

4845
Л-247

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



18/x1-74

10 - 8172

4521/2-74

Э.Д.Лапчик, Ж.П.Пустыльник, Л.В.Тутьшкина,
Д.М.Хазинс, Э.В.Шарапова, В.Н.Шкунденков

ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ТРЕКОВ
ШИРОКОАЗОРНЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР
НА СКЕНИРУЮЩЕМ АВТОМАТЕ АЭЛТ-1

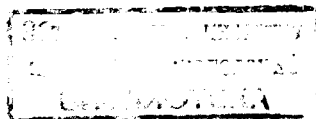
1974

**ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ**

10 - 8172

Э.Д.Лапчик, Ж.П.Пустыльник,* Л.В.Тутьшкина,
Д.М.Хазинс,* Э.В.Шарапова, В.Н.Шкунденков

ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ТРЕКОВ
ШИРОКОАЗОРНЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР
НА СКАНИРУЮЩЕМ АВТОМАТЕ АЭЛТ-1



*Сотрудники ЛЯП ОИЯИ.

В Лаборатории вычислительной техники и автоматизации эксплуатируется сканирующий автомат на электроннолучевой трубке АЭЛТ-1. Автомат предназначен для обмера снимков на 35-мм фотопленке. Обмер ведется путем их просвечивания с помощью прецизионной ЭЛТ^{/1/}. Считываемая при этом информация передается на обработку в ЭВМ БЭСМ-4. В процессе съема информации и опознавания событий в затруднительных ситуациях на помощь ЭВМ приходит оператор, имеющий в своем распоряжении дисплей^{/2/}, оптический экран, функциональную клавиатуру и другие средства диалога с ЭВМ. В 1973 году на автомате АЭЛТ-1 обмерено 30 тысяч событий, зарегистрированных на фотоснимках с широкоазорных искровых камер, используемых в эксперименте по исследованию обратного электророждения пионов^{/3/}. В настоящей работе сообщаются результаты исследования точностных характеристик АЭЛТ-1, полученных при обмере фотоснимков с этих камер.

Созданию автомата АЭЛТ-1 предшествовал теоретический анализ его характеристик^{/4/}. Было показано, что цена отсчета измерительной системы автомата, равная 30 мкм (соответствующая среднеквадратичная ошибка ~ 9 мкм), является приемлемой при обработке фотоснимков с узкоазорных и большинства широкоазорных искровых камер. Имеются, однако, исследования широкоазорных искровых камер^{/5/}, которые показывают, что при тщательном подборе режима их работы среднеквадратичное отклонение траектории искры от трека приближается к 80 мкм. При фо-

тографировании с обычными коэффициентами уменьшения это требует точности обмера снимков $\sim (2+4)$ мкм.

Наряду с ошибкой за счет цены отсчета, на результаты измерения влияют шумы в измерительном канале, а также нелинейность измерительной системы автомата, учесть которые без специальных исследований довольно трудно.

Цена отсчета 30 мкм в измерительной системе автомата АЭЛТ-1 непривычно велика по сравнению с другими измерительными устройствами, используемыми при обмере фотоснимков. Например, широко распространенная установка ПУОС/6/ имеет цену отсчета 2 мкм. Поэтому, несмотря на наличие теоретического анализа, вопрос о цене отсчета в автомате АЭЛТ-1 постоянно вызывал сомнения в ее обоснованности. Окончательный ответ здесь могли бы дать, по-видимому, лишь экспериментальные исследования.

С другой стороны, такая "грубая" цена отсчета позволила при сохранении достаточно высокой скорости сканирования (3 мкм/мксек) существенно снизить требования к быстродействию схемы управления и связи автомата с ЭВМ. Частота поступления счетных импульсов в измерительной системе автомата около 100 кГц. Это согласуется со скоростью приема информации в оперативную память управляющей автоматом ЭВМ БЭСМ-4 и позволило сделать схему связи с ЭВМ простой и надежной.

Результаты исследований точностных характеристик автомата АЭЛТ-1

Один из снимков, обрабатываемых на автомате АЭЛТ-1, приведен на рис.1. Размер кадра 24×18 мм². На снимке видно по две проекции двух искровых камер. Поле каждой из проекций ограничено реперными линиями со штрихами с шагом 20 мм в масштабе камеры. Они служат для привязки

координат треков на пленке к системе координат искровых камер. Зазор искровых камер - 50 мм. На снимке имеются также кресты, которые создают реперные отметки для АЭЛТ-1. Длина треков на пленке различна и составляет $\sim 1,2$ мм для одной проекции и $\sim 1,4$ мм - для другой, что обусловлено различными коэффициентами уменьшения - 43 и 36, соответственно.

При сканировании снимка на АЭЛТ-1 в ЭВМ записывается информация о положениях треков и реперных крестов. Реперные линии и штрихи, контрастность которых специально ослаблена, не воспринимаются, что уменьшает загрузку автомата. Привязка треков и реперных штрихов производится в программе обработки/7/, в которую координаты реперных штрихов относительно координат центров крестов входят как константы. Эти константы измеряются на полуавтоматическом устройстве ПУОС. Чтобы уменьшить случайные ошибки, измерения реперных отметок на ПУОСе производились многократно (10 раз), после чего результаты усреднялись.

Точность измерений на АЭЛТ-1 определялась путем сравнения результатов измерения одних и тех же снимков на ПУОСе и на АЭЛТ-1. Сравнение производилось на ~ 100 кадрах, полученных при наборе статистики обратного электророжения пионов. При этом сравнение производится для треков, расположенных в различных участках поля кадра, что позволяет учесть возможные нелинейные искажения при сканировании снимков на АЭЛТ-1.

Сравнивались координаты X точек входа треков в камеры и углы θ между проекциями треков и направлением электрического поля, перпендикулярного реперным линиям. Величины x и θ определялись в программе геометрической реконструкции событий /8/ методом наименьших квадратов по совокупности координат точек, измеренных на треке.

Из значений X и θ , полученных на разных приборах, строились распределения разностей.

$$\Delta X = X_{\text{АЭЛТ}} - X_{\text{ПУОС}}$$

$$\Delta \theta = \begin{cases} \theta_{\text{АЭЛТ}} - \theta_{\text{ПУОС}}, & \text{если } \text{Sign } \theta_{\text{АЭЛТ}} = \text{Sign } \theta_{\text{ПУОС}} \\ \theta_{\text{АЭЛТ}} + \theta_{\text{ПУОС}}, & \text{если } \text{Sign } \theta_{\text{АЭЛТ}} \neq \text{Sign } \theta_{\text{ПУОС}} \end{cases}$$

Такая формула вычисления разности углов использовалась для того, чтобы выявить возможное систематическое уменьшение наклона трека, обусловленное искривлением искр вблизи электродов. Для устранения этой ошибки концы треков исключались из обработки. Величина систематической ошибки при определении наклона трека на ПУОСе определялась при обмере снимков треков частиц, пересекающих обе камеры, и оказалась равной $\sim 0,3^\circ$.

Дисперсии распределений величин $\Delta \theta$ и ΔX включают в себя как ошибки измерения на АЭЛТ-1, так и ошибки измерения на ПУОСе, причем среднеквадратичная ошибка измерений на ПУОСе может быть различной для разных операторов. Чтобы определить ошибки измерений каждого из приборов, проводилось сравнение результатов измерений на АЭЛТ-1 с измерениями, выполненными на двух ПУОСах разными операторами. Кроме того, сравнивались результаты измерений этих двух операторов. Отсюда для каждого из измеряемых параметров было получено по три дисперсии

D_1, D_2, D_3 распределений разностей, которые связаны с дисперсиями измерений на отдельных приборах соотношениями:

$$D_1 = D_{\text{АЭЛТ}} + D_{\text{ПУОС}_1}$$

$$D_2 = D_{\text{АЭЛТ}} + D_{\text{ПУОС}_2}$$

$$D_3 = D_{\text{ПУОС}} + D_{\text{ПУОС}_2}$$

Полученная система уравнений позволяет определить дисперсию каждого из приборов.

