

Ц845
Ш-251

2481/2-76

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

28/vi-76



10 - 9561

Э.В.Шарапова

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКИ СНИМКОВ
С ШИРОКОЗАБОРНЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР
НА СКАНИРУЮЩЕМ АВТОМАТЕ АЭЛТ-1

1976

10 - 9561

Э.В.Шарапова

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКИ СНИМКОВ
С ШИРОКОЗАОРНЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР
НА СКАНИРУЮЩЕМ АВТОМАТЕ АЭЛТ-1

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

ВВЕДЕНИЕ

В середине 1973 года на сканирующем автомате АЭЛТ-1^{1/1/} была начата массовая обработка снимков с широкозачерных искровых камер в эксперименте по исследованию обратного электророждения пионов^{2/}. Было проведено сравнение результатов обработки фото- пленки на ПУОС и АЭЛТ-1 и получены точностные оценки характеристик этих приборов на статистике ~100 кадров^{3/}.

Одновременно с эксплуатацией на АЭЛТ-1 начались регулярные измерения эталонных и рабочих фотопленок /один раз в 2-4 недели/ с целью контроля работоспособности и надежности прибора.

На основании анализа контрольных измерений в течение двух лет эксплуатации, а также некоторых других специальных измерений была проведена работа по исследованию факторов, влияющих на повторяемость результатов системы измерений и обработки снимков на АЭЛТ-1. На большом статистическом материале была проведена проверка точностных характеристик системы в рабочем эксплуатационном режиме.

В данной публикации приводятся полученные результаты.

ОБЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКИ СНИМКОВ НА АЭЛТ-1

Сканирующий автомат АЭЛТ-1 с мониторной системой диалога человек - ЭВМ, предназначенный для обработки фотопленки с широкозачерных искровых камер, работает под управлением ЭВМ БЭСМ-4. Макет снимка приведен на рис. 1. Можно выделить два этапа обработки

Шарапова Э.В.

10 - 9561

Исследование точностных характеристик системы измерений и обработки снимков с широкозачерных искровых камер на сканирующем автомате АЭЛТ-1

В работе исследуются факторы, влияющие на повторяемость результатов обмера снимков с широкозачерных искровых камер на сканирующем автомате АЭЛТ-1.

На большом статистическом материале изучены точностные характеристики системы АЭЛТ-1 в эксплуатационном режиме.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований

Дубна 1976

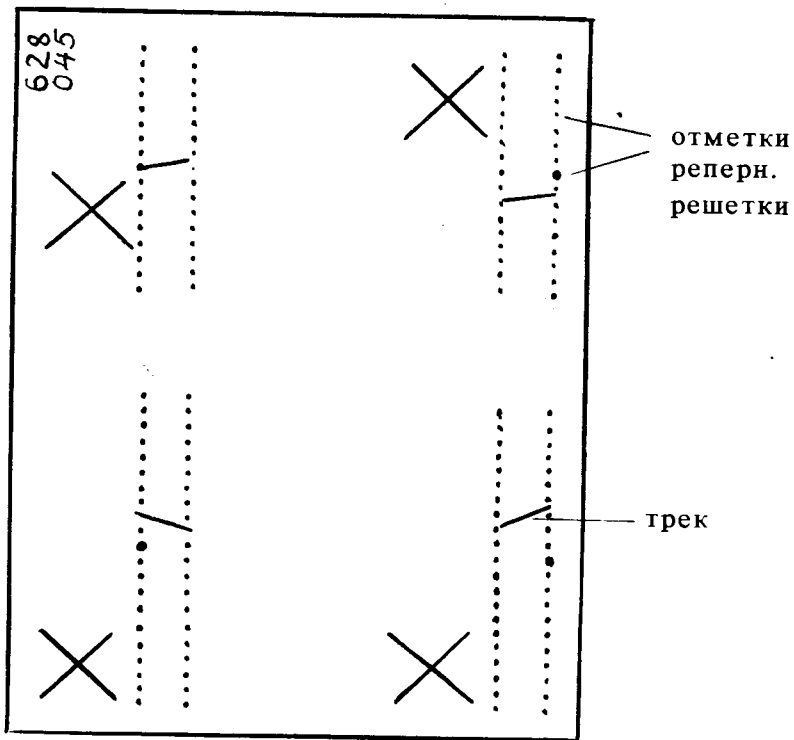


Рис. 1. Макет фотоснимка широкоугольной искровой камеры.

