

Ц845
B-654

2844 / 2-77

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



25/VII-77

P10 - 10610

e

Ю.Г.Войтенко, Т.М.Голоскокова, В.Н.Шигаев

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ
ОТСЧЕТНОЙ СИСТЕМЫ СКАНИРУЮЩЕГО АВТОМАТА
HPD Mark 2A

1977

P10 - 10610

Ю.Г.Войтенко, Т.М.Голоскокова, В.Н.Шигаев

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ
ОТСЧЕТНОЙ СИСТЕМЫ СКАНИРУЮЩЕГО АВТОМАТА
HPD Mark 2A**

Войтенко Ю.Г., Голоскокова Т.М., Шигаев В.Н.

P10 - 10610

Исследование стабильности параметров отсчетной системы сканирующего автомата НРД Mark-2A

В работе приведены результаты исследования дрейфа калибровочных констант отсчетной системы сканирующего автомата НРД от момента включения "холодного" прибора до установления стационарного режима.

Исследовалось влияние внешних и внутренних факторов на дрейф констант. Показано, что ошибка измерения данных поперечного и продольного сканирования уменьшается в 10-20 раз при программной коррекции двух констант из шести. Получена экспериментальная оценка длительности переходного режима сканирующего автомата НРД, в течение которого нельзя пренебрегать дрейфом констант отсчетной системы. Показано, что дрейф констант длится около 6 часов. Измерение снимков в течение переходного режима может приводить к систематической ошибке измерений около 100 мкм. Предложен простой метод программной коррекции двух констант, который позволяет начинать измерение снимков спустя 1-2 часа после включения автомата. Остаточная погрешность измерений в этом случае не превышает 5 мкм.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Voitenko Yu.G., Goloskokova T.M.,
Shigaev V.N.

P10 - 10610

Investigation of the Stability of the
Reference System Parameters for HPD Mark 2A
Flying Spot Digitizer

Experimental data have been obtained on the drift of the HPD reference system parameters (calibration constants) after switching on the digitizer. The transition period has been found to be six hours long. In bringing together the results of normal and abnormal scans through transformations based on calibration constants a systematic error up to 100 μm may arise if the drift is neglected. The influence of various internal and external factors on the drift has been studied. It has been shown that updating of the two most mobile constants carried out by a computer programme during production runs decreases the error by a factor of 10-20 allowing one to start film measurements 1-2 hours after switching on the digitizer. The residual error is below 5 μm .

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

Одно из требований к данным, передаваемым программе геометрической реконструкции событий, заключается в том, что результаты измерений всех элементов события в границах одного кадра (проекция стереоснимка) должны быть представлены в единой линейной системе координат. В связи с этим эксплуатация сканирующих измерительных автоматов выдвигает необходимость решения ряда задач: исследование нелинейных эффектов в отсчётном канале, связь между различными системами отсчёта, в которых представлены данные измерений, исследование стабильности этих эффектов и связей. Эти задачи относятся к так называемой проблеме калибровки измерительных автоматов.

Калибровка автомата связана с выбором модели отсчётной системы автомата и параметрического семейства функций, которыми описывается эта модель. наилучшее приближение к реальной отсчётной системе автомата в этом семействе функций находится калибровочной программой на основании результатов сканирования снимков.

В заданном параметрическом семействе функций параметры могут быть разбиты на две группы. Параметры первой группы - программно управляемые. Значения параметров этой группы задаются программой управления сканирующим автоматом. Для автомата НРД это два параметра, XSTAGE, YSTAGE, также значения неподвижных координат измерительного стола при продольном (90°) и поперечном (0°) сканировании снимка /1/.

Значения параметров второй группы, соответствующие наилучшему приближению к отсчётной системе автомата, относительно устойчивы и называются калибровочными константами. Интервал

времени, по истечении которого требуется повторная калибровка автомата, зависит от характеристик самого автомата, условий его эксплуатации и требований к точности измерений при обработке данных конкретного физического эксперимента.

