

1  
Т-251

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ**

10 - 9480

**ТАШИМОВ  
Малай Алькинич**

**СОЗДАНИЕ ЦЕНТРА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ  
С ТРЕКОВЫХ КАМЕР В ИФВЭ АН КАЗ. ССР**

**Специальность 05.13.06 - автоматизированные системы  
переработки информации и управления**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**(Диссертация написана на русском языке)**

Работа выполнена в Институте физики высоких энергий  
Академии наук Казахской ССР.

Научные руководители:

академик АН Каз.ССР доктор  
физико-математических наук

Ж.С. ТАКИБАЕВ,

Кандидат физико-матема-  
тических наук

И.Я. ЧАСНИКОВ.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математи-  
ческих наук

Л.Н. СТРУНОВ,

кандидат технических  
наук

Л.Л. ЛИХТЕНБАУМ.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт теоретической и экспериментальной  
физики, Москва

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1976 года

Защита диссертации состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1976 года

в \_\_\_\_\_ часов на заседании Учёного совета Лаборатории вычисли-  
тельной техники и автоматизации Объединенного института ядерных  
исследований (г.Дубна, Московской обл.).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Учёный секретарь Совета  
кандидат физико-математических  
наук

Т.П. ПУЗЫНИНА

10 - 9480

ТАШИМОВ  
Малай Алькинич

СОЗДАНИЕ ЦЕНТРА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ  
С ТРЕКОВЫХ КАМЕР В ИФВЭ АН КАЗ. ССР

Специальность 05.13.06 - автоматизированные системы  
переработки информации и управления

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Автоматизация анализа и обработки снимков ядерных взаимодействий с трековых камер является одной из первостепенных проблем современной экспериментальной физики элементарных частиц. В настоящее время для получения удовлетворительной информации о физических процессах необходимо обрабатывать и анализировать десятки и сотни тысяч снимков ядерных реакций.

Основной целью работы являлось создание центра обработки информации с трековых камер в Институте физики высоких энергий АН Каз.ССР для проведения исследований по изучению неупругих адрон-адронных взаимодействий при энергиях, достижимых на ускорителях заряженных частиц и в области космических лучей, с применением методик пузырьковых и искровых камер, а также фотозумлсии.

Решение этой научно-технической задачи охватывает разработку и создание просмотрово-измерительной аппаратуры, вычислительного центра, оснащенного современными машинами и средствами, и реализацию на их основе измерительно-вычислительных систем и многомашинного комплекса. Трудность этой задачи усложняется отсутствием теоретических рекомендаций по выбору оптимальной структуры таких центров, а опыт создания их в СССР и за рубежом показывает, что каждый научно-исследовательский институт по-своему подходит к решению проблемы, исходя из специфических особенностей поставленной экспериментальной физической задачи.

Поэтому при создании центра обработки информации с трековых камер в ИФВЭ АН Каз.ССР учитывался опыт разработки подобных центров в ведущих исследовательских институтах страны, особенно в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ /1,2/.

Структура центра ИФВЭ АН Каз.ССР предусматривает поэтапный ввод в эксплуатацию отдельных систем с обеспечением необходимой автономности их работы. Она является достаточно гибкой, что обеспечивает возможность дальнейшего развития центра и использования математического обеспечения, созданного в ведущих исследовательских институтах. Проведенный анализ и исследование отдельных измерительно-вычислительных систем подтверждают правильность выбранной структуры центра.

В реферируемой диссертации обобщается опыт создания центра обработки информации с трековых камер в ИФВЭ АН Каз.ССР и приводятся основные результаты работ, выполненных автором в институтах ядерной физики и физики высоких энергий АН Каз.ССР за период 1964-1975 годы /3,4,6,7,9,10,14,16,21,22/. В результате использования этих работ в ИФВЭ АН Каз.ССР впервые в Казахстане, создан центр обработки информации с трековых камер, обеспечивающий измерение и обсчет 20-30 тысяч событий в год.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения.

## I

В первой главе рассмотрены и проанализированы характеристики измерительно-вычислительных центров обработки информации с трековых камер в СССР и за рубежом. Эти центры оснащены различными измерительными установками, отличающимися способом сканирования и съёма информации, степенью автоматизации процесса измерения, используемыми типами ЭВМ, составом математического обеспечения и, следовательно, производительностью. Неотъемлемой частью многих устройств являются электронно-вычислительные машины, на которые возлагаются функции управления, приёма, накопления и предварительной обработки измеренных данных.

Несмотря на наличие высокопроизводительных автоматизированных приборов в составе таких центров, как правило, имеются полуавтоматические измерительные проекторы. Это объясняется тем, что автоматизированные системы не могут до конца распознать топологию и характер сложных ядерных взаимодействий, и здесь необходимо обязательное участие человека.

