ; S_i – коэффициент пропускания атмосферы; S_r – коэффициент пропускания оптических элементов ЛЛС.

Основные поправки, которые надо учесть при формировании так называемых нормальных точек:

$$NPR_i = \left(\frac{NP_i}{2 \times 10^{12}} c \right) - \Delta a_i + \Delta CoM_i - \Delta Rb_i - \Delta GR_i - \Delta \varepsilon_i,$$

где NPR_i - нормальная точка в метрах; NP_i -время следование луча лазера в обе стороны в пикосекундах; c - скорость света в вакууме; Δa_i - атмосферная задержка; ΔCoM_i - коррекция центра масс спутника; ΔRb_i - отклонение в расстоянии из-за задержек в системе; ΔGR_i - поправка учета общей теории относительности; $\Delta \varepsilon_i$ - неизвестная случайная ошибка.

Анализ этих формул показывает, что существует несколько направлений в улучшение точности станций лазерной локации.

- укорачивание длины импульса лазера – уменьшает $\Delta \varepsilon_i$;
- локация на разных длинах волн – уменьшает ошибку Δa_i ;
- улучшение временных характеристик приемно-регистрирующей аппаратуры – уменьшает ошибку ΔRb_i .

На симеизской станции лазерной локации были проведены работы сразу по нескольким направлениям.

После улучшения оптической схемы телескопа в 2008 году [2] заметно увеличилось количество наблюдений. Главным преимуществом новой схемы стало отсутствие механических вращающихся шторок. Что позволило избежать ограничений по частотам лазерных импульсов и обойтись без сложной схемы синхронизации вертушек для спутников на разных высотах.

Следующим этапом был оптимизирован задающий генератор нашего лазера [3]. Старый задающий генератор по схеме интерферометра Саньяка (рисунок 1) был заменен на линейный генератор (рисунок 2). Схема была рассчитана, реализована и отъюстирована нашими силами.

Разработка новой платы управления на FPGA Spartan-3e позволило более точно (менее 1 микросекунды) формировать ворота. Новая система формирования ворот позволила наблюдать более высокие спутники без модернизации всего комплекса. Например, мы стали первыми в Украине, кто успешно наблюдал спутник COMPASS-I5 с высотой орбиты 42 тыс. километров. Что в два раза выше чем спутники наблюдаемые ранее.

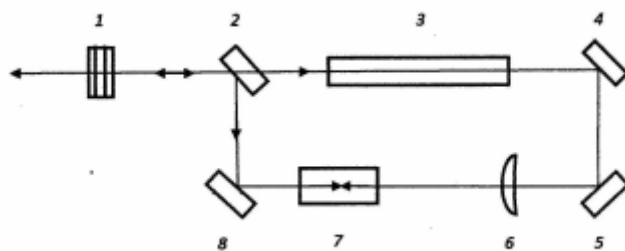


Рисунок 1 - Задающий генератор по схеме интерферометра Саньяка.
 1- стопа; 2- делитель; 3-активный элемент; 4, 5, 8 – зеркала резонатора;
 6- линза; 7 - ПЛЗ

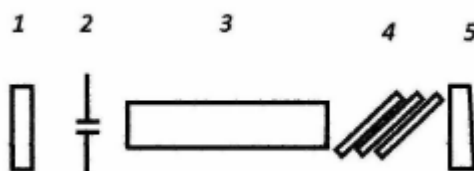


Рисунок 2 - Оптическая схема линейного задающего генератора.
 1,5 – переднее и заднее зеркала резонатора; 2- диафрагма;
 3 - активный элемент; 4- пассивный резонатор

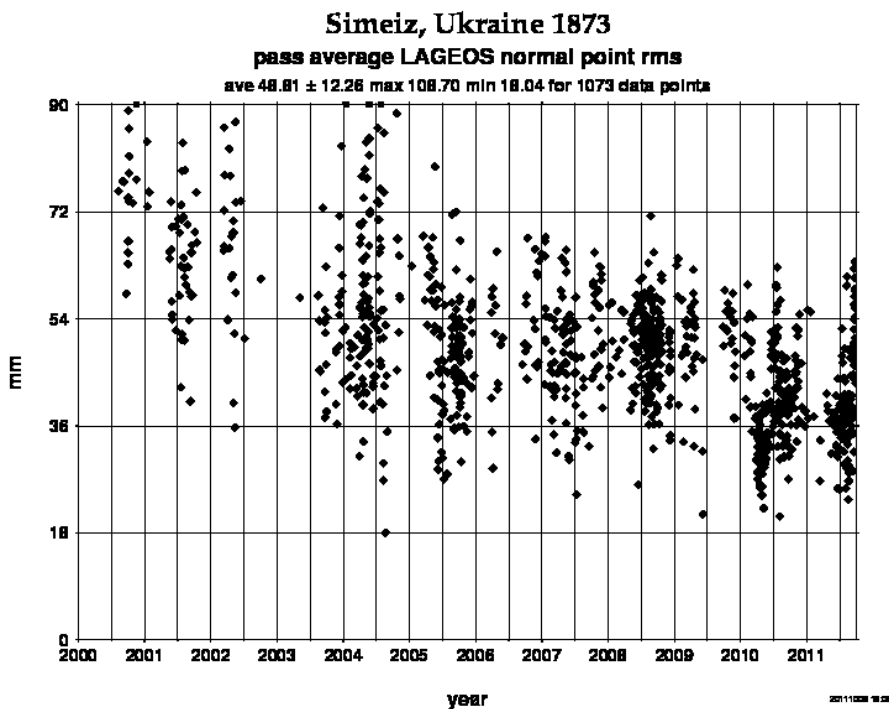


Рисунок 3 – среднеквадратичные отклонения нормальных точек
 по наблюдениям спутника LAGEOS

Прогресс в улучшении нашей точности виден на рисунке 3. На нем приведена точность на примере эталонного для геодезических и геодинамических исследований спутников LAGEOS-1 LAGEOS-2.

