

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УСТРАНЕНИЕ ОШИБОК, ОБУСЛОВЛЕННЫХ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ «ДИАГРАММА—КОД» ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ СПЕКТРОГРАММ

Г. И. Аббасов *

Рассмотрены способы устранения ошибок, вызываемых нелинейностью преобразователя «диаграмма—код». Предложенные способы позволяют уменьшить примерно в 1.5 раза ошибку определения параметров спектральных линий при автоматической обработке спектрограмм с помощью ЭЦВМ.

The ways are considered of eliminating the errors caused by the non-linearity of the diagram-to-code converter. The ways proposed make it possible to reduce approximately 1.5 times the error of determination of the spectral line parameters in the automatic processing of spectrograms with the aid of an electronic digital computer.

Преобразование непрерывной информации, содержащейся в спектрограмме, преобразователем «аналог—код» происходит с определенной точностью, которая ограничивается инструментальной ошибкой и ошибками, вызываемыми квантованием информации по времени и по уровню.

Величина инструментальной ошибки определяется точностью изготовления, чувствительностью и стабильностью аналоговых элементов, используемых для построения преобразователя «аналог—код». Ошибки, вызываемые квантованием информации по времени и по уровню, возникают вследствие того, что в процессе преобразования непрерывно изменяющаяся величина заменяется рядом ее последовательных дискретных значений, а текущее значение величины — ближайшим значением цифрового кода.

Точность, даваемая цифровыми преобразователями информации, ограничивается главным образом инструментальной ошибкой [1]. У преобразователя «диаграмма—код» (являющегося разновидностью преобразователя «аналог—код»), применяемого нами для автоматизации обработки спектрограмм, точность преобразования ограничивается в основном нелинейностью его датчика (ВТ-3) [2—3].

Ошибку, вызываемую нелинейностью преобразователя, можно в принципе полностью устранить с помощью ЭЦВМ в ходе вычислений, если она проявляется всегда одинаково, и таким образом можно получить результаты, по точности превосходящие возможности данного преобразователя.

При применении автоматического метода обработки спектрограмм [3, 4] для массовой обработки спектров звезды δ Cas ($A3\ Ia^+$) с целью исследования ее атмосферы было обнаружено, что нелинейность преобразо-

* Сотрудник Шемахинской астрофизической обсерватории АН АзССР.

вателя приводит к появлению систематической ошибки определения параметров спектральных линий [5] (для отдельных групп линий).

Устранение ошибок, вызываемых нелинейностью преобразователя, можно осуществить двумя способами:

1) Произведя измерения величины сигнала во всех точках шкалы посредством более точного измерителя с шагом, равным разрешающей способности преобразователя, составить таблицу точных отсчетов, с помощью которой затем во время вычислений можно заменять отсчеты преобразователя соответствующими им более точными значениями.

2) Построив с помощью ЭЦВМ аналитическое выражение, описывающее кривую нелинейности преобразователя на основе нескольких более

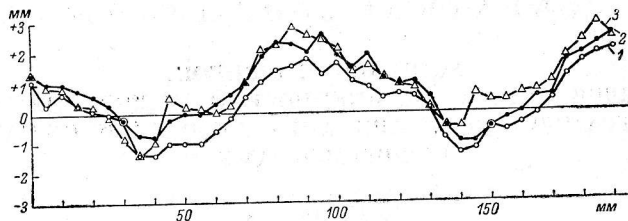


Рис. 1. Кривые нелинейности преобразователя «диаграмма—код», полученные после различной продолжительности его работы.

1 — после двух часов работы; 2 — после трех часов работы; 3 — на следующий день, после трех часов работы.

точных измерений величины сигнала, произведенных в выбранных точках шкалы, затем уточнить отсчеты преобразователя с помощью полученной формулы.

Оба способа не лишены недостатков. Составление таблицы более точных значений отсчетов по первому способу представляет собой трудоемкий процесс и при высокой чувствительности преобразователя практически не осуществимо. Во втором способе определенную трудность представляет нахождение аналитических выражений для описания довольно сложных кривых нелинейности.

На рис. 1 приведены кривые нелинейности преобразователя «диаграмма—код», полученные после различной продолжительности его работы. По оси ординат отложены разности (в миллиметрах) между средними значениями отсчетов преобразователя, полученными из десятикратных измерений в равноотстоящих точках (на расстоянии 5 мм друг от друга), и соответствующими точными значениями шкалы преобразователя, а по оси абсцисс — значения шкалы преобразователя (в миллиметрах). Расстояния между равноотстоящими точками, а также значения шкалы преобразователя определялись с помощью миллиметровой линейки, устанавливаемой на столике преобразователя. Значение каждого деления оси ординат соответствует единице младшего разряда преобразователя.

Из рис. 1 видно, что кривые нелинейности преобразователя (обусловленные нелинейностью его датчика), полученные в разное время, несколько различаются и смещены друг относительно друга по оси ординат [6]. Основными причинами этих различий могут быть: изменения частоты сети, погрешность дискретности преобразования и ошибка установки копира преобразователя при проведении повторных измерений в одной и той же точке.

Изменение частоты сети, напряжение которой используется в данном преобразователе в качестве опорного сигнала, может приводить к изме-

нению показания преобразователя на ± 1 импульс. К такому же изменению показания преобразователя может приводить погрешность дискретности преобразования, обусловленная несинхронным появлением управляющих импульсов и импульсов, заполняющих временной интервал. При совпадении этих случайных ошибок по знаку может изменяться величина нелинейности преобразователя. Поскольку показания преобразователя могут изменяться на ± 1 импульс, малейшая ошибка установки копира в данной точке приведет к преобладанию положительного или отрицательного импульса, что в свою очередь также приведет к изменению величины нелинейности преобразователя.

По нескольким кривым нелинейности была построена средняя кривая, которая использовалась для уточнения отсчетов преобразователя. Благодаря уточнению отсчетов примерно в два раза уменьшилась ошибка, обусловленная нелинейностью преобразователя, в точках, в которых проводились измерения (эти точки нанесены на рис. 1), что привело к соответствующему повышению точности результатов [6].

С целью проверки надежности такого способа уменьшения ошибок и повышения точности определения параметров спектральных линий были промерены 60 линий на двух спектрограммах звезды 6 Cas, полученных с дисперсией 14 и 4 Å/мм. Линии выбраны с таким расчетом, чтобы во время преобразования они попали в различные участки шкалы преобразователя. Затем эти линии обрабатывались машинным методом без и с применением способа устранения ошибок, вызываемых нелинейностью преобразователя, а также обычным способом — «вручную». Во всех случаях определялись параметры спектральных линий, характеризующие непосредственно работу преобразователя, т. е. их центральные глубины R_0 , площади S и полуширины l (в миллиметрах).

Следует отметить, что средняя кривая нелинейности, которая использовалась для уменьшения ошибок, обусловленных нелинейностью преобразователя, была разбита на прямолинейные участки и таблица более точных значений отсчетов получена с помощью ЭЦВМ интерполированием. Затем в ходе определения параметров линий отсчеты преобразователя уточнялись первым из указанных выше способов.

На рис. 2 приведены для сравнения зависимости разностей значений параметров, найденных «вручную» и машинным методом без применения (а) и с применением (б) способа уменьшения ошибок, обусловленных нелинейностью преобразователя, от значений, найденных обычным способом — «вручную». По оси ординат отложены разности значений «ручных» и машинных определений параметров R_0 , S , l , а по оси абсцисс — значения этих параметров, найденные «вручную» (для наглядности значения l , найденные «вручную», увеличены в 10 раз). Одно деление на оси ординат соответствует 10 мм, на оси абсцисс — 20 мм шкалы. Точками обозначены значения параметров линий по спектрограмме, полученной с дисперсией 14 Å/мм, крестиками — по спектрограмме с дисперсией 4 Å/мм.

Из сравнения рис. 2, а и б видно, что применение описанного способа устранения ошибок, обусловленных нелинейностью преобразователя, приводит к уменьшению систематических ошибок и к повышению точности определения параметров отдельных групп линий (это можно видеть по изменению взаимного расположения точек и крестиков).

Численные значения средних относительных ошибок определения R_0 , S , l , найденные из сопоставления результатов, полученных «вручную» и машинным методом, приведены в таблице.

Как видно из таблицы, ошибка определения полуширины l уменьшается мало. Точность определения l посредством разработанного нами численного способа не превышает десятой доли шага квантования (макси-