В настоящее время используются и развиваются диалоговые измерительно-вычислительные системы, в состав которых входят проекторы с различными методами измерения и съёма фоновой информации, ЭВМ и дисплейные устройства. Уменьшение объёма первичных данных (сканирование в зоне измеряемого трека, предварительная фильтрация и т.п.), достижение более высокой степени автоматизации (слежение по вершинам взаимодействий, автоматическое измерение реперных крестов и т.п.), наличие средств, обеспечивающих режим диалога, характерны для современных измерительно-вычислительных комплексов (ИВК). При этом многие функции автомати-

зации возлагаются на программное обеспечение ЭВМ, являющейся составной частью установок.

В последние годы отмечается интенсивное оснащение центров обработки данных с трековых камер вычислительными машинами и создание на их базе измерительно-вычислительных систем и многомашинных комплексов. В этих центрах широко применяются вычислительные машины различных типов - от мини-ЭВМ до машин высокой производительности. При этом на мини-ЭВМ и ЭВМ среднего класса возлагаются функции управления, сбора и предварительной обработки первичной информации, а большие вычислительные машины предназначены в основном для получения и анализа физической информации.

Создание центров обработки информации с трековых камер (до 0,5 млн. событий в год) требует больших капитальных затрат и по силам только крупным исследовательским институтам. Поэтому при создании таких центров необходимо учитывать возможности и специфические особенности каждого научно-исследовательского учреждения. Основной задачей при этом должно быть получение максимальной производительности и эффективности при использовании имеющихся измерительных и вычислительных средств.

Этой задаче подчинена выбранная структура центра обработки информации с трековых приборов в ИФВЭ АН Каз.ССР.

## II

Центр обработки информации с трековых камер в ИФВЭ АН Каз.ССР создавался поэтапно. На первом этапе (1964-1969 гг.) был создан так называемый малый измерительно-вычислительный комплекс на основе двух ЭВМ БЭСМ-4 и полуавтоматических просмотрово-измерительных проекторов, описанию которого посвящена вторая глава диссертации.

Этот комплекс включает в себя восемь проекторов, два телевизионных полуавтомата для измерения ионизации следов, десять столов для просмотра и предварительного анализа снимков с пузырьковых камер, а также три полуавтоматических микроскопа для измерений в ядерных фотоэмульсиях.

Основной малого комплекса Института стал разработанный и созданный при участии автора полуавтомат ПУ-21 (ПУ-23) <sup>13,4/</sup>, прототипом которого явился проектор ОИЯИ ПУ-1 <sup>15/</sup>.

Полуавтомат ПУ-21, ПУ-23 (рис. 1) состоит из измерительного стола (проектора), стойки электроники, перфоратора для пробивки перфокарт и пульта управления. Во второй главе описываются особенности разработанной электроники полуавтомата и даются рекомендации, направленные на повышение надёжности работы и получение оптимальных параметров отдельных узлов при регулировке и эксплуатации. Эти полуавтоматы в течение десяти лет используются в Институте и до сих пор являются основным измерительным инструментом центра обработки камерных снимков.

Вычислительной основой малого комплекса являются две ЭВМ БЭСМ-4, на которых производится обшёт и обработка данных.

Наряду с измерительным проектором автором разработана аппаратура управления, съёма и передачи в ЭВМ информации с трековой искровой камеры <sup>16,7/</sup>, которая использовалась в Институте при проведении методических работ в области физики космических лучей.

С помощью созданного малого измерительно-вычислительного комплекса в Институте за последние годы было проанализировано и обработано около ста тысяч снимков ядерных взаимодействий с пузырьковых камер и несколько тысяч в фотоэмульсиях. В частности, при использовании этого комплекса впервые в СССР были проведены исследования РР- и  $\pi$ Р-взаимодействий при импульсах 10, 19, 1 и 19,2 ГэВ/с с 81-сантиметровой камеры Сакле и двухметровой камеры ЦЕРНа /см. библиографию работы <sup>18/</sup>, а совместно с другими организациями проведен ряд экспериментальных исследований <sup>123-26/</sup> с помощью ядерных фотоэмульсий, облученных на ускорителях в Серпухове (СССР) и Батавии (США).

### III

Третья глава диссертации посвящена созданию измерительно-вычислительной системы ПА-БЭСМ-4 <sup>19,10/</sup> на основе измерительных полуавтоматических проекторов и ЭВМ БЭСМ-4. Работы в этом направлении явились логическим продолжением и развитием малого

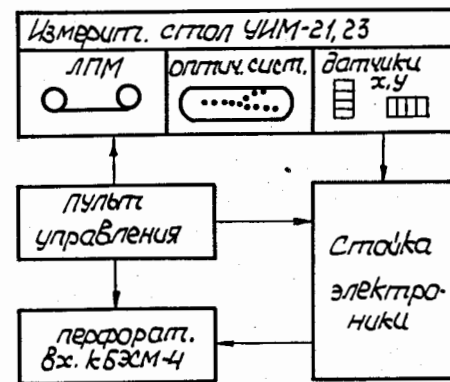


Рис. 1. Полуавтомат ПУ-21, 23.

