

6. Недостаточность исследований влияния потребностей фиксации времени при определении рефракции, в частности, недооценки влияния лунно-инструментальной разности. Последнее усугубляется применением в полевой астрономии морально устаревшего и различного оборудования для фиксации времени (маркированных хронографов, импульсных приставок, хронорегистраторов и т. д.).

7. Разнотипность и нестандартность метеорологических приборов, применяемых для описания метеорологической обстановки в моменты наблюдений светила.

В наступающее время экспериментальные исследования астрономической рефракции призваны решать следующие задачи:

непосредственное изучение физики рефракционных явлений в атмосфере;

проверка моделей атмосферы (в том числе таблиц рефракции) и методов учета астрономической рефракции, основанных на этих моделях;

получение надежной информации для решения обратных задач рефракции.

На основании изложенного с целью успешного и корректного развития экспериментальных исследований рефракции необходимо разработать единый комплекс требований и рекомендаций по применению астрономических методов экспериментальной оценки дельта рефракции, учитывающих все перечисленные недостатки.

1. *Белая Н. А.* К вопросу определения астрономической рефракции // Астрономический журнал. 1956. Т. 32. Вып. 6. С. 555—562. 2. *Васильченко Н. А.* Определение астрономической рефракции у горизонта в различные периоды года // Астрометрия и астрофизика. 1972. Вып. 17. С. 96—107. 3. *Заболотский Ф. Д., Курдюк В. В.* Экспериментальные исследования астрономической рефракции на больших зенитных расстояниях в Заполярье // Геодезия, картография и аэрофотоосъемка. 1976. Вып. 23. С. 28—35. 4. *Заболотский Ф. Д., Кушни Д. А.* Влияние инверсии температуры на величину астрономической рефракции в Центральной Антарктиде // Тез. докл. Всесоюзного совещания по рефракции электромагнитных волн в атмосфере. Томск. 07.09.1983. Томск. С. 76—78. 5. *Зверев М. С.* К вопросу о вычислении рефракционных аномалий по данным аэрологических наблюдений // Астрономический журнал. 1946. Т. 23. Вып. 2. С. 97—110. 6. *Курдюк В. В.* Об аномалиях астрономической рефракции вблизи горизонта // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотоосъемка. 1971. Вып. 3. С. 67—71. 7. *Курдюк В. В.* К вопросу влияния лунной ошибки на определение времени по наблюдениям Солнца // Геодезия, картография и аэрофотоосъемка. 1971. Вып. 2. С. 21—28. 8. *Курдюк В. В., Олейник Н. М.* Опыт определения асимметрии астрономической рефракции вблизи горизонта // Геодезия, картография и аэрофотоосъемка. 1977. Вып. 26. С. 32—39. 9. *Коваленко В. А., Маслов Д. И., Русин М. И., Сидоров И. С.* Определение аномалий астрономической рефракции на больших зенитных расстояниях в прибрежном районе // Вращение и Рефракция света в земной атмосфере. К., 1967. 11. *Колышкин И. Г.* Влияние инверсии температуры на астрономическую рефракцию // Астрометрия и Астрофизика. 1974. Вып. 21. С. 30—37. 12. *Коржинская С. В., Тютегов Г. С., Метя и звезда // Астрономические исследования земного пред-*

О методе определения рефракции в астрометрии // Тез. докл. Всесоюзного научно-практического совещания по проблемам совершенствования аппаратуры и методов определения рефракции электромагнитных волн в наземной атмосфере. Иркутск. 11—13.09.1984. Иркутск. С. 21. 16. *Телецкий Г. Г.* Современное состояние вопроса по изучению астрономической рефракции // Новые идеи в астрометрии. Д., 1978. С. 100—102. 17. *Тютегов Г. С.* Аномалии рефракции // Астрономия и геодезия. Томск. 1979. С. 3—23. 18. *Шмаев В. Г.* Проблемы исследования рефракции в астрометрии // Итоги науки и техники. Сер. астрономия. 1983. Т. 23. С. 61—101. 19. *Teleki G., Szas-topolten I.* Problems of three-dimensional refraction in astrometry // Sup. and Plat. Syst. 6th. Eur. Reg. Meet. Astron. Dibróvnik. Oct. 19—23. 1981. Dordrecht. e. v. 1982. P. 455—462.

Статья поступила в редакцию 18.03.86

УДК 628.51

Д. А. ЗАБЛОТНИН, А. В. ЮСЬКЕВИЧ

## ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РАДИОДАЛЬНОМЕРА ТРАП-1

В завершающей стадии разработки радиодальномера ТРАП-1 исследовалось влияние различных блоков, входящих в состав радиодальномера, на такую важную его характеристику, как погрешность измерения. Цель исследования — определение блоков дальности измерения, имеющих доминирующее влияние на ошибку измерения. В качестве переменных факторов в эксперименте использовались блок СВЧ, усилитель промежуточной частоты, усилитель низкой частоты, блок кварцевого генератора, блок автоподстройки несущей и масштабных частот, фазометр, а также выбор измеряемого расстояния и несущей частоты, наименьшейся в небольших пределах.

Исследование влияния каждого блока в отдельности по классической схеме требует проведения очень большого объема экспериментальных измерений. Кроме того, такой подход не дает возможности выявить взаимодействия между отдельными факторами. Применение статистических методов планирования и обработки многофакторных экспериментов позволило значительно сократить объем работ и повысить их надежность.

Задачу эксперимента сформулируем следующим образом: необходимо найти математическую модель поверхности отклика  $y = f(x_1, \dots, x_n)$  и проанализировать количественную оценку влияния различных блоков (факторов) на погрешность измерения дальности. Таким образом, поставлена задача интерполяции, поэтому математическую модель поверхности отклика определяем интерполяционной формулой.

Исследования радиодальномера проводили на трех базисах, длины которых известны с погрешностью  $M = (5+1 \cdot 10^{-6}D)$  мм. Погрешность результатов измерения в  $i$ -м опыте

$$y_i = D_i - D_{\text{эм}}, \quad (1)$$







Из полученного выражения (13) можно сделать вывод, что на ошибку измерения расстояния радиодальномером ТРАП-1 наибольшее влияние оказывает блок СВЧ ( $\hat{\beta}_2=0,266$ ), блок УНЧ ( $\hat{\beta}_4=0,238$ ), блок подстроек ( $\hat{\beta}_6=0,297$ ) и фазометр ( $\hat{\beta}_7=0,1625$ ).

Такие факторы, как значение несущей частоты в заданном диапазоне перестройки  $\Delta f=33$  МГц ( $\hat{\beta}_1=0,04446$ ), блок УПЧ ( $\hat{\beta}_3=0,0075$ ) и блок кварцевого генератора ( $\hat{\beta}_5=0,0258$ ) слабо влияют на ошибку измерения, а изменение измеряемого расстояния практически не влияет на эту ошибку.

Полученные данные хорошо согласуются и с физическими представлениями о процессах, происходящих в радиодальномере. Дальнейший анализ выявленных в процессе эксперимента блоков показал, что блок подстроек неоптимально согласован с блоком УПЧ, в блоке СВЧ наблюдаются разбросы по КСВ как на прием, так и на передачу, а в блоке УНЧ основное влияние на ошибку оказывают имеющиеся там схемы фазовой автоподстройки разностной частоты.

Отсутствие влияния измеряемого расстояния на ошибку измерения, очевидно, объясняется тем, что частота кварцевого генератора не отклоняется от номинала, а точность измерения разности фаз в данном дальномере мало зависит от мощности поступающего на станцию сигнала.

Незначительное влияние несущей частоты на точность измерений в этом эксперименте вполне закономерно. Трассы трех базисов, на которых выполнены измерения, равнинны и имеют сплошной растительный покров (пашня).

1. Бродский В. З. Многофакторные регулярные планы. М., 1972. 2. Таблицы планов экспериментов для факторных и полиномиальных моделей. М., 1982.