Модель отсчётной системы сканирующего автомата НРД Sorenique Mark 2A ^{12/13/} включает в себя три взаимосвязанные системы координат, зависящие от восьми параметров. Положение измерительного стола дается в системе координат (X, Y) , отсчеты при поперечном сканировании - в системе координат (X, wx) , отсчеты при продольном сканировании снимков - в системе координат (Y, wy) . Выполнение ряда функциональных требований к работе автомата, контролируемых программой ЭВМ, и высокая точность изготовления оптико-механической части автомата обеспечивают линейность всех трёх систем отсчёта и ортогональность отсчётной системы (X, Y) .

Отсчётная система поперечного сканирования полностью определяется четырьмя параметрами: программно управляемым параметром YSTAGE и тремя калибровочными константами YZER0, SPTXLC и CFDLTX (YZER0 - координата начала строки поперечного скана при нулевом значении координаты Y измерительного стола; SPTXLC - цена отсчёта координаты wx сканирующего пятна; CFDLTX - статический наклон строк при поперечном сканировании).

Аналогично отсчётная система продольного сканирования определяется четырьмя параметрами: программно управляемым XSTAGE и тремя калибровочными константами XZER0, SPTYLC и CFDLTY (XZER0 - координата начала строки продольного скана при нулевом значении координаты X измерительного стола; SPTYLC - цена отсчёта координаты wy сканирующего пятна, CFDLTY - статический наклон строк при продольном сканировании) ^{1/1/}.

Погрешность, вносимая линейной аппроксимацией реальной отсчётной системы НРД в процессе анализа измеренных событий, может быть оценена сравнением двух наборов данных, полученных при поперечном и продольном сканировании снимка и преобразованных в общую систему координат (X, Y) путём соответствующих линейных преобразований (операция сшивания снимка ^{1/1/}). Опыт многолетней эксплуатации сканирующего автомата НРД в ЛБТА ОИЯИ показывает, что усредненная по 50 крестам калибровочного снимка ошибка сшивания центров крестов устойчиво держится в

границах 2,5 - 3,0 микрон (для худшего креста ошибка сканирования составляет 4-6 микрон). Это свидетельствует о хорошем согласии с линейной моделью отсчётной системы, если принять во внимание, что среднеквадратические ошибки σ_x , σ_y определении центра креста калибровочной программы равны 0,3-0,5 микрона для каждого из пары сканируемых крестов, а единица измерения координат x, y измерительного стола равна 2,5 мкм.

В цепочке программ, используемых для обработки снимков с пузырьковых камер ^{14/}, преобразование данных в единую систему координат делает программа ^{15/16/} SYG, на вход которой вместе с результатами фильтрации данных НРД поступают значения калибровочных констант. Эти калибровочные константы обычно получают с помощью калибровочной программы непосредственно перед сеансом измерений снимков с пузырьковых камер и передают программе ЭВМ, управляющей работой сканирующего автомата. Систематическая погрешность сканирования данных поперечного и продольного сканирования снимка с пузырьковой камеры зависит от того, насколько используемые калибровочные константы соответствуют их реальным значениям в момент сканирования снимка на НРД.

В общем случае параметры отсчётной системы длительно работающего и только что включенного ("холодного") автомата не будут одинаковыми. После включения автомата должен существовать переходный период, в течение которого при неизменных внешних условиях параметры отсчётной системы стабилизируются. В практике применения автоматов НРД работа планируется так, чтобы избежать дополнительных ошибок в обработке данных, вызванных нестабильностью параметров отсчётной системы. Практикуется применение периода холостой работы автомата непосредственно после его включения, а также режима непрерывной круглосуточной работы автомата для обработки данных физического эксперимента.

В ОИИИ сканирующий автомат НРД эксплуатировался в 1972 г. в одну смену, а с 1973 года - в две смены. Включение автомата производится обычно в 8 час. 50 мин, с 9 часов проводится автономная проверка узлов автомата и устранение обнаруженных неисправностей (эта работа идёт параллельно с профилактикой ЭВМ

СДС - 1604А). По окончании профилактических работ на ЭВМ СДС - 1604А следует комплексная проверка автомата на линии с ЭВМ по тестовым программам, после чего СДС - 1604А передаётся пользователям для проведения методических работ, выполняемых

как с использованным автоматом, так и без, для развития математического обеспечения системы НРД, для формирования магнитных лент с масками событий. Эта работа завершается сеансом калибровки отсчетной системы автомата, за которым непосредственно следуют рабочие измерения пленок с пузырьковых камер. В среднем 4-6 часов отделяет начало рабочих измерений от момента включения автомата.

На рис. I представлены графики недельной производительности автомата НРД в 1973-1976 г.г. Напомним, что номинальная производительность системы НРД при измерении снимков с пузырьковых камер равна 2000 событий в неделю и ограничивается возможностями действующей подсистемы ⁷⁷ просмотра пленок и измерения цифровых масок событий (100 тысяч событий в год). Фактическая недельная производительность автомата подвержена значительным колебаниям, достигая в отдельных случаях 4000-5000 событий. Та же картина наблюдается при рассмотрении графиков суточной производительности автомата (в лучшие дни измеримость до 1000-1400 событий).

Неравномерный темп измерений обусловлен рядом причин. Во-первых, собственно измерение снимков с пузырьковых камер на НРД - только одна из фаз обработки данных по цепочке программ на CDC - 1604A. Ресурс вычислительной машины, выделяемый системе НРД, делится приблизительно поровну между задачей измерения снимков на НРД и счетом по другим программам системы НРД (обработка и сортировка цифровых масок событий, фильтрация данных НРД, формирование магнитных лент с данными для программ геометрической реконструкции). Во-вторых, как показал опыт эксплуатации автомата, для уменьшения непроизводительных затрат необходимо планировать большие объемы измерений на период устойчивой работы автомата, принимая во внимание невысокую надежность старой электроники НРД. В-третьих, невысокая надежность ЭВМ ТРА-1001, обслуживающей просмотрочно-измерительные столы БПС-2, приводит к перебоям в поступлении цифровых масок и к необходимости в этих случаях заменять сеансы измерений обработкой ранее накопленного материала.

Большие объемы измерений при двухсменной эксплуатации автомата НРД приводят к необходимости начинать сеанс измерений уже через 2-4 часа после включения автомата, а иногда и раньше. Это обстоятельство потребовало проведения специального

исследования характеристики отсчётной системы автомата. В исследовании входили следующие задачи:

1. Разработка метода оценки систематической погрешности снижения сигнала при использовании различных наборов калибровочных констант отсчётной системы НРД.

2. Экспериментальная оценка длительности переходного режима НРД (от момента включения "холодного" прибора до момента, когда калибровочные константы можно считать практически постоянными).

3. Оценка влияния внутренних и внешних факторов на значения калибровочных констант отсчётной системы.

4. Выработка рекомендаций для групп инженерного обслуживания автомата и для разработчиков математического обеспечения.

Перейдем к изложению результатов проведенного исследования.

При оценивании величин систематической ошибки, возникающей в процессе снижения данных измерения сигнала в поперечном и продольном сканах, приходится иметь дело с конечным множеством наборов калибровочных констант, полученных с помощью калибровочной программы в моменты времени t_i , $i = 1, 2, \dots$. Обозначим через $T_{i,0}^{-1}$ и $T_{i,90}^{-1}$ линейные неоднородные преобразования координат из аффинных систем отсчёта поперечного и продольного растров в декартову систему (X, Y) с использованием i -го набора калибровочных констант. $T_{i,0}^{-1}$ и $T_{i,90}^{-1}$ - обратные преобразования с использованием j -го набора калибровочных констант. Обозначим

$$\bar{E}_{i,j,0}(\bar{P}) = T_{i,0}^{-1} T_{j,0}(\bar{P}) - \bar{P}, \quad (1)$$

$$\bar{E}_{i,j,90}(\bar{P}) = T_{i,90}^{-1} T_{j,90}(\bar{P}) - \bar{P}.$$

Вектор $\bar{E}_{i,j,0}(\bar{P})$ есть ошибка восстановления координат точки \bar{P} с использованием i -го набора калибровочных констант по данным поперечного сканирования, полученным в j -й момент времени. Аналогично $\bar{E}_{i,j,90}(\bar{P})$ есть ошибка восстановления координат точки \bar{P} по данным продольного сканирования. Разность $\bar{E}_{i,j}(\bar{P})$ этих двух векторов дает ошибку снижения результатов