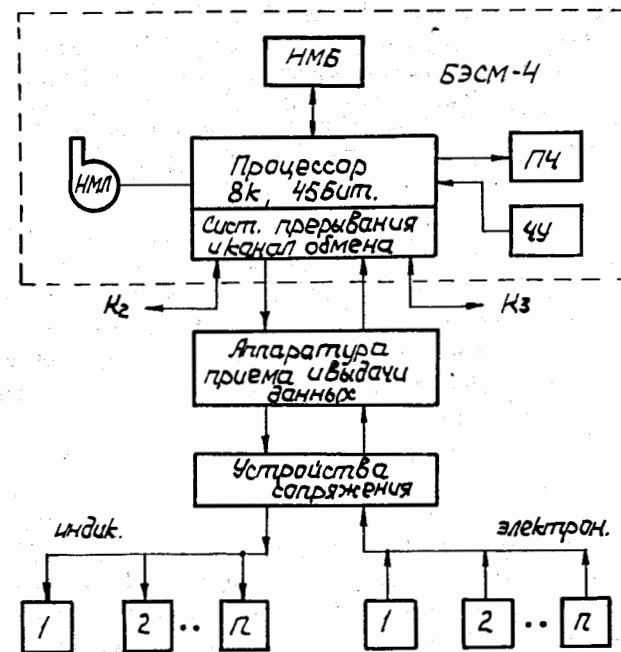


Рис. 2. Система ПА-БЭСМ-4.

измерительно-вычислительного комплекса. В системе ПА-БЭСМ-4 используется математическое обеспечение, разработанное и внедренное в ИФВЭ АН КазССР сотрудниками ЛВТА ОИАИ /11,12/.

Система ПА-БЭСМ-4 (рис. 2) состоит из восьми измерительных полуавтоматических проекторов, связанных с ЭВМ БЭСМ-4 с помощью электронной аппаратуры, обеспечивающей обмен информацией с машиной в реальном масштабе времени. В этой главе описывается комплекс аппаратуры системы ПА-БЭСМ-4, разработанный и созданный автором и при его участии. Этот комплекс включает аппаратуру приёма и передачи данных, систему прерывания и канал обмена информацией между БЭСМ-4 и устройствами сопряжения измерительных полуавтоматов. Аппаратура приёма и передачи данных ПА-БЭСМ-4, не отличаясь по структуре от подобной системы ОИАИ /13/, имеет ряд особенностей и новых технических решений, определяемых разнотипностью измерительных проекторов и направленных на улучшение логики построения и надёжности всего комплекса /10/.

Для сопряжения измерительных проекторов ПУ-21, ПУ-23 с аппаратурой приёма и выдачи данных системы ПА-БЭСМ-4 автором разработан и создан специальный пульт управления /14/. Этот пульт предназначен для передачи в ЭВМ измеренных координат, служебной и командной информации и обеспечивает режим диалога оператора с ЭВМ.

В машине БЭСМ-4 реализована система прерываний и канал обмена /15/, в который введена схема автоматического выбора внешнего устройства в зависимости от заданного приоритета. Проведённая модернизация БЭСМ-4 по выборке клавишного запоминающего устройства позволила освободить дополнительные шины, которые используются в качестве каналов для развязки кубов памяти и подключения других вычислительных машин.

В диссертации приводятся алгоритмы разработанных и внедрённых программ, позволяющие совмещать контроль работы аппаратуры связи и каналов обмена ПА-БЭСМ-4 с проверкой ЭВМ по комплексному тесту, и описываются конструктивные особенности системы /10/.

Система ПА-БЭСМ-4, внедрённая в Институте в 1973 году, дала возможность существенно увеличить количество обрабатываемых камерных снимков. В настоящее время производительность центра доведена до 20-30 тысяч ядерных взаимодействий в год.

Четвертая глава диссертации посвящена анализу и исследованию работы ПА-БЭСМ-4 и измерительно-вычислительной системы ИВС-II с разнотипными приборами на входе.

С этой целью были выполнены измерения ранее обработанных снимков с двухметровой водородной пузырьковой камеры, облученной пучком  $\pi$ -мезонов с энергией 11 ГэВ, и с двухметровой камеры, наполненной жидким дейтерием, облученной пучком протонов с энергией 19,2 ГэВ. Результаты измерения были проанализированы /16/ на ЭВМ по программе геометрической реконструкции, с помощью которой были вычислены параметры оценки точности измерения, импульсы первичной и вторичных частиц. Анализ показал, что эти параметры при работе проекторов в режиме перфорации и в режиме непосредственной связи с ЭВМ существенно не отличаются и находятся в допустимых пределах. При этом число забракованных треков составило 5-6% от общего числа обработанных, что говорит о существенном улучшении качества измерений и, как следствие, увеличении производительности системы ПА - БЭСМ-4.

С целью оценки параметров измерительно-вычислительных систем ПА-БЭСМ-4 и ИВС-II проведён анализ их работы с помощью метода статистического моделирования. Результаты анализа показали, что в системе ПА-БЭСМ-4 реальную входную информацию с некоторым приближением можно рассматривать как сумму двух групп потоков, распределённых по нормальному и нормально-логарифмическим законам /17/.

Основой статистической модели /18/ исследуемых систем послужил алгоритм их работы с упомянутыми законами распределения входного потока. При моделировании ПА-БЭСМ-4 и ИВС-II рассматