

Измерение отклонения лазерного луча вблизи поверхности Земли

Игнатенко Ю.В. (1), Игнатенко И.Ю. (IgIg@bk.ru) (2), Тряпицын В.Н. (1)

1. Крымская лазерная обсерватория ГАО НАН Украины, АР Крым, пгт. Кацивели, Украина,
2. Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений, Московская область, п. Менделеево, Россия

В процессе проведения лазерной локации искусственных спутников Земли было установлено [1, 2], что существует аномальное отклонение луча при локации ИСЗ в околоземном пространстве. Не исключено такое же явление и в непосредственной близости от поверхности Земли, если это явление носит всеобщий характер. Для ответа на поставленный вопрос была предпринята специальная работа.

Установка представляла собой автоколлимационную оптическую систему (рис.1). Объектив высокого качества с фокусным расстоянием 1600 мм и диаметром 150 мм. В качестве излучателя использовался непрерывный гелий-неоновый лазер. Луч лазера вводился в установку через согласующую рассеивающую линзу с помощью делительного кубика и направлялся вдоль главной оптической оси объектива. Наличие делительного кубика позволяло одновременно направлять на отражатель и наблюдать отражённое от отражателя лазерное излучение, измерять отклонение от первоначального направления с помощью окулярного микрометра.

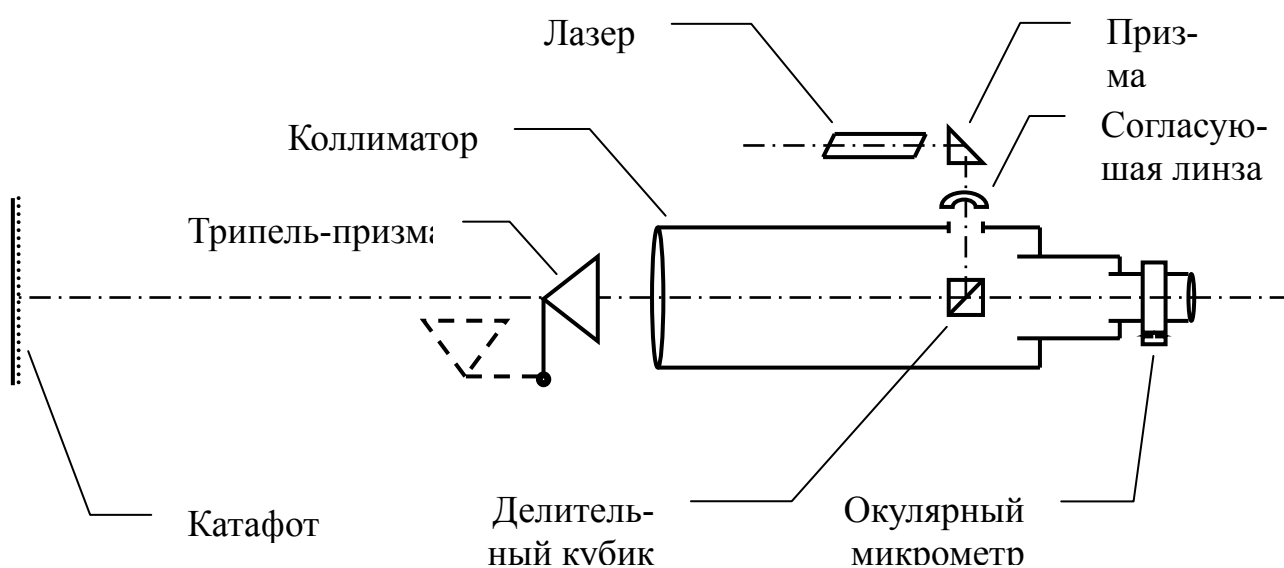


Рис. 1. Оптическая схема установки.