Статья поступила в редакцию 30.01.86

УДК 523.3

П. М. ЗАХУЛЯК, А. Л. ЦЕРКЛЕВИЧ

### АППРОКСИМАЦИЯ СЕЛЕНОПОТЕНЦИАЛА СОВОКУПНОСТЬЮ ТОЧЕЧНЫХ МАСС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ОДНОМЕРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

В последнее время при описании гравитационных полей рядом с традиционным разложением потенциала по шаровым функциям широко распространение получило его представление с помощью потенциалов совокупности точечных масс. Самый удобный и наиболее легко реализуемый способ определения параметров

точечных масс состоит в равномерном их распределении на поверхности сферы оптимального радиуса, причем значения масс точечных источников вычисляются из решения несовместной системы линейных уравнений по методу наименьших квадратов.

Ниже рассмотрено построение многоточечных моделей гравитационного поля Луны с использованием методики, описанной в [2]. Эта методика в отличие от указанного выше подхода не сводится к непосредственному решению систем уравнений, из которых определяются параметры точечных масс.

Разобьем тело Луны на  $N$  сферических пирамид, вершины которых совпадают с центром ее масс, а основания оконтурены линиями координатной сетки в соответствии с равномерной разграфкой\*. Считая внешний гравитационный потенциал Луны заданным в виде гармонических коэффициентов  $\bar{c}_{nm}$ ,  $\bar{s}_{nm}$  модели селенопотенциала, точечную массу, выраженную в долях массы Луны, определим по формуле

$$m_i = \omega_i \Delta \delta_i / 4\pi \delta_0, \quad (1)$$

где

$$\Delta \delta_i = \delta_0 [(R_i/R_0)^3 - 1]; \quad (2)$$

$$R_i = R_0 / \omega_i \left[ 1 + \sum_{n=2}^N \sum_{m=0}^n (\bar{a}_{nm} \bar{A}_{nm} + \bar{b}_{nm} \bar{B}_{nm}) \right]; \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{a}_{nm} \\ \bar{b}_{nm} \end{aligned} \right\} = \frac{2n+1}{3} \left\{ \begin{aligned} \bar{c}_{nm} \\ \bar{s}_{nm} \end{aligned} \right. ; \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{A}_{nm} \\ \bar{B}_{nm} \end{aligned} \right\} = \int_{\omega_i} \bar{P}_{nm}(\cos \vartheta) \left\{ \begin{aligned} \cos m\lambda d\omega \\ \sin m\lambda d\omega \end{aligned} \right. \quad (5)$$

Здесь  $\delta_0$  и  $R_0$  — средняя плотность и радиус Луны;  $d\omega = \sin \vartheta d\vartheta d\lambda$  — элемент площади единичной сферы;  $\omega_i$  — площадь основания  $i$ -й пирамиды;  $\bar{a}_{nm}$ ,  $\bar{b}_{nm}$  — коэффициенты разложения рельефа однородной планеты;  $\bar{P}_{nm}(\cos \vartheta)$  — нормированные причесоединенные функции Лежандра  $\varphi$ ,  $\lambda$  — полярное расстояние и долгота.

Предположим, что массы пирамид  $m_i$  сосредоточены в центрах их оснований и находятся на некотором радиусе  $\rho_i = R_i/R_0$  от центра масс Луны. Вычисляем эти радиусы в два этапа, используя метод одномерной оптимизации. Сначала найдем значение оптимального радиуса сферы  $\rho = R_{opt}/R_0$  из условия

$$\sum_{j=1}^N |\Delta \bar{N}_j - \Delta N_j^*(\rho)|^2 = \min, \quad (6)$$

где  $\Delta \bar{N}_j$  и  $\Delta N_j^*(\rho)$  — значения ондуляций уровня поверхности, вычисляемые для  $j$ -й точки, находящейся в центре основания  $j$ -й пирамиды, по формулам

\* Возможна равномерная или произвольная разграфка в соответствии с выражениями экстремумами поля силы тяжести.