

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

C-458

10 - 10604

СКРЫЛЬ
Игорь Иванович

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ
ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ
СИСТЕМ ОБМЕРА СНИМКОВ
С ТРЕКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ

Специальность 05.13.06 - автоматизированные системы
переработки информации и управления

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна 1977

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

профессор

А.Н.Горбунов

доктор физико-математических наук

профессор

М.И.Соловьев

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва

Защита диссертации состоится "___" _____ 1977 года
в _____ часов на заседании Специализированного совета Д-56/4
при ЛВТА ОИЯИ, Дубна, Московской области

Автореферат разослан "___" _____ 1977 года

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Специализированного совета

кандидат физико-математических наук

Пузынина Т.П.Пузынина

Актуальность проблемы. В экспериментальной ядерной физике при исследованиях, проводимых с помощью трековых детекторов (пузырьковых, искровых и стримерных камер), широко применяется фотографическая регистрация актов взаимодействий ядерных частиц. Высокая конкурентоспособность фотографического метода регистрации объясняется рядом присущих ему уникальных свойств, таких, как объективность и наглядность, высокое пространственное разрешение, прецизионность и большая информативная емкость, значительная надежность как при получении фотографического изображения, так и при длительном хранении. Ежегодно во всем мире получают миллионы камерных снимков, информацию с которых необходимо соответствующим образом обработать для получения результатов экспериментов.

Процедура обработки обычно состоит из просмотра снимков с целью нахождения среди событий кандидатов, ради наблюдения которых был предпринят эксперимент, высокоточных измерений координат ряда точек вдоль следов частиц, относящихся к отобраным событиям, и математического анализа данных, базирующегося на применении электронно-вычислительных машин. К настоящему времени созданы и успешно применяются различные типы приборов и систем для просмотра и измерения камерных снимков. Параметры оптико-механической аппаратуры в значительной степени ограничивают точность, производительность и функциональные возможности таких систем. Особенно сильно эта зависимость проявляется в последние годы, поскольку большинство ограничений, связанных с электронной аппаратурой или ЭВМ, могут быть успешно преодолены на осно-

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

ве современных достижений микроэлектроники и вычислительной техники. Это определяет важность и актуальность рассмотрения вопросов, связанных с разработкой и созданием оптико-механической аппаратуры систем обмера камерных снимков. Кроме того, разработанные технические решения и готовая аппаратура могут быть использованы при создании систем прецизионной обработки फिल्मовой информации в других областях науки и техники.

Цель работы. С 1966 года в Объединенном институте ядерных исследований проводятся работы по созданию и развитию в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации просмотрово-измерительного центра для обработки данных с трековых детекторов. Автор принимал участие в работах по оснащению аппаратурой просмотрово-измерительного центра ЛВТА ОИЯИ с самого их начала, включая разработку и обсуждение проектов, их реализацию, а также наладку, испытания и ввод аппаратуры в эксплуатацию.

Основные задачи, которые должен был решить автор, заключались в разработке и создании ряда узлов, блоков и оптико-механических приборов в целом, а также в подготовке и курировании промышленного выпуска приборов СИ и БПС-ЗУ. В процессе проектирования особое внимание было обращено на обеспечение возможности реализации эффективного взаимодействия человека-оператора и ЭВМ в процессе обмера, возможность обработки снимков с различных трековых детекторов и возможность последующего поэтапного развития и усовершенствования создаваемой аппаратуры. Кроме того, автором в 1967 году был выполнен анализ погрешностей схем просмотрово-измерительных приборов /1/.

Рассматриваемые в диссертации вопросы излагаются автором на основе материалов разработок приборов БПС-2/2,3/, АЭЛТ-1/4,5/, АЭЛТ-2/160/5,6/, СИ/7-10/, БПС-ЗУ/11-14/.