Результаты Из распределений разности угловых измерений следует, что систематическое смещение между измерениями углов на разных приборах не превышает $0,2 - 0,3^\circ$. Среднеквадратичные ошибки измерения углов θ на АЭЛТ-1 и усредненные ошибки для двух ПУОСов следующие:

	АЭЛТ-1	ПУОС
$\sigma_\theta =$	$(1,0 \pm 0,1)^\circ$	$(1,1 \pm 0,2)^\circ$ для треков длиной 1,2 мм
	$(0,9 \pm 0,1)^\circ$	$(1,0 \pm 0,1)^\circ$ для треков длиной 1,4 мм

Точности определения координат точек входа в искровые камеры оказались равными:

$$\sigma_x = \begin{matrix} (14 \pm 4) \text{ мкм} - \text{АЭЛТ-1} \\ (23 \pm 2) \text{ мкм} - \text{ПУОС} \end{matrix}$$

Однако была обнаружена систематическая ошибка при измерении координат на АЭЛТ-1, одинаковая по всему полю кадра и равная 51 мкм. Такая ошибка легко учитывается при геометрической реконструкции событий. Кроме того, при реконструкции событий указанные ошибки определения координат точек входа вносят существенно меньший вклад, чем ошибки определения углов.

Таким образом, точность обмера конкретных снимков на АЭЛТ-1 и ПУОСах практически одинакова, несмотря на меньшую цену отсчета измерительной системы ПУОС (2 мкм) по сравнению с АЭЛТ-1 (30 мкм). Это объясняется тем, что на точность измерений - как это указывалось выше - влияют также и другие факторы. При этом в отличие от АЭЛТ-1 на результаты измерения на ПУОСе существенное влияние оказывает качество работы оператора, что в совокупности с другими факторами (нали-

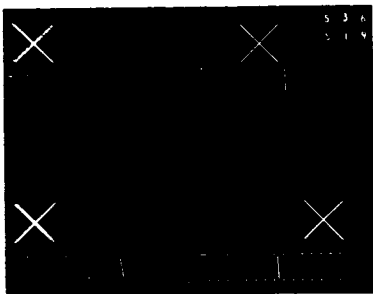


Рис. I

Фотоснимок с широкоазорной искровой камеры.

чие собственного разброса положения треков и др.) и обуславливает "выравнивание" результатов измерения на АЭЛТ-I и ПУОС.

Ошибка же за счет крупной цены отсчета АЭЛТ-I, как и предполагалось, "тонет" в общей ошибке результатов измерения.

В то же время следует отметить, что АЭЛТ-I имеет скорость обработки примерно в 10 раз выше скорости обработки на ПУОСе и позволяет в настоящее время обрабатывать 90+95% поступающих снимков.

Авторы признательны М.Г.Мещерякову, А.А.Карлову и Л.Л.Неменову за постоянный интерес к работе.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В.Ф.Борисовский, Н.Д.Дикусар, В.В.Ермолаев, А.Д.Злобин, И.Н.Кухтина, И.И.Скрыль, А.И.Филиппов, В.Н.Шигаев, В.Н.Шкунденков. Сканирующий автомат на электроннолучевой трубке. ДАН СССР, т.185, № 2, 1969.
2. В.Ф.Борисовский, А.Д.Злобин, А.А.Корнейчук, А.П.Кретов, В.Н.Шкунденков. ОИЯИ Р10-4963, Дубна, 1970.
3. А.В.Демьянов, А.В.Купцов и др. ОИЯИ I3-7687, Дубна, 1974.
4. В.Н.Шкунденков. ОИЯИ Р-2057, Дубна, 1965.
5. L.P.Keller, R.A.Shlutter, T.O.White.
Nuclear Instruments and Methods, 41, 309(1966).
6. В.И.Алмазов и др. ОИЯИ I352, Дубна, 1963.
7. А.А.Корнейчук, Э.В.Шарапова. ОИЯИ IO-7506, Дубна, 1973.
8. А.В.Куликов, Г.И.Смирнов. ОИЯИ IO-5386, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 августа 1974 года.