снимков. На первом, в режиме "on-line", программный комплекс управления и опознавания^{/4/} производит обмер снимков на АЭЛТ-1, опознавание крестов и треков, а также формирование массива характерных точек*.

Возможен режим полной или частичной автоматической обработки снимков в зависимости от качества пленки, с передачей управления оператору АЭЛТ-1 на работу с дисплеем. Выбор рабочих программ обработки определяет оператор АЭЛТ-1, имеющий в своем распоряжении дисплей-монитор, оптический экран и функциональную клавиатуру. Оператор также выбирает и контро-

* Характерными точками мы называем точки концов линий плеч крестов и треков, по которым в дальнейшем восстанавливается трек и находятся его параметры^{/5/}.

лирует рабочий режим автомата /уровень дискриминации, фокусировку/. Результаты обмера снимка, вместе с характерными точками, записываются на магнитную ленту МЛ-1. На втором этапе, в режиме "off-line", рабочий комплекс программы обработки, состоящий из главной программы JOCO (JOB COMPLEX) и библиотеки стандартных подпрограмм, производит дальнейшую обработку информации, считываемой с МЛ-1^{/5/}.

Программа JOCO производит следующие действия: вычисление центров крестов и восстановление проекций треков, вычисление параметров реперной решетки эталонного кадра соответствующей экспозиции, обмеренного на ПУОС^{/6, 7/}, вычисление параметров преобразования и совмещение плоскостей рабочего и эталонного кадров, привязку рабочего снимка к реперной решетке эталонного кадра и др.

Возможен режим полной автоматической обработки информации о снимке или с использованием дисплея ОСК-1^{/8, 9/}, подсоединенного к ЭВМ БЭСМ-4.

Конечным итогом обработки по JOCO является сформированный результирующий массив данных в стандартном, совместимом с измерениями на ПУОС, формате, который содержит информацию о реперной решетке и проекциях трека.

Результирующий массив данных записывается на магнитную ленту МЛ-2 и передается физикам.

Все программы системы измерений и обработки снимков на АЭЛТ-1 написаны на автокоде "Астра"^{/10/}.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ДАННЫХ

Общепринятая методика сравнения результатов обработки фотопленки на новом приборе с результатами, полученными на другом, хорошо изученном приборе типа ПУОС^{/6/}, позволяет определить среднеквадратичный разброс в измерении исследуемых величин и систематическое смещение. Сравнение с ПУОС - длительные и трудоемкие измерения. Проведя однократное сравнение с ПУОС для какой-то серии кадров, можно затем периодически обмерять эту серию на автомате, убеждаясь, что пара-

метры его "не уплыли" /систематическое смещение/.

Полезное представление о среднеквадратичном разбросе измеряемых величин можно получить путем анализа повторяемости измерений на самом автомате. Добиваясь улучшения характеристик повторяемости, можно отрабатывать и улучшать точностные характеристики системы в целом, делая сравнение с ПУОС лишь для некоторых конечных результатов.

Именно таким образом проводились исследования на АЭЛТ-1. Сравнение соответствующих кадров серий измерений делалось по угловым координатам проекций треков, вычисленным по программе геометрической обработки/11/.

В качестве характеристик повторяемости были приняты две величины:

1. Π - процент кадров /от общего числа сравниваемых/, которые дают грубые расхождения, превышающие разброс в $\pm 6^\circ$. Эта величина характеризует случайные, далеко отстоящие выбросы.