Научная новизна. Несмотря на активные разработки в области создания оптико-механической аппаратуры для обмера камерных снимков, проблемы обеспечения необходимой точности и воспроизводимости измерений и, особенно, вопросы выбора оптимальной структуры и компоновки приборов все еще далеки от исчерпывающего решения. Анализ и решение названных вопросов, рассмотренные в диссертации, могут оказаться полезными как для разработчиков аппаратуры и систем обработки फिल्मовой информации, так и для специалистов, занимающихся разработкой методики проектирования из-

мерительных систем. Кроме того, результаты разработок автора могут быть использованы при создании унифицированных систем обработки снимков и проведении типизации и стандартизации применяемой аппаратуры.

Практическая ценность. Главным практическим результатом работ, положенных в основу диссертации, является создание ряда оптико-механических приборов, предназначенных для применения в системах массовой обработки камерных снимков. Приборы эти используются в составе просмотрово-измерительного центра ЛВТА ОИЯИ и в некоторых других физических институтах.

Объем работ. Реферлируемая диссертация является обобщением опыта и результатов работ, выполненных автором с 1966 по 1975 гг. в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований. Диссертация состоит из пяти глав, введения и заключения.

В первой главе автором сделан обзор и систематизирован материал, касающийся принципов построения полуавтоматических, автоматизированных и автоматических устройств обмера камерных снимков.

На основании анализа операций обмера снимков и схем построения приборов определен полный набор функциональных оптико-механических блоков, достаточный для компоновки известных в настоящее время приборов (рис. 1): ЭО - обзорный экран, ЦВ - устройство визуального центрирования, ЭУ - экран зоны измерения, БЦ - устройство целеуказания, УС - специализированное устройство, ПМ - блок позиционирования измеряемого снимка посредством перемещения फिल्मowego окна либо проекционного объектива, ПС - блок позиционирования светового пятна относительно неподвижного снимка, СЗ - блок зонального сканирования, СЛ - блок линейного сканирования, СС - блок сканирования по специальной траектории, ФМ - блок фильмопротяжных механизмов, ПР - блок смены проекций, ОП - человек - оператор и пульт управления, ЭВМ - вычислительная машина, работающая совместно с прибором; стрелками обозначены возможные направления передачи управляющей или измерительной информации.

Приведены структурные схемы ряда рассматриваемых в диссертации устройств обмера камерных снимков.

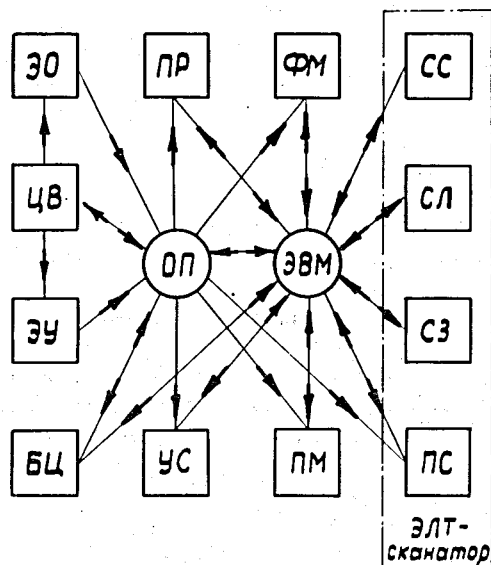


Рис. 1. Функциональные блоки и структурные связи в устройствах обмера камерных снимков

Во второй главе рассмотрены основные источники погрешностей измерения и методы улучшения метрологических свойств приборов. Измерительный прибор согласно современной теории точности принято рассматривать как средство, выполняющее последовательный ряд измерительных преобразований. Общими для приборов обмера камерных снимков являются следующие преобразования:

- проективное преобразование, выполняемое посредством схемы оптической проекции и осуществляющее сопряжение плоскостей расположения снимка и датчика центрирования;
- преобразование позиционирования, обеспечивающее совмещение измеряемого объекта на снимке с датчиком центрирования;
- преобразование центрирования, осуществляющее индикацию совпадения по определенным критериям (например, середины пузырька трека) объекта измерения с апертурой датчика центрирования.