измерения координат точки \bar{P} , получаемых при поперечном и продольном сканировании. За меру $E(t_i/t_j)$ систематической ошибки свивания снимка мы принимаем среднее арифметическое от $|\bar{E}_{ij}(\bar{P}_k)|$, $k = 1, 2, \dots, N$, где \bar{P}_k соответствуют центрам крестов калибровочного кадра:

$$E(t_i/t_j) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |T_{i,0}^{-1} T_{j,0}(\bar{P}_k) - T_{i,90}^{-1} T_{j,90}(\bar{P}_k)|. \quad (2)$$

Очевидно, $E(t_i/t_i) = 0$. При $t_i \neq t_j$ величина $E(t_i/t_j)$ в общем случае отлична от нуля.

Оценка систематической ошибки свивания снимка, даваемая выражением (2), нами широко использовалась в ходе проведенных исследований.

Хотя методические работы, касающиеся проблемы стабильности характеристик отсчётной системы и необходимой частоты повторения сеансов калибровки, нами проводились раньше неоднократно, наиболее полные исследования были проведены в декабре 1975 г. В условиях, максимально приближенных к реальному режиму эксплуатации автомата, была прежде всего получена базовая серия результатов калибровки. Отсчетная система автомата калибровалась непрерывно с 10 до 24 часов с двумя небольшими перерывами (около 11 и 18 часов), предоставляемыми каждый день другим пользователям согласно расписанию работ на СДС - 1604А. Базовая серия содержит свыше 200 наборов калибровочных констант.

Данные базовой серии показывают, что после включения автомата наблюдаемый дрейф калибровочных констант отсчётной системы значительно превосходит статистическую погрешность определения этих констант калибрующей программой. В масштабе соответствующих среднеквадратических погрешностей дрейф константы $XZER\emptyset$ находится в диапазоне 90-120 единиц, дрейф константы $YZER\emptyset$ - в диапазоне 50-80, а дрейф остальных четырех констант - в диапазоне 3-10 единиц.

Дрейф констант $YZER\emptyset$ и $XZER\emptyset$ характеризует дополнительный сдвиг по Y и X систем отсчёта поперечного и продольного сканирования снимка. На рисунке 2 точками представлены графики изменения констант $XZER\emptyset$ и $YZER\emptyset$ базовой серии (единица измерения - 2,5 мкм), из которых видно, что за 15 часов взаимный дрейф двух систем отсчёта составил по оси X около 90 мкм, а по оси Y - около 45 мкм. Как мы увидим ниже, дрейф

именно этих двух констант дает основной вклад в систематическую ошибку сшивания результатов поперечного и продольного сканирования.

Для оценки ошибки сшивания, обусловленной дрейфом калибровочных констант, по данным базовой серии нами вычислены величины $E(t_i/t_j)$. В таблице I представлены значения $E(t_i/t_j)$ для моментов времени, разделенных примерно часовыми интервалами. Для наглядности на рис. 3 по данным таблицы I построены для отдельных значений t_i графики $E(t_i/t_j)$ как функций от t_j .

Определим конец переходного режима автомата как момент времени t_n , начиная с которого систематическая ошибка $E(t_n/t)$ не превышает 5 мкм в течение последующих 2 часов:

$$E(t_n/t) \leq 5 \text{ мкм}, \quad (3)$$

$$\text{при} \quad 0 \leq t - t_n \leq 2 \text{ часа.}$$

Полученные результаты приводят нас к заключению, что переходный режим сканирующего автомата НРД длится 6 часов. Графики $xZEP\theta$ и $yZEP\theta$ базовой серии показывают, что максимальная скорость дрейфа систем отсчета наблюдается в течение третьего часа после включения автомата, достигая 20 мкм/час.

Для исследования влияния внешних и внутренних факторов на дрейф калибровочных констант были проведены на протяжении последующих двух недель дополнительные серии калибровок автомата. Результаты некоторых из них представлены на рис. 2. Исследовалось влияние тепловых потоков от ртутной лампы, от узла сканирующего диска, от ФЭУ, от ламп в блоке регистрации стоп-марок Бреннера, от ламп в датчиках перемещений измерительного стола автомата. Было исследовано влияние некоторых режимов дополнительного теплоотвода на дрейф констант (вентиляция пространства под диском, где расположена оптическая ферма; вентиляция пространства над диском; увеличение теплоотвода через стенки корпуса автомата за счёт вентиляции под кожухом автомата), а также влияние вентилятора, создающего избыточное давление под кожухом автомата для предотвращения попадания туда пыли.