2. σ - среднеквадратичный разброс отклонений для кадров, угловые координаты которых дают совпадение в пределах интервала $\pm 6^\circ$. Эта величина, которую назовем точностной повторяемостью, характеризует качественную структуру основных измерений, их стабильность. Интервал в $\pm 6^\circ$ в качестве граничного был выбран с учетом результатов первых точностных оценок АЭЛТ-1/3/. Действительно, по этим данным среднеквадратичная погрешность в определении угловых координат при измерении снимков на АЭЛТ-1 составляет $\sim 1^\circ$. предполагаемый коридор в 3σ , в который должны укладываться все измерения, должен составлять $\pm 3^\circ$. Интервал в $\pm 6^\circ$ вдвое расширяет исследуемую область и позволяет получить более полную картину поведения исследуемых величин. Была составлена программа статистического анализа результатов геометрической обработки (STAN), которая позволяет сравнивать записанные на МЛ геометрические параметры проекций треков соответствующих кадров серий измерений и получать таблицы отклонений, гistogramмы и численные статистические величины /среднее значение и среднеквадратичный разброс отклонений/.

Программа STAN использует в своей работе стандартные программы HIPACK и HITAPE/12/.

Усредненные значения величины σ вычислялись в следующей последовательности:

1. Определялись величины σ_i каждой проекции каждого из двух измерений:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sigma_i^{2(1,2)}}{2}},$$

где $\sigma_i^{(1,2)}$ - среднеквадратичный разброс отклонений при сравнении двух измерений 1,2, $i = 1,2,3,4$ - число проекций.

2. Определялась величина $\sigma_{\text{общ.}}$ измерения путем усреднения по четырем проекциям:

$$\sigma_{\text{общ.}} = \sqrt{\frac{n_1 \sigma_1^2 + n_2 \sigma_2^2 + n_3 \sigma_3^2 + n_4 \sigma_4^2}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4}},$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$ - значения σ для каждой из четырех проекций. n_1, n_2, n_3, n_4 - количество снимков для каждой из проекций, лежащих внутри интервала отклонений в $\pm 6^\circ$.

3. Определялась величина σ_m работы оператора "m" путем усреднения проведенных им k-серий измерений эталонной пленки /для краткости записи $\sigma_{\text{общ. mk}} = \sigma_{mk}$ /

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sigma_{m1}^2 + \sigma_{m2}^2 + \dots + \sigma_{mk}^2}{k}},$$

где: m - шифр оператора, k - число серий измерений. По аналогичной формуле делалось усреднение по нескольким эталонным пленкам и по результатам различных операторов. Статистика усреднения приводится.

Сравнение серий измерений делалось также по промежуточным результатам на различных этапах работы программы JOCO. При этом использовалась визуальная методика анализа данных, выводимых на экран дисплея ОСК-1, подсоединенного к ЭВМ БЭСМ-4/9/.

Контрольные измерения проводились на эталонных пленках, выбранных из числа рабочих пленок разного

качества, которые измерялись на протяжении длительного интервала времени /от нескольких месяцев до года/. Серия измерений составляла ~ 100 кадров.

При проведении контрольных измерений использовался комплекс программ on-line, в котором концы крестов опознавались автоматически, концы треков метились оператором АЭЛТ-1 с помощью светового карандаша.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Влияние на измерения качества работы оператора

В результате анализа большого числа измерений было установлено, что на повторяемость конечных геометрических параметров треков определенное влияние оказывает качество работы оператора. Если условно разделить операторов АЭЛТ-1 на три типа: А, В, С, то качество работы каждого прослеживается на всех этапах обработки и при сравнении с ПУОС.

Приводимые численные результаты работы операторов А, В, С являются усредненными по трем сериям измерений, проведенных для двух эталонных фотопленок /статистика ~ 600 кадров для каждого оператора/.

Для сравнения использовались также аналогичные измерения на ПУОС с выходом на бумажный перфоратор, проведенные операторами Р1 и Р2.

а/ Процент грубых расхождений /П/

Грубые расхождения результатов повторных измерений на АЭЛТ-1 составили:

$$P_A = 5\%, \quad P_B = 7,3\%, \quad P_C = 17,5\%.$$

Так как основную массовую обработку снимков при эксплуатации в период 1973-74 г.г. проводили операторы типа В и С примерно с равным весом, то в среднем

$$P_{B,C} = 12,4\%.$$

Повторяемость измерений на ПУОС характеризовалась следующими результатами:

$$P_{P1} = 7,6\%, \quad P_{P2} = 9\%, \quad P_{P1,P2} = 8,3\%.$$

Выяснилось влияние разных пленок на величину П. Измерения, проведенные одним и тем же оператором АЭЛТ-1 на разных пленках, давали разницу в результатах грубых расхождений на 2-3%. С целью выяснения причин этих расхождений результаты обмера снимков на АЭЛТ-1, записанные на магнитную ленту МЛ-1, просматривались и анализировались на дисплее ОСК-1. Оказалось, например, что оператор С, у которого измерения были хуже, иногда неправильно метил концы треков световым карандашом на дисплее АЭЛТ-1, работал с плохо подобранным уровнем дискриминации, при котором увеличивался шумовой фон, а последние треки были обрезаны. Шумовой фон затруднял также правильное "узнавание" трека. У операторов А и В, которые работали более внимательно, почти полностью отсутствовали ошибки, связанные с неправильной меткой, а оставались ошибки, связанные с недостаточной разрешающей способностью экрана, когда в качестве конца трека метится точка, находящаяся вблизи трека, но ему не принадлежащая.

Дисплейная методика с использованием ОСК-1 позволила каждому оператору наглядно увидеть допускаемые ошибки, сравнить свою работу с лучшими результатами. Такого рода анализ и обучение оказались весьма полезными с точки зрения практических выводов. Анализ работы операторов подтвердил необходимость программного контроля действий оператора. Типы встречаемых ошибок были классифицированы и использованы в дальнейшем при создании такого рода программы. Стали очевидными реальные возможные требования к качеству работы. Последующее включение в управляющий комплекс on-line измерений программы контроля, которая в режиме диалога корректирует действия оператора, значительно улучшило качество измерений. Повторный обмер тех же снимков показал следующие результаты по грубым расхождениям:

$$P_B = 3\%, \quad P_C = 5\%, \quad P_{B,C} = 4\%.$$

Брак в работе сократился у оператора В более чем в два раза, у оператора С - в три раза. Начиная с 1975 года, автомат АЭЛТ-1 эксплуатируется в данном режиме.

б/ Среднеквадратичный разброс отклонений (σ)

Сравнение повторяемости измерений на АЭЛТ-1, проведенных операторами *A*, *B*, *C* по разбросу угловых координат, дало следующие результаты:

$$\sigma_A = 15,9 \text{ мрад}, \sigma_B = 15,5 \text{ мрад}, \sigma_C = 20,4 \text{ мрад}.$$

Усреднение результатов оператора *B* и *C* дало эксплуатационную величину точностной повторяемости: $\sigma_{\Sigma} = 18,1 \text{ мрад}$.

Результаты повторяемости на ПУОС были несколько лучше:

$$\sigma_{P1} = 11,8 \text{ мрад}, \sigma_{P2} = 14,4 \text{ мрад}, \sigma_{P1,P2} = 13,2 \text{ мрад}.$$

Качество пленки оказывает определенное влияние на величину σ в результатах операторов. Так, например, повторяемость измерений двух эталонных пленок /1 и 2/ оператором *B* характеризовалась:

$$\sigma_{B1} = 14,4 \text{ мрад}, \sigma_{B2} = 16,6 \text{ мрад}.$$

Используемые для сравнения серий величины σ были усреднены по четырем проекциям.

Вместе с тем наблюдалась повторяющаяся закономерность в поведении величины σ на отдельных проекциях: возрастание σ на коротких проекциях /1,2 мм/ и уменьшение σ на длинных проекциях /1,4 мм/. Так, например, для оператора *B* эти величины составили 18 и 15,2 мрад соответственно.

Было проведено сравнение данных измерений на АЭЛТ-1 и ПУОС /~1200 кадров/, которые подтвердили зависимость между качеством работы отдельного оператора /по характеристикам повторяемости его измерений/ и результатами совпадения с ПУОС. Так, работа оператора *B* при сравнении с ПУОС характеризовалась $\sigma_{B,P} = 20,4 \text{ мрад}$, для оператора *C* величина $\sigma_{C,P} = 22,7 \text{ мрад}$. Была также получена общая оценка сравнения данных АЭЛТ-1 и ПУОС /см. основные итоги/.

Для выяснения вопроса качественного различия между собой измерений разных операторов по величине σ было проанализировано по 40 проекций одинаковых кадров, измеренных дважды каждым из трех операторов /*A*, *B*, *C*/. Сравнивались три величины:

1. Объем снимаемой полезной информации /количество точек на крестах и треках/, который определяется подбором уровня дискриминации сканирующего автомата.

2. Длина трека /по проекции *Y* /, которая определяется положением характерных точек, помеченных с помощью светового карандаша.

3. Среднеквадратичный разброс отклонений вычисленных угловых координат σ .

Результаты представлены в табл. 1 и 2.

Анализ индивидуальных особенностей работы операторов *B* и *C* показывает, что на треках, помеченных оператором *B*, у которого результаты лучше, оказывается в среднем несколько большее число точек, и эти треки в среднем длиннее. Работа оператора *A* более близка к работе оператора *B*. Обращает на себя внимание тот факт, что средняя длина трека в зависимости от действий оператора /выбор уровня дискриминации и метка концов/ может измениться примерно на 20%. Последующее включение в управляющий комплекс программы контроля действий оператора привело к улучшению и некоторому выравниванию величины σ в результатах различных операторов. Эксплуатационная величина точностной повторяемости при наличии контроля составила $\sigma_{\Sigma} = 14,3 \text{ мрад}$ и приблизилась к повторяемости на ПУОС.

2. Автоматический и ручной способы опознавания концов крестов.

Подвижный и неподвижный кадры

Были проведены измерения для выяснения следующих вопросов: оказывает ли влияние на конечные результаты способ опознавания концов крестов - ручной, с помощью светового карандаша, или по программе автоматического опознавания; оказывает ли влияние перемещение снимка, вызванное работой лентопротяжки.

Выбранный кадр многократно /по 20 раз/ при хорошо подобранном фиксированном уровне дискриминации измерялся одним и тем же оператором типа *B* при четырех условиях: неподвижный кадр с ручным опознаванием

Таблица 1

Качественное сравнение измерений 1 и 2 операторов А, В, С

Шифр оператора	Кол-во точек на крестах		Кол-во точек на треках		Длина трека (в усл. ед.)		σ мрад
	1	2	1	2	1	2	
В	19,6	20	14	14,7	118,2	124,7	13,3
А	21,9	18,3	12,9	12,8	105,4	111	13,9
С	16,3	21	12,5	11,8	102,6	99,2	20,8

Таблица 2

Результаты усреднения по 1 и 2 измерениям (количество точек на крестах приводится в среднем на плечо, на треках - в среднем на трек)

Шифр оператора	Кол-во точек на крестах	Кол-во точек на треках	Длина трека (в усл. ед.)	σ мрад
В	19,8	14,3	121,5	13,3
А	20,1	12,9	108,2	13,9
С	18,6	12,2	100,9	20,8

концов крестов, неподвижный кадр с автоматическим опознаванием крестов и то же - для кадра, подводимого каждый раз заново. Результаты во всех четырех случаях оказались близки по значению и составили для угловых координат соответственно: 8,8; 7,7; 7,5 и 8,1 мрад. Усредненная величина $\sigma_M = 8$ мрад, очевидно, может характеризовать некоторый максимально достижимый результат по точностной повторяемости для фиксированного кадра.