Использование линейного задающего генератора лазерного излучения, описанного выше, позволило в среднем улучшить точность на 30 процентов. Наибольшее же улучшение было получено после установки формирователя импульсов, разработанного и реализованного на станции лазерной локации в Голосеево (GLSV-1824) Медведским М.М. Он был установлен только в августе 2012 года и точность, в среднем, улучшилась в полтора раза, что видно на рисунке 4.

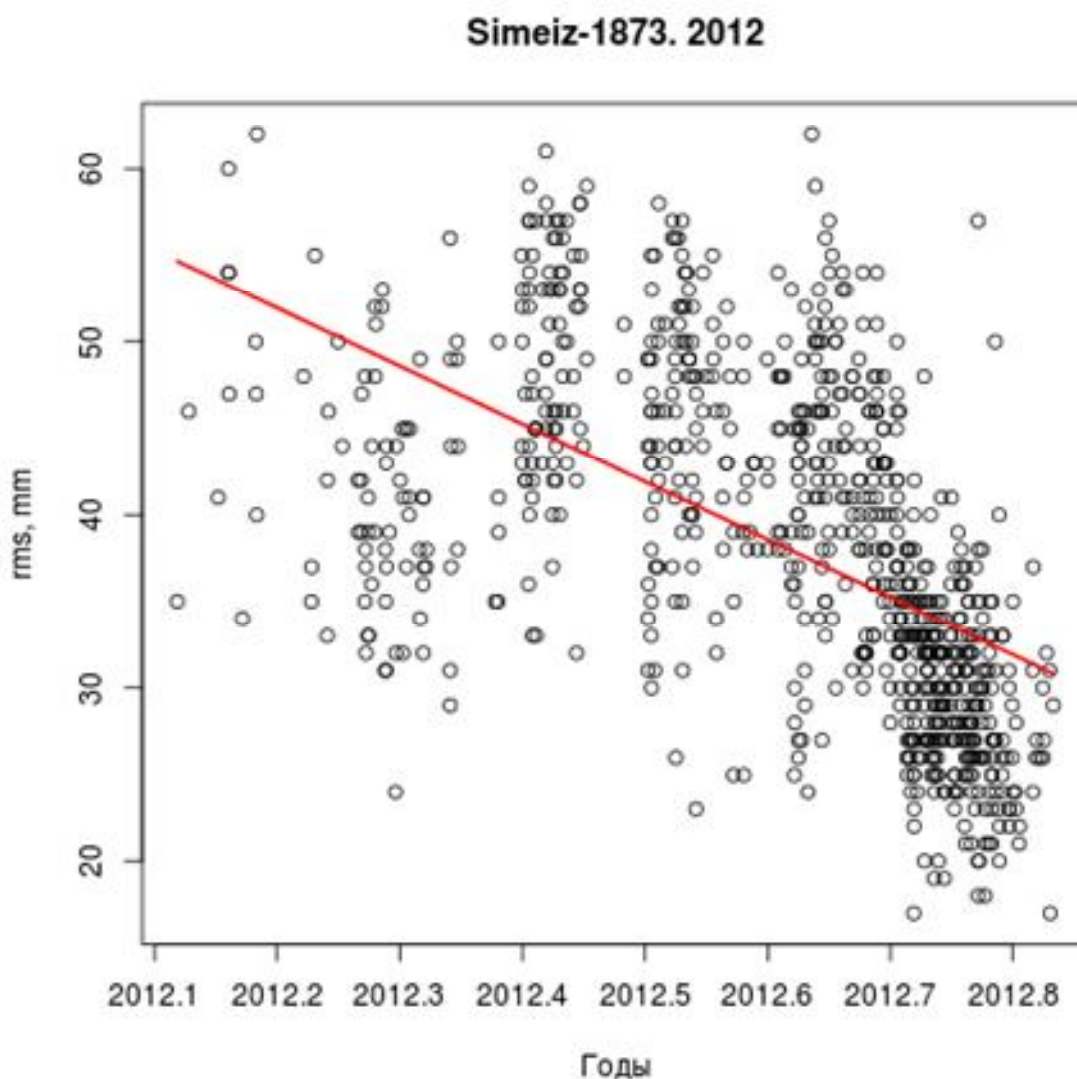


Рисунок 4 – среднеквадратичное отклонение нормальных точек по всем спутникам за 2012 год

Перспективные работы по улучшению точности на нашей станции продолжают идти по нескольким направлениям. Разработка новой версии платы управления и модели ошибок телескопа; подключение нового задающего генератора с диодной накачкой.

Библиографический список

1. *Degnan J. United Approach to Photon-Counting Microlaser Rang-ers, Transponder and Altimeters // Geoscience Technology Office, Code 920.3 NASA Goddard Space Flight Center Greenbelt. – MD 20771 USA. – 2001. – С. 431-447.*

2. *Проект оптимизации оптической системы лазерного спутни-кового дальномера Simeiz-1873 / О.А. Минин, Д.И. Неяченко, И.В. Арте-мов, А.И. Дмитроца // Изв. Крымской Астрофиз. Obs., 2008. - №1. - С. 265-271.*

3. *Повышение эффективности сжатия импульса неодимового ла-зера / И.В. Артемов, Д.И. Неяченко, А.И. Дмитроца, С.В. Филиков, Ю. - Мартышин: Изв. Крымской Астрофиз. Obs., 2010. - №1. - С. 148-153.*