Учитывая длительность переходного режима автомата и разброс начальных условий в разные дни, для оценки роли того или иного изучаемого фактора мы использовали параметры установившегося режима спустя 12-13 часов после включения автомата. Так,

при изучении влияния тепловых потоков от ртутной лампы и узла диска последние выключались на весь период исследования, кроме коротких интервалов времени, в течение которых калибрующая программа определяла текущие значения калибровочных констант. При этом регистрировалась температура в помещении, где стоит автомат, температура с внутренней стороны кожуха автомата и у приемы (рис. 5). Данные, полученные в ходе этих дополнительных серий калибровок автомата, позволяют сделать следующие выводы.

Влияния ртутной лампы и узла диска на дрейф констант примерно одинаковы. Каждый из этих двух факторов дает 30-40% полной величины дрейфа констант. Отключение вентилятора, создающего избыточное давление под кожухом, приводит к возрастанию дрейфа констант на $\sim 25\%$. Интенсивная вентиляция под диском и над ним существенно уменьшает величину дрейфа (в 4-5 раз); так же влияет и добавление вентилятора под кожух автомата (уменьшение дрейфа примерно в 2 раза). Изменение комнатной температуры на 1°C приводит к ошибке свивания снимка в ~ 5 мкм, что согласуется с данными, полученными в ЦЕРНе для однотипного автомата /2/.

В соответствии с полученными выводами группа инженерного обслуживания частично изолировала ртутную лампу, установив её на теплоизолирующие прокладки. В дни массовых измерений снимков принимаются меры к выдерживанию постоянных условий в помещении НРД. В случаях, когда предполагается начать измерения раньше обычного (через 1 час после включения автомата), рекомендуется избегать сильного выхолаживания автомата между сменами, помещая для этого под кожух автомата источник тепла мощностью ~ 40 ватт.

Опыт проведенных исследований показал, что если авточас работает только часть суток, трудно только техническими мерами обеспечить микронную точность измерений, присущую автомату НРД, особенно на участке переходного режима. Поэтому разработчикам математического обеспечения рекомендуется, если это допускается самой задачей, принимать меры к уточнению текущих значений калибровочных констант в процессе рабочих измерений снимков.

В программу NAZE1, управляющую процессом измерения снимков с пузырьковых водородных камер, были внесены дополнения /7/, которые обеспечивают по ходу измерений уточнение двух калибровочных констант, XZER6 и YZER6. Для оценки остаточной в этом случае погрешности свивания снимков нами были вычислены

величины $E (z_i/z_j)$ по данным базовой серии, при этом константы U_{ZKPB} , U_{ZKPB} i -го набора калибровочных констант были заменены на аналогичные константы j -го набора. Результаты приведены в таблице 2 и на рис.4. Из них следует, что более 90% ошибок измерения сигнала обусловлено дрейфом констант U_{ZKPB} , U_{ZKPB} .

Согласно ранее принятому определению конца переходного режима новых версий программы КАЗП сокращает продолжительность переходного режима с 6 часов до 1 часа. При введении одного дополнительного сеанса калибровки рабочие измерения сигналов с дуэриальных камер могут быть начаты через час после включения автомата (этот час необходим для раскручивания диска, проведения автономных и комплексных с ЗЕМ тестовых проверок, для калибровки отсчетной системы автомата).

В заключение авторы благодарят А.М.Камеллебова, сотрудников группы инженерного и операторского обслуживания автомата НРД за помощь в проведении данных исследований.