На основании проведенной оценки автором показано^{/1/}, что погрешность проектора, изготовленного в рамках современной технологии, при визуальном центрировании, определяется в основном свойствами глаза человека-оператора и линейным увеличением в плоскости экрана. Так, при увеличении 15^X среднеквадратичная погрешность измерения, отнесенная к плоскости пленки, может не превышать 3-5 мкм. Наиболее критичным звеном в цепи преобразований проектора является большое зеркало. Получены формулы зависимости искажений проекции от зональных отступлений поверхности зеркала от плоскости.

Рассмотрены возможности реализации в схемах проекторов нулевого метода измерений и метода замещений (метода равных искажений). Отмечено, что в связи с широким использованием ЭВМ все более часто применяется метод учета систематических искажений путем введения в вычисления соответствующих поправочных функциональных зависимостей - метод калибровки.

Третья глава посвящена рассмотрению особенностей конструкций приборов на основе электронно-лучевых трубок (ЭЛТ). Сканирующие автоматы на основе ЭЛТ позволяют реализовать наиболее гибкий и адаптивный, по сравнению с приборами других типов, режим обмера камерных снимков. При создании оптико-механических частей таких приборов первостепенное значение приобретают вопросы обеспечения взаимодействия оператор-прибор-ЭВМ.

Общая особенность сканирующих автоматов АЭЛТ-1 и АЭЛТ-2/160 состоит в наличии у этих приборов телевизионной мониторинной системы диалога человек-ЭВМ. Автором диссертации совместно с Шкунденковым В.Н. разработаны структура и компоновка оптико-механических частей этих приборов^{/4-6/}. В частности, обеспечен оптический вывод изображения измеряемого снимка на просмотрный экран. В измерительной схеме прибора АЭЛТ-1 реализован метод равных искажений. Компоновка АЭЛТ-2/160 предусматривает возможность последующего развития оптико-механической части прибора, например, путем введения устройства смены проекций с четырьмя пленками и устройства грубых измерений для целеуказания в плоскости просмотрного экрана.

Схема компоновки прибора АЭЛТ-2/160 показана на рис. 2.

В четвертой главе излагаются вопросы, связанные с выбором основных параметров и компоновки оптико-механической части установки "Спиральный измеритель" ОИИИ.

Концепция прибора и первые два работающих образца были разработаны в Лоуренсовой радиационной лаборатории (США). В настоящее время разработаны и созданы модификации приборов подобного типа в ЦЕРНе (Швейцария), фирмой СААБ-СКАНИЯ (Швеция) и в ОИИИ совместно с Институтом физики высоких энергий АН ГДР и рядом физических институтов СССР. Главная особенность приборов типа СИ состоит в применении спиральной развертки при обмере событий и специализированного устройства для автоматического измерения координат реперных крестов.

Разработка, создание и внедрение оптико-механической части СИ-ОИИИ были выполнены под руководством и при непосредственном участии автора диссертации^{/7,9/}. Общий вид оптико-механической части СИ-ОИИИ показан на рис. 3. Конструкция прибора состоит из десяти самостоятельных блоков: перископа 1, измерительного стола 2, фильмопротяжных механизмов 3 и узла смены проекций 5, осветителя 4, станины прибора 6, проекционного блока 7, фермы проекционной системы 8, узла большого зеркала 9 и стола оператора с обзорным экраном 10. Основная цель разработки, которая и была достигнута, заключалась в создании прибора типа СИ, полностью приспособленного для обмера снимков с водородных пузырьковых камер, кроме того, была предусмотрена возможность использования отдельных узлов прибора при создании новых устройств.

Обоснование выбора основных параметров оптико-механической части СИ-ОИИИ проведено автором с учетом действия ограничивающих факторов, присущих конкретной разработке. Приведены примеры выбора конструкции механизма смены проекций, конструкций измерительного стола и перископа. На примере проекта полуавтоматической установки с автосопровождением^{/8/} показана возможность использования основных блоков СИ при создании прибора, существенно отличающегося по своей концепции и компоновке от "Спирального измерителя". Рассмотрены специфические погрешности измерений, характерные для приборов типа СИ. У прибора СИ-ОИИИ-№1 среднеквадратичная погрешность измерения координат отдельных точек на снимках составляет 3-4 мкм^{/10/}.