3. Влияние подбора уровня дискриминации

Для выяснения влияния изменения уровня дискриминации сканирующего автомата на среднеквадратичный разброс угловых координат треков проводились следующие измерения. Был выбран достаточно хороший кадр, неподвижный, который многократно /по 20 раз/ измерялся при трех различных уровнях дискриминации /нижний уровень, средний, верхний/. Измерения проводились оператором типа В. Значения величины σ составили соответственно 8,3; 11,6 и 9,5 мрад. Таким образом, выбор оператором АЭЛТ-1 уровня дискриминации сканирующего автомата оказывает определенное влияние на результаты обмера снимка.

4. Влияние изменения условий фильтрации в программе обработки ЮСО

По программе обработки ЮСО 9, находящейся в эксплуатации, фильтрация полезной информации, после обмера снимка на АЭЛТ-1, происходит следующим образом. Помеченные характерные точки концов треков и крестов используются как опорные для построения коридора некоторой заданной ширины. По точкам, попавшим внутрь коридора, методом наименьших квадратов происходит восстановление прямой и вычисление ее параметров. Пересечение прямых, являющихся плечами крестов, определяет центры крестов, а точки, принадлежащие трекам, снабженные специальными признаками, проходят дальше

по цепочке программ обработки. Результаты фильтрации можно наглядно видеть на экране дисплея ОСК-1. Ширина коридора фильтрации была выбрана с использованием дисплея и составила 4 единицы цены отсчета АЭЛТ-1 в направлении оси сканирования X /цена отсчета измерительной системы АЭЛТ-1 равна 30 мкм/.

Для исследования влияния условий фильтрации на среднеквадратичный разброс отклонений угловых координат треков был составлен новый вариант программы JOC010. По заданным условиям происходила дальнейшая последовательная отбраковка наиболее удаленных "плохих" точек внутри коридора фильтрации. По программе JOC010 обработано несколько серий измерений эталонной пленки с вариацией допуска на отклонение "плохих" точек от 0,5 до 3 ед. АЭЛТ-1.

Анализ результатов показал следующее. Точки, принадлежащие трекам, лежат достаточно близко к вычисленной осевой линии, со среднеквадратичным разбросом ~ 20 мкм. "Плохими" точками были в основном точки плеч крестов, преимущественно в окрестности центра и на краях. Отбраковка приводила к изменению угловых координат индивидуального снимка на $0,25^{\circ}$ - 1° . Однако сравнение двух серий измерений, просчитанных сначала по JOC09, а затем по JOC010, показало, что в среднем на статистике ~ 100 кадров величина среднеквадратичного разброса отклонений угловых координат осталась той же. Сравнение результатов обработки по JOC09 и JOC010 с данными ПУОС также не показало существенной разницы. Просматривалась даже тенденция некоторого ухудшения результатов с возрастанием требования на качество отбраковки. Действительно, на существующий естественный разброс точек на пленке, определяемый физическим экспериментом и качеством фотографирования, накладывается еще некоторый эффект, связанный с измерением. Он может происходить, в частности, за счет дискретности отсчета координат измерительной системы и возможной неоднородности почернения по ширине измеряемых линий /заметим, что ширина линий составляла для трека 2-4 ед, для крестов 2-10 ед. АЭЛТ-1/.

Возможно, в условиях малого шумового фона отбраковка точек по слишком жестким критериям приводила к потере полезной статистики. Очевидно, коридор фильтрации в рабочей программе JOC09 следует считать достаточно оптимальным для отбора полезной информации и отсекаания шумового фона.

5. Выбор варианта реперной решетки, используемой при обработке

При обработке по JOC0 результатов обмера снимков на АЭЛТ-1 и формировании конечного результирующего массива используются данные реперной решетки, полученной предварительным измерением на ПУОС эталонного кадра, так как конфигурация реперной решетки не позволяет измерять ее на АЭЛТ-1. В дальнейшем при обработке по физическим программам данные реперной решетки используются для устранения оптических искажений, полученных при фотографировании.

Было уделено большое внимание вопросу получения реперной решетки высокой точности^{7/}, так как однажды измеренная решетка каждой экспозиции используется для обработки нескольких тысяч снимков. Измерения реперной решетки эталонного кадра на ПУОС проводятся многократно с последующим усреднением измеренных точек и выбросом далеко отстоящих. Оказалось реальным получать такую решетку, в которой среднеквадратичный разброс усредненных точек не превышает 5 мкм. Для выяснения необходимости привязки к реперной решетке соответствующей экспозиции была проведена серия работ по JOC0 одних и тех же данных с использованием реперных решеток соответствующей и других экспозиций.

Результаты показали систематическое наличие разной величины смещений по координатам точек входа в искровые камеры. Следовательно, подтвердилась необходимость использования при обработке результатов обмера снимка на JOC0 реперной решетки строго соответствующей экспозиции.

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ

1. Для выяснения ряда зависимостей и обоснования выборочных сравнений было проанализировано ~5000 кадров.

2. Проведено сравнение измерений на АЭЛТ-1 и ПУОС /с выходом на бумажный оператор/ на статистике ~1200 кадров в рабочем эксплуатационном режиме. Получены значения систематического смещения углов $\Delta = 0,35^\circ$ / и среднеквадратичного разброса угловых координат $\sigma = 20,7 \text{ мрад}$ /, которые в среднем показывают хорошее соответствие с первоначально полученными оценками^{/3/} $\Delta \leq 0,3^\circ$, $\sigma = 17 \text{ мрад}$ /.

3. Получены значения величин, характеризующих повторяемость измерений снимков на АЭЛТ-1. Выяснено влияние на результаты измерений различных факторов, в частности, качества работы оператора АЭЛТ-1.

Анализ измерений различных операторов позволил систематизировать встречавшиеся ошибки, определил реально достижимые качественные показатели работы и дал ряд практических рекомендаций: необходимость программного контроля за действиями операторов, необходимость некоторой аттестационной проверки каждого оператора перед выходом его на массовую эксплуатацию и др. Последующее включение в управляющий on-line комплекс программы контроля действий оператора уменьшило грубые расхождения повторных измерений с 12,4 до 4% и улучшило точностную повторяемость (σ_3) с 18,1 до 14,3 мрад /статистика ~1200 кадров, измерения операторами типа В и С двух эталонных фотопленок/*/. Используемая для анализа результатов и обучения операторов дисплейная методика с использованием ОСК-1 хорошо себя зарекомендовала.

4. Выяснено влияние подбора уровня дискриминации, который может быть одной из причин определенного раз-

* В данном режиме АЭЛТ-1 работает с 1975 года.

броса повторных измерений. Установлено влияние на результаты качества фотопленки.

5. При некоторых оптимальных условиях /многократное сканирование оператором типа В одного и того же качественного кадра при хорошо подобранном уровне дискриминации/ получена для АЭЛТ-1 /на проекциях трека длиной в 1,2 и 1,4 мм/ величина среднеквадратичного разброса угловых координат $\sigma_M = 8 \text{ мрад}$, которая находится в хорошем соответствии с теоретической оценкой возможностей прибора^{/13/}.

Реальные эксплуатационные условия обмера разных по качеству фотопленок, проводимые разными операторами, увеличивают разброс угловых координат и дают величину точностной повторяемости $\sigma_3 = 14,3 \text{ мрад}$. Здесь, очевидно, являются определяющими факторы эксплуатационного режима /качество работы оператора, выбор уровня дискриминации, качество рабочей пленки/, так как программное улучшение условий фильтрации значительного изменения величины σ_3 не дало.

6. Получено подтверждение необходимости использования при обработке результатов обмера по ЮСО реперной решетки строго соответствующей экспозиции.

7. Регулярный контроль параметров работающего сканирующего автомата АЭЛТ-1, проводимый сравнением идентичных измерений через разные интервалы времени /до 6 мес./, в течение 1973-75 гг. показал повторяемость измерений в пределах разброса, определяемого работой оператора.

Конечно, проведенные исследования и выводы нельзя считать исчерпывающими, однако они позволили организовать эксплуатацию автомата АЭЛТ-1 по массовой обработке фотоснимков на достаточно хорошем /с точки зрения точностных характеристик/ уровне. По результатам обработки получены новые физические данные^{/14/}.

В заключение считаю своим долгом выразить благодарность В.Н.Шкунденкову за постоянный интерес к дан-

ной работе и полезные обсуждения, Л.В.Тутышкиной, М.К.Баранчуку, В.А.Сенченко - за участие в обсуждении результатов, Ж.П.Пустыльник /ЛЯП/ - за реализованную возможность работы по программе "Геометрия" с выходом на магнитную ленту.

Следует отметить четкую организацию службы контрольных измерений на АЭЛТ-1 /отв. М.К.Баранчук/.

Автор благодарит А.А.Корнейчука и В.И.Мороза за полезные замечания, высказанные при обсуждении данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. A.S.Burov, A.I.Filippov, A.A.Karlov, E.D.Lapchik, M.G.Mescheryakov, E.V.Sharapova, V.N.Shigaev, V.N.Shkunderkov, I.I.Skryl, L.V.Tutyshkina and A.D.Zlobin. AELT-1 and AELT-2 CRT Scanning Devices. Oxford Conference on Computer Scanning. 2-5 April, 1974, England.
2. А.В.Демьянов и др. ОИЯИ, 13-7687, Дубна, 1974.
3. Э.Д.Лапчик, Ж.П.Пустыльник, Л.В.Тутышкина, Д.М.Хазинс, Э.В.Шарапова, В.Н.Шкунденков. ОИЯИ, 10-8172, Дубна, 1974.
4. Н.В.Барашенкова, А.А.Карлов, Э.Д.Лапчик, В.А.Сенченко, Л.В.Тутышкина, В.Н.Шкунденков. ОИЯИ, Р10-8860, Дубна, 1975.
5. А.А.Корнейчук, Э.В.Шарапова. ОИЯИ, 10-7506, Дубна, 1973.
6. В.И.Алмазов и др. ОИЯИ, 1352, Дубна, 1963.
7. Э.В.Шарапова. ОИЯИ, Б2-10-9560, Дубна, 1976.
8. А.И.Ефимова, Г.И.Забиякин, А.А.Карлов, А.П.Кретов, И.М.Кухтина, Ф.В.Левчановский, В.И.Приходько, В.Р.Трубников, Э.В.Шарапова. ОИЯИ, Р10-5387, Дубна, 1970.
9. Г.И.Стук, Э.В.Шарапова. ОИЯИ, 10-9679, Дубна, 1976.
10. К.М.Железнова, А.А.Корнейчук, Э.В.Шарапова, Н.Ю.Ширикова. ОИЯИ, 10-7904, Дубна, 1974.
11. В.П.Курочкин, Ж.П.Пустыльник, Г.И.Смирнов. ОИЯИ, Б1-10-8887, Дубна, 1975.
12. Н.Н.Карпенко, В.Л.Пахомов, А.Е.Сеннер. ОИЯИ, Б1-10-8978, Дубна, 1975.
13. В.Н.Шкунденков. ОИЯИ, Р-2057, Дубна, 1965.

14. В.В.Ализаде, С.Ф.Бережнев, А.В.Демьянов, А.В.Купцов, В.П.Курочкин, Л.Л.Неменов, Ж.П.Пустыльник, Г.И.Смирнов, Д.М.Хазинс. ОИЯИ, Р1-9478, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 февраля 1976 года.