Замечания к рис.2. За исключением одного графика для U_{ZKPB} базовой серии калибровок, остальные графики приведены для константы U_{ZKPB} . Приведенные графики соответствуют следующим режимам работы автомата:

- 10.12.75 - рабочий режим (базовая серия),
- 12.12.75 - отключение ртутной лампы,
- 16.12.75 - отключение диска,
- 18.12.75 - обдув над диском и под диском,
- 19.12.75 - обдув под диском (оптической фермы),
- 25.12.75 } - вентилятор под кокухом.
- 29.12.75 }
- 30.12.75 }

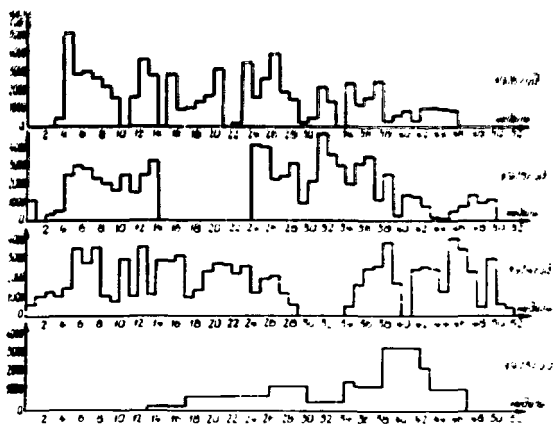


Рис.1. Графики недельной производительности системы.

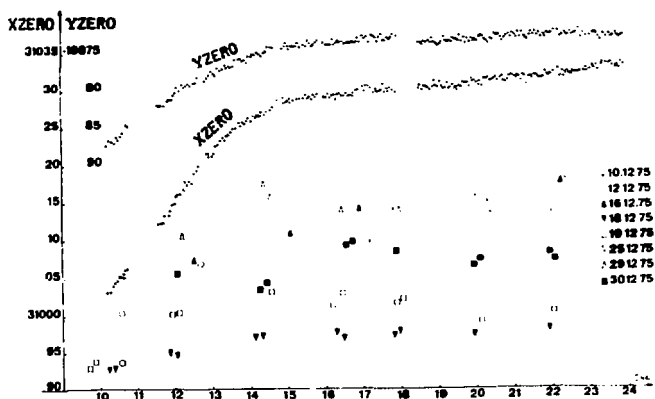


Рис.2. Графики изменчивости калибровочных констант.

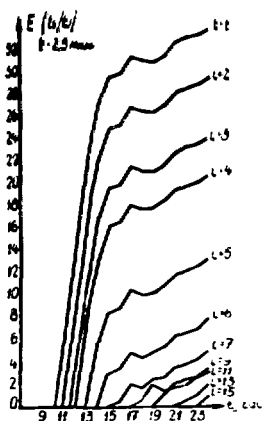


Рис.3. Средние ошибки свечения снимка для базовой серии.

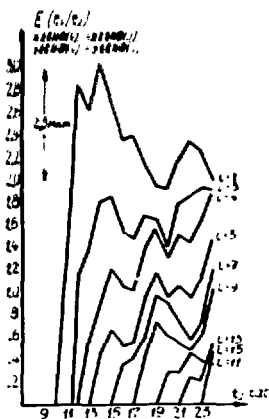


Рис.4. Средние ошибки свечения снимка для базовой серии с корректировкой XZERO, YZERO.

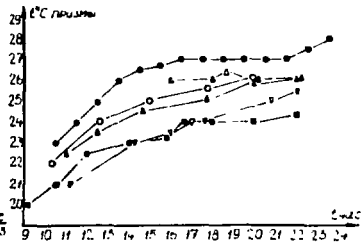
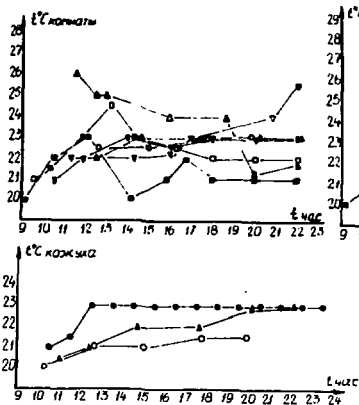


Рис.5. Графики температуры у призмы, кожа и в помещении.

Таблица I. Значения $E(t_i/t_j)$ для базовой серии.