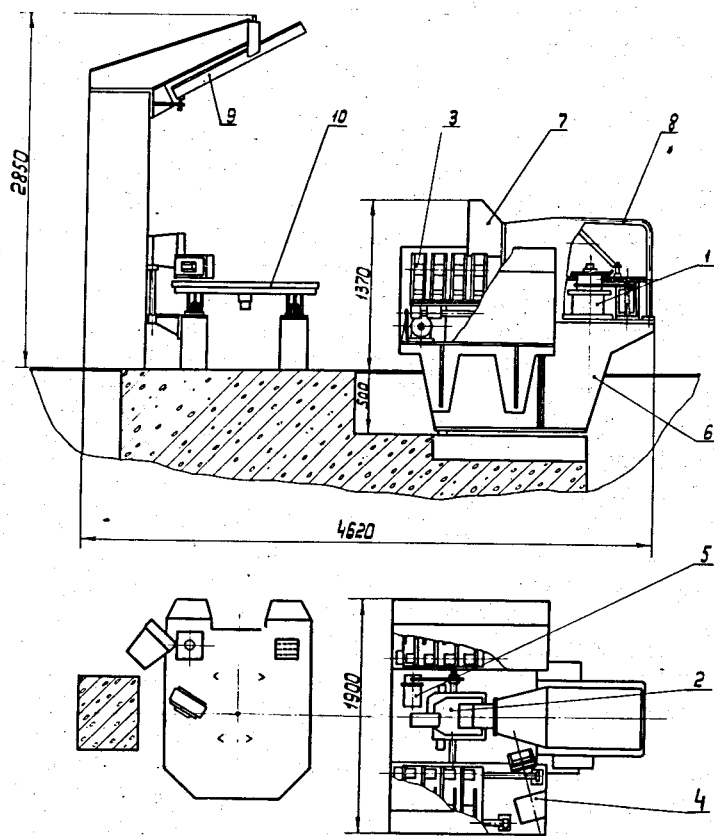


Рис. 3. Общий вид оптико-механической части установки СИ-ОИЯИ

Пятая глава посвящена вопросам проектирования универсального просмотрово-измерительного проектора БПС-ЗУ.

Необходимость и актуальность создания аппаратуры универсального применения на основе модульных и (или) унифицированных конструкций соответствует, по мнению автора, современной тенденции развития техники. Основная задача при проектировании такой аппаратуры связана с рациональным выбором основных технических характеристик, обеспечивающих в определенном смысле оптимальное выполнение требований потенциальных потребителей, с учетом сферы применения аппаратуры и действия разнообразных ограничивающих факторов, присущих процессам разработки, создания (изготовления), освоения и эксплуатации.

Универсальный измерительный прибор для обмера камерных снимков должен быть универсальным по следующим параметрам:

- по формату обрабатываемых снимков и пленок и по точности измерения,
- по возможности его использования в системах обработки с различной степенью автоматизации и сложности,
- обеспечить возможность автономной регистрации данных и возможность подключения и работы совместно с ЭВМ различных типов.

Автором были разработаны основные положения концепции универсального проектора БПС-ЗУ. В соответствии с этой концепцией в ЛВТА ОИЯИ под руководством и при непосредственном участии автора был разработан проект и создан макетный образец проектора БПС-ЗУ. Конструктивно предусмотрена возможность /11,13/ создания четырех модификаций прибора (М1, М2, М3, М4), отличающихся реализацией измерительной схемы, погрешностью измерения (25, 10, 5 и < 5 мкм соответственно), возможной степенью автоматизации процесса обмера, в частности, для съема информации возможно применение твердотельной светочувствительной матрицы /12/. Схема компоновки проектора БПС-ЗУ показана на рис. 4. Проектор может использоваться как в составе аппаратуры мощных просмотрово-измерительных центров, обеспечивая просмотр снимков и подготовку данных для проведения точных измерений на более высокопроизводительных и сложных устройствах, так и в качестве самостоятельного прибора в относительно небольших центрах обработки, обеспечивая в этом случае полный аппаратурный цикл обработки, т.е. просмотр и точные измерения снимков.