Направление излучения, сформированного коллиматором, определялось с помощью высокоточного углового отражателя. Пучок лазерного излучения диаметром 8 мм, выходящий из объектива коллиматора

через специальную фигурную диафрагму, направлялся в центр углового отражателя таким образом, чтобы отраженный пучок полностью «проваливался» обратно в диафрагму. Затем, диафрагма убиралась и центр отраженного пучка в поле зрения окулярного микрометра с помощью двухкоординатного юстировочного устройства совмещался с перекрестием окулярного микрометра. Угловой отражатель, закреплённый на фиксируемое поворотное устройство, отводился и луч лазерного излучения попадал на мишень-отражатель, удалённую от установки на расстояние 92 м (91995 мм). В качестве отражателя был использован геодезический катафот, обладающий высоким коэффициентом отражения и широкой (в несколько градусов) диаграммой направленности. Диаметр пучка лазерного излучения на мишени составлял величину равную 18 мм. Отражатель с такими свойствами наилучшим образом обеспечивал аналогию наземных измерений и лазерной локации ИСЗ.

Для измерения угла отклонения лазерного пучка от первоначального (нулевого) направления перекрестие окулярного микрометра совмещалось с центром изображения лазерного пучка на отражателе. Это не трудно было сделать, поскольку изображение пучка на отражателе имело форму круга. Отсчёты снимались со шкалы окулярного микрометра с точностью до 1 мкм. При сравнительно небольшом опыте оператора такая точность измерений вполне доступна.

Измерения производились по двум направлениям: горизонтальному (x), и вертикальному (y), что позволило определять истинную величину и направление вектора смещения. Угол отклонения луча определялся по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta l}{b} \quad (1)$$

где Δl - отсчет по микрометру, величина b находилась по формуле

$$b = F \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} \right) \beta \quad (2)$$

F – фокусное расстояние объектива установки,
 α – размер калибра, установленного в плоскости отражателя,
 β – размер изображения калибра α , измеренного с помощью окулярного микрометра. Учитывая малость угла φ , формулу (2) без уменьшения точности можно представить в виде

$$\varphi = \frac{\Delta l}{b} \quad (3)$$

Проведённые таким образом калибровочные измерения показали, что 1 мкм соответствует угол в $0,127''$.

Измерения проводились как в дневное, так и в ночное время. Часть измерений проводилась непрерывно в течение суток с интервалом между измерениями около одного часа. Так как измерения проводились отдельно в вертикальном (по y) и горизонтальном (по x) направлении, то по каждой из координат делалось по 5- 8 единичных отсчётов по каждой координате, поэтому одной точке на графике соответствует 10- 16 отсчётов. На рис. 2 приведен график угла отклонения от заданного направления. Величина отклонения вычислена по формуле (3). В этой формуле измеряемой величиной является Δl , которая отсчитывалась окулярным микрометром от нулевого положения до центра изображения лазерного пучка, на поверхности катафота. Графики рис. 3 и 4 принципиально мало чем отличаются от графика на рис. 2, несмотря на то, что в этот день 29.03.2006 г. произошло солнечное затмение, которое продолжалось с 9:30 до 12:10 (по Гринвичу). Как видно из графика, особых, заметных аномалий в этот период времени не наблюдалось. Обращает на себя внимание флуктуирующий характер угла отклонения лазерного луча. На характер отклонения луча могли влиять, по-видимому, различные факторы, включая, например, рельеф местности, в которой проводились измерения. В нашем случае это был Южный берег Крыма. Измерительная трасса имела направление с запада на восток практически горизонтально вдоль морского берега. С юга была гладь моря, а с севера - горные склоны, круто уходящие вверх до высот 1000...1200 м на расстоянии до 5 км.



Рис. 2. Результаты измерений 29 марта 2006 года.

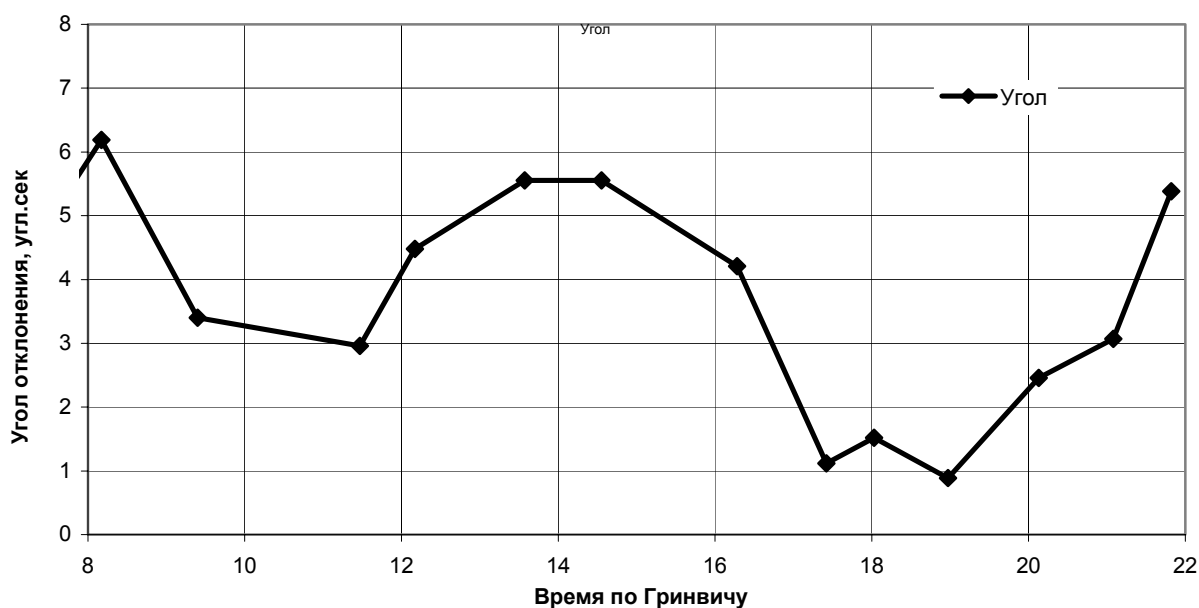


Рис. 3. Результаты измерений 5 июля 2006 года.



Рис. 4. Результаты измерений 27 января 2006 года.

Отметим, что атмосферная турбулентность (если она возникает) отличается тем, что флуктуации и скорости, и плотности, и температуры имеют, во-первых, более высокие характерные частоты [3] и, во-вторых, приводят к незначительному размытию контура изображения лазерного пучка на поверхности отражателя [4]. Поэтому измерения проводились в те периоды, когда изображение и относительное положение лазерного пучка на поверхности отражателя не изменялось в течение нескольких десятков секунд. Поэтому характер полученных результатов объяснять влиянием атмосферной турбулентности, на наш взгляд, неправомерно.

В заключение отметим, что наблюдаемый эффект отклонения луча лазерного излучения устойчив. Он не зависит ни от температуры окружающей среды, ни от погодных условий (дождь, снег или ясно). Это явление имеет, по-видимому, одну физическую природу с явлением отклонения света при лазерной локации искусственных спутников Земли [1, 7] возникающего в результате возможного сложного движения светонесущей среды. Полученные результаты не противоречат результатам, опубликованным ранее другими авторами [5]. Более того, количественные оценки с достаточной точностью совпадают с результатами работы [6].

Литература

1. Игнатенко Ю.В., Тряпицин В.Н., Игнатенко И.Ю. Измерение скоростной аберрации при локации искусственных спутников Земли. «Проблемы управления и информатики», №2, 2004, с. 103 – 106.
2. Игнатенко Ю.В., Тряпицин В.Н., Игнатенко И.Ю. Аномальное отклонение лазерного луча при лазерно-локационных измерениях. Сборник тезисов. VI Украинская конференция по космическим исследованиям, 3 – 10 сентября 2006 г. НЦУИКС, Евпатория.
3. И.О.Хинце. Турбулентность. М.:Физматгиз, 1963.
4. Рытов, С.М. Кравцов, Ю.А., Татарский, В.И. Введение в статистическую радиофизику Ч.2. Случайные поля — М.:Наука, 1978.
5. А.А.Майкельсон, Э.В.Морли. Об относительном движении Земли и светонесущем эфире.//Эфирный ветер. Сб. ст. под ред. д.т.н. В.А. Ацюковского – М.:Энергоатомиздат, 1993.
6. Миллер Д.К. Эксперименты по эфирному ветру и определение абсолютного движения Земли.//Эфирный ветер. Сб. ст. под ред. д.т.н. В.А. Ацюковского – М.:Энергоатомиздат, 1993.
7. Игнатенко Ю.В., Тряпицин В.Н., Игнатенко И.Ю. Отклонение света от заданного направления в околоземном космическом пространстве. Электронный журнал "Исследовано в России", 034, 344-353, 2009. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2009/034.pdf>