$j \backslash i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	4.82	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
3	110.10	5.41	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
4	113.67	8.92	3.60	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
5	21.14	16.48	11.09	7.66	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
6	126.71	22.09	16.70	13.28	5.62	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
7	129.46	24.87	19.48	16.07	8.42	2.81	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
8	129.72	25.15	19.77	16.40	8.75	3.17	.54	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
9	31.39	26.80	21.41	18.01	10.36	4.75	1.95	1.69	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
10	130.96	26.38	20.99	17.60	9.96	4.36	1.55	1.28	.47	.00	.00	.00	.00	.00	.00
11	130.78	26.30	20.93	17.66	10.08	4.70	2.27	1.74	1.85	1.64	.00	.00	.00	.00	.00
12	31.42	26.91	21.54	18.22	10.60	5.11	2.44	1.97	1.29	1.27	.80	.80	.00	.00	.00
13	132.92	27.99	22.61	19.27	11.64	6.09	3.30	2.92	1.52	1.81	1.80	1.14	.80	.00	.00
14	133.01	28.47	23.08	19.73	12.09	6.50	3.70	3.34	1.84	2.19	2.40	1.69	.54	.80	.00
15	133.22	28.72	23.34	20.04	12.42	6.89	4.14	3.73	2.41	2.70	2.44	1.82	.80	.76	.80
16	133.81	29.35	23.99	20.73	13.14	7.68	4.99	4.94	3.32	3.98	3.07	2.98	1.81	1.65	.93

Таблица 2. Значения $E(t_i/t_j)$ для базовой серии с корректировкой k_{2540}, γ_{2540} .

$j \backslash i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	.001	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01
2	1.091	.001	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01
3	1.841	1.131	.001	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01
4	2.851	1.901	1.151	.001	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01
5	2.631	1.601	1.381	.981	.001	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01
6	3.041	2.001	1.831	.901	.471	.001	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01
7	2.701	1.641	1.861	1.201	.671	.941	.001	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01
8	2.361	1.311	1.551	1.051	.531	.721	.351	.001	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01
9	2.401	1.371	1.491	1.031	.561	.691	.411	.211	.001	.01	.01	.01	.01	.01	.01
10	2.141	1.231	1.681	1.421	.931	1.081	.601	.411	.441	.001	.01	.01	.01	.01	.01
11	1.951	1.231	1.651	1.561	1.171	1.381	.981	.711	.751	.441	.001	.01	.01	.01	.01
12	1.931	1.111	1.391	1.301	.971	1.241	.911	.601	.611	.441	.291	.001	.01	.01	.01
13	2.191	1.391	1.781	1.501	1.051	1.161	.721	.941	.941	.261	.261	.401	.001	.01	.01
14	2.341	1.451	1.861	1.451	.951	1.021	.981	.441	.491	.301	.471	.551	.251	.001	.01
15	2.251	1.451	1.931	1.631	1.141	1.221	.731	.601	.631	.291	.301	.961	.201	.201	.001
16	1.991	1.381	1.911	1.911	1.481	1.661	1.201	.981	1.021	.641	.361	.631	.561	.671	.491

ЛИТЕРАТУРА

1. В.П.Милиткин, В.Н.Шигаев. Калибровка отсчетной системы сканирующего автомата типа НРД . ОИЯИ, 10-5972, Дубна, 1971.
2. H. Chenot et al. The НРД Mark 2 Flying - Spot Digitizer at CERN. CERN PA-4, Data Handling Division, 6 February, 1968. Handbook for the CERN - NIKNS НРД Mark 2. SOENIGUE, Newport Pagnell, Bucks., England, 1963.
3. В.Я.Алаверов и др. Установка для скоростной автоматической обработки снимков с трековых камер на базе механического сканирующего устройства типа "бегущий луч". ОИЯИ, 10-4513, Дубна, 1969.
4. В.Н.Шигаев. Структура математического обеспечения измерительной системы типа ХЕИЗ (НАЗЕ). Программирование и вычислительные методы. ОИЯИ, 11-4655, Дубна, 1969.
5. Э.Которобай. Вариант программы SMOG для эксперимента пр ($E = 1 + 5 \text{ ГэВ}$). ОИЯИ, 10-8735, Дубна, 1975.
6. Л.А.Владимиров, И.М.Дурново, А.Б.Швачка. Программа сборки событий на ЭВМ CDC -1604A. ОИЯИ, P10-6837, Дубна, 1972.
7. В.Н.Шигаев. О развитии программного обеспечения измерительной системы НРД в 1972-1976 г.г. ОИЯИ, 10-10086, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 апреля 1977 года