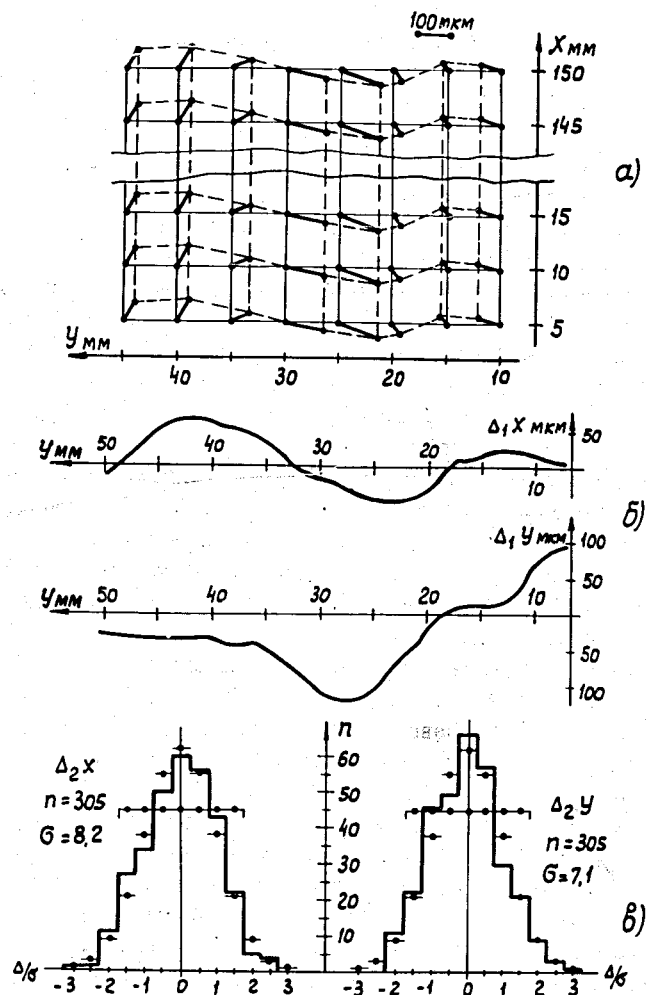
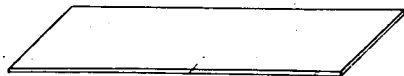


Рис. 4. Схема компоновки универсального просмотрово-измерительного проектора БПС-3У

В настоящее время завершена разработка прибора в модификации М2 и начат выпуск партии приборов этой модификации под названием - Измерительный проектор БПС-75/14/. Основные характеристики этого проектора: увеличение в плоскости обзорного экрана - 14^{\times} ; число проекционных каналов - 4; размер обрабатываемых снимков - от 18×24 до 220×68 мм²; случайная среднеквадратичная погрешность измерения отдельных точек по полю снимка после устранения систематических искажений - 10 ± 2 мкм.

В этой главе также рассмотрены специфические погрешности, характерные для измерительных проекторов БПС-2^{1,2,3/} и БПС-75. Особенность измерительных схем этих проекторов состоит в том, что вдоль координатной оси X (ось X направлена вдоль длинной стороны обзорного экрана) реализован нулевой метод измерений. Использование нулевого метода применительно к одной координатной оси не исключает полностью влияния систематических искажений, обусловленных проекционной схемой, но ведет к тому, что вклад этих искажений одинаков вдоль направлений, параллельных этой оси. Другими словами, величины поправок зависят только от координаты вдоль оси Y (ось Y перпендикулярна оси X), т.е. $\Delta X = f(Y)$ и $\Delta Y = f(Y)$. Это свойство существенно упрощает применение при вычислениях таблиц коррекционных поправок, поскольку таблицы в этом случае одномерны.

Графики, представленные на рис. 5, отражают результаты калибровки проекционного канала № 4 проектора БПС-75-№2 заводского изготовления. Карта поправок (распределение систематических искажений по полю снимка) показана на рис. 5а. Графики систематических искажений, на основании которых были составлены таблицы коррекции, показаны на рис. 5б. Для определения величин систематических искажений была использована специальная методика калибровки, вычислительная часть которой основана на применении метода наименьших квадратов. Хотя величины систематических искажений у проектора БПС-75-№2 оказались примерно в 10 раз больше ожидаемых расчетных (из-за того, что большое зеркало проектора по ряду причин было изготовлено с существенным отступлением плоскостности от заданных допусков), применение таблиц коррекции с шагом в 1 мм и линейной интерполяции между узлами обеспечило получение расчетных точностных характеристик прибора. Типичная величина среднеквадратичной погрешности измерения после устранения систематических искажений (рис. 5в) для различных испытаний составляла от 7 до 12 мкм.



Зеркало

Характерные особенности	Ср. кб. ошибок	Режим измерений
M1 Измерительная метка расположена на плоскости обзорного зеркала	25	Полуавтоматический
M2 Изображение измерительной метки проецируется на плоскость обзорного зеркала	10	Полуавтоматический
M3 Измерительная метка проецируется на плоскость вышка	5	Полуавтоматический
M4 Сканирование по площади вышка или сканирование в зоне - 2x2 мм	<5	Автоматический или полуавтоматический

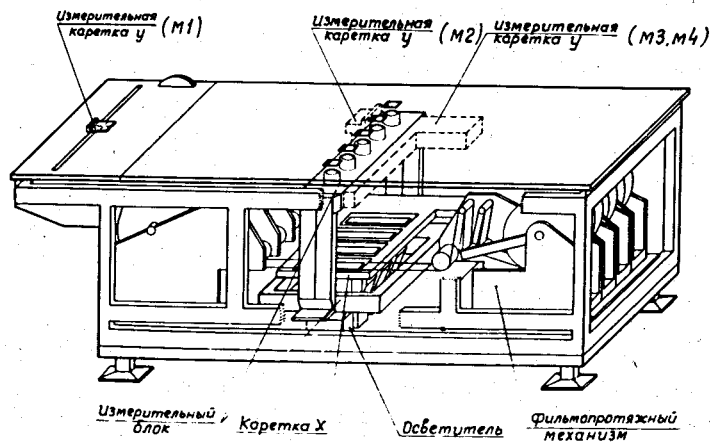


Рис. 5. Графическое представление данных, характеризующих погрешности измерений проектора БПС-75

Основные результаты. Главным практическим результатом работ, положенных в основу диссертации, является создание ряда оптико-механических приборов, предназначенных для применения в составе систем массовой обработки камерных снимков. В процессе выполнения этих работ получены следующие результаты:

1. Разработан и создан измерительный проектор БПС-75 (БПС-ЗУ-М2). Испытания опытного образца подтвердили правильность выбора конструкции прибора и соответствие реальных и расчетных его характеристик. Прибор по своим параметрам и концепции соответствует современным тенденциям в разработке просмотрово-измерительной аппаратуры.

2. Разработана и создана оптико-механическая часть сканирующей установки "Спиральный измеритель" (СИ). Опыт эксплуатации в ЛВТА ОИЯИ головного образца СИ подтвердил правильность выбора конструкции и соответствие реальных и расчетных характеристик прибора. В странах-участницах ОИЯИ установка "Спиральный измеритель" создана впервые и по своим характеристикам не уступает аналогичным приборам, созданным в США, Швейцарии и Швеции.

3. Автором диссертации совместно с В.Н.Шкунденковым разработана структура и компоновка оптико-механических частей сканирующих автоматов АЭЛТ-1 и АЭЛТ-2/160, в частности, осуществлен оптический вывод изображения обрабатываемого снимка на просмотровый экран, что обеспечило возможность создания эффективной системы диалога человек - ЭВМ. Опыт эксплуатации сканирующего автомата АЭЛТ-1 подтвердил правильность принятых решений. Сканирующий автомат АЭЛТ-2/160 изготовлен и находится в стадии комплексной настройки.

4. Проведен анализ и рассмотрены основные источники погрешностей измерительных схем оптико-механических устройств обмера камерных снимков, влияние этих погрешностей на точность измерения, методы улучшения метрологических свойств приборов. Результаты анализа использовались в процессе разработок измерительных схем приборов БПС-2, АЭЛТ-1, АЭЛТ-2/160, "Спиральный измеритель", БПС-ЗУ.

5. Систематизирован материал, касающийся принципов построения конструкций известных в настоящее время оптико-механических устройств обмера камерных снимков. Обоснован выбор параметров и компоновки прибора "Спиральный измеритель", с учетом обеспе-

чения возможности использования отдельных оптико-механических блоков этого прибора при создании новых устройств. Обоснована необходимость и целесообразность создания универсального просмотрово-измерительного проектора БПС-ЗУ.

Автор считает, что дальнейший прогресс в развитии аппаратуры обмера камерных снимков будет связан с созданием нескольких типов адаптивных блочно-модульных приборов, аппаратурно и программно совместимых, при обязательном промышленном выпуске этих приборов и их блоков; это создаст предпосылки для более широкого внедрения автоматизации не только в области обработки снимков с трековых детекторов, но и в других областях научно-технических исследований, связанных с прецизионной обработкой filmовой информации.

Основные результаты работ, представленных в диссертации, докладывались на Международном симпозиуме по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер (Дубна, 1971 г.), на Пленарном заседании Совета по автоматизации при Президиуме АН СССР (г. Москва, 1973 г.), на пленарных заседаниях (г. Москва, 1972 и 1975 г.г.) Научного совета по использованию вычислительной техники и средств автоматизации в экспериментальной ядерной физике при Отделении ядерной физики АН СССР, на Семинаре по обработке физической информации (Агверан, 1975 г.) и опубликованы в статьях /1-14/.

Диссертант глубоко признателен тем, с кем в течение многих лет ему довелось работать и обсуждать различные проблемы.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. И.И.Скрыль. О погрешностях просмотрово-измерительных проекторов. Измерительная техника, № 2, 1968; ОИЯИ, Р10-3152, Дубна, 1967.
2. В.Я.Алмазов, В.Н.Беляков, В.В.Ермолаев, В.И.Зайцев, Л.П.Калмыкова, Ю.А.Каржавин, М.Г.Мещеряков, Г.А.Ососков, В.В.Павлов, Г.А.Погодина, Р.Позе, В.Ф.Рубцов, В.Я.Рубцов, В.Н.Семенов, И.И.Скрыль, В.И.Устинов. Большие просмотрово-измерительные столы на линии с ЭВМ ТРА. Труды международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер. ОИЯИ, Д10-6142, Дубна, 1971, стр. 213.
3. Л.П.Калмыкова, Г.А.Ососков, Г.А.Погодина, И.И.Скрыль. Программа калибровки больших просмотрово-измерительных столов БПС-2 на линии с ЭВМ ТРА 1001. ОИЯИ, 10-8808, Дубна, 1975.
4. В.Ф.Борисовский, А.С.Буров, Н.Д.Дикусар, В.В.Ермолаев, А.Д.Злобин, И.Н.Кухтина, И.И.Скрыль, А.А.Олейник, В.А.Уткин, А.И.Филиппов, В.Н.Шигаев, В.Н.Шкунденков. Сканирующий автомат на электронно-лучевой трубке. ДАН СССР, 1969, т. 185, №2, стр. 306; ОИЯИ, Р10-3631, Дубна, 1967.
5. A.S.Burov, A.I.Filippov, A.A.Karlov, E.D.Lapchik, M.G.Mescheryakov, E.V.Sharapova, V.N.Shigaev, V.N.Shkundenkov, I.I.Skryl, L.V.Tutyshkina, A.D.Zlobin. AELT-1 and AELT-2 CRT Devices. Oxford Conference on Computer Scanning. Oxford, 1974. p.111.
6. М.К.Баранчук, Н.В.Барашенкова, Ю.А.Гусев, А.Д.Злобин, А.А.Карлов, А.П.Кретов, Э.Д.Лепчик, М.Г.Мещеряков, В.А.Сенченко, И.И.Скрыль, Л.В.Тутышкина, А.И.Филиппов, В.Н.Шкунденков. Мониторный сканирующий автомат АЭЛТ-2/160. Материалы семинара по обработке физической информации, АРУС, Ереван, 1976, стр. 314; ОИЯИ, Р10-8861, Дубна, 1975.
7. В.М.Живаев, А.С.Зеленчер, Ю.А.Каржавин, А.И.Кушулун, В.Н.Лысяков, М.Г.Мещеряков, Р.Позе, И.И.Скрыль, Г.Шуманн, В.А.Ямницкий. Спиральный измеритель. Проект оптико-механической части установки. ОИЯИ, БЗ-10-4694, Дубна, 1969.

8. В.Я.Алмэзов, В.В.Ермолаев, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.И.Котов, Р.Позе, И.И.Скрыль. Полуавтоматическая установка для измерения фотографий с трековых камер ПУМА. ОИЯИ, Б1-10-5452, Дубна, 1971.
9. А.Я.Астахов, Ю.А.Каржавин, В.И.Котов, В.Н.Лысяков, М.Г.Мещеряков, Г.А.Погодина, Р.Позе, Г.А.Ососков, И.И.Скрыль, Г.Шумэнн. Спиральный измеритель. ОИЯИ, Р10-4943, Дубна, 1970.
10. В.И.Котов, Г.Н.Буланова, В.Г.Васильев, К.Ваттенбах, В.И.Зайцев, В.М.Живаев, Ю.А.Каржавин, Э.М.Косарева, Л.А.Кулюкина, Р.Х.Кутуев, А.И.Кушулуи, В.Н.Лысяков, Л.Ш.Маркозашвили, М.Г.Мещеряков, Г.А.Ососков, О Хи Ен, Р.Позе, М.Понятовский, А.Е.Селиванов, И.И.Скрыль, В.И.Устинов, Г.Шумэнн. Спиральный измеритель. Общее описание и результаты определения точностных характеристик. ОИЯИ, 10-7939, Дубна, 1974.
11. А.Я.Астахов, В.В.Ермолаев, В.И.Зайцев, В.Н.Семенов, И.И.Скрыль. Универсальный просмотрово-измерительный стол БПС-ЗУ, предназначенный для обработки снимков с трековых камер. ОИЯИ, 10-6629, Дубна, 1972.
12. А.Я.Астахов, Э.Замори, И.И.Скрыль, Ю.И.Сусов. О возможности применения фотоэлектрических преобразователей на приборах с зарядовой связью в аппаратуре для анализа информации с оптических трековых детекторов. ОИЯИ, 10-8601, Дубна, 1975.
13. А.Я.Астахов, И.И.Скрыль. Универсальный измерительный проектор модульной конструкции, предназначенный для систем обработки снимков с трековых детекторов. Материалы семинара... АРУС, Ереван, 1976, стр. 384.
14. В.А.Астафьев, А.Я.Астахов, А.В.Беляев, В.Н.Беляков, Н.П.Бовин, В.В.Ермолаев, В.И.Зайцев, Л.Е.Зарубина, Л.П.Калмыкова, В.П.Карпова, Г.И.Комов, Р.П.Куритникова, М.Г.Мещеряков, В.В.Павлова, А.Е.Селиванов, И.И.Скрыль, С.К.Слепнев, А.М.Смирнов, Т.А.Степанова, Ю.И.Сусов. Измерительный проектор БПС-75. ОИЯИ, 10-9880, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 апреля 1977 года