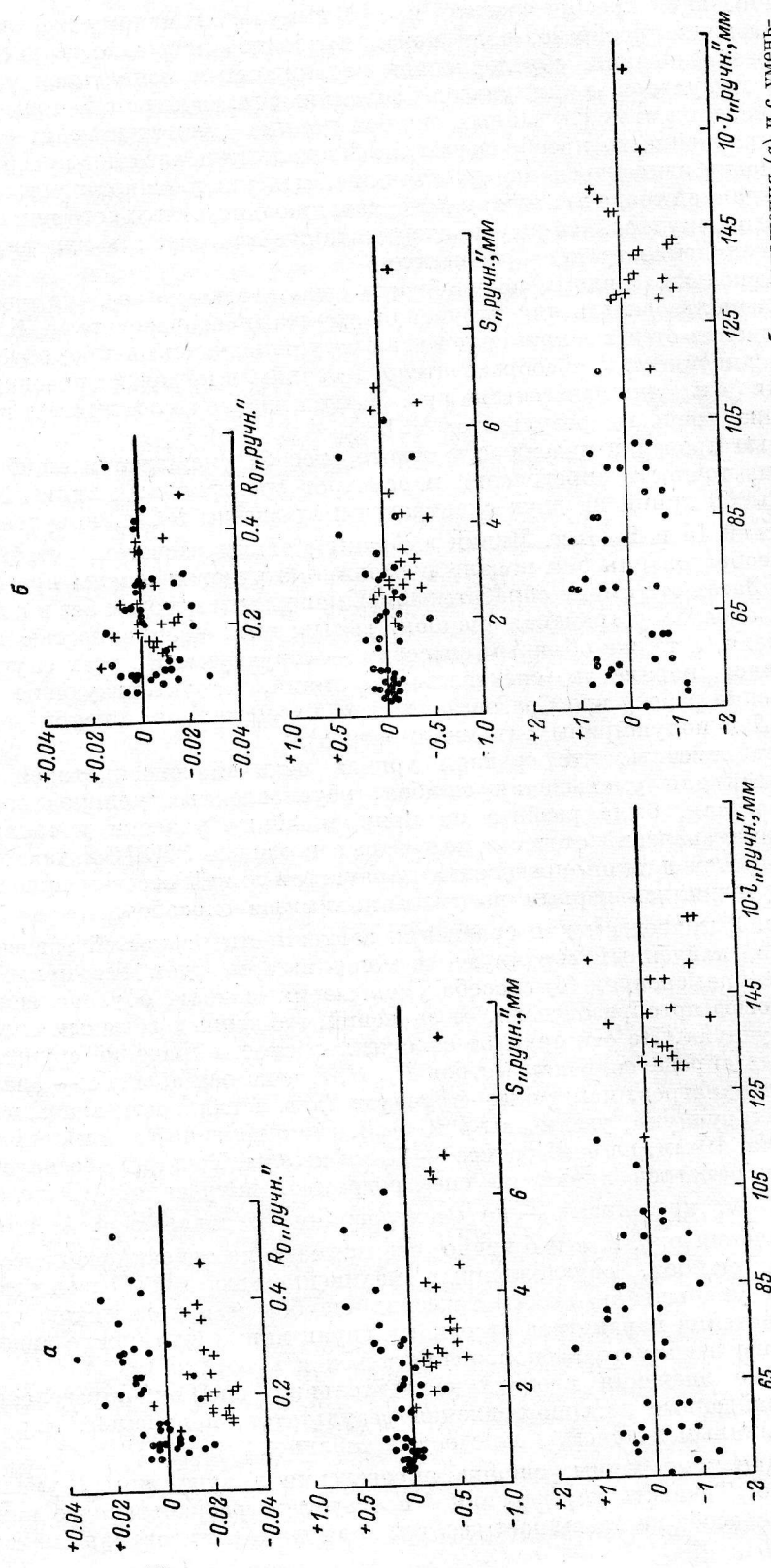


Рис. 2. Зависимости разности значений параметров R_0 , S , L , полученных «ручную» и машинным методом без уменьшения (а) и с уменьшением (б) ошибок, обусловленных нелинейностью преобразователя, от величины этих параметров, полученных «вручную».

мально 0.1 мм) [6]. По-видимому, она определяется ошибкой обводки контуров линий и ошибкой «ручных» определений.

Следует отметить, что повторная обработка этих же линий с помощью преобразователя дает примерно такие же результаты.

Ошибки определения параметров	Параметры		
	R_0	S	l
Без устранения ошибок, обусловленных нелинейностью преобразователя, %	6	8	6
С устранением ошибок, обусловленных нелинейностью преобразователя, %	3.6	5.5	5.5
Отношение ошибок	1.66	1.46	1.09

В качестве вычислительной машины использовалась ЭЦВМ «Минск-22». Что касается машинного времени, то оно почти не увеличивается в случае работы с устранением ошибок, вызываемых нелинейностью преобразователя.

В заключение отметим, что устранение ошибок, обусловленных нелинейностью преобразователя, расширяет возможности автоматической обработки и в некоторых случаях уменьшает требования к конструкции преобразователя (так, при конструировании автоматических преобразователей «диаграмма—код» — для того чтобы получить необходимую линейность — часто приходится ограничивать ширину диаграммы или усложнять конструкцию преобразователя).

Автор выражает искреннюю благодарность И. М. Копылову и А. Г. Мельникову за советы и замечания.

Литература

1. Б. М. Коваленко, Э. А. Фит. Цифровые устройства для автоматизации нефтяной промышленности. Изд-во «Недра», М., 1966.
2. А. Г. Мельников, К. М. Сарумова, М. Г. Грановский, Нефть и газ, № 1, 1967.
3. Г. И. Аббасов, Астрон. ж, 45, № 5, 1077, 1968.
4. Г. И. Аббасов, Усп. физ. наук, 99, вып. 3, 513, 1969.
5. Г. И. Аббасов, С. К. Зейналов, Е. Л. Ченцов, Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 4, 81, 1972.
6. Г. И. Аббасов, в сб. «Новая техника в астрономии», вып. 4, 1972.

Февраль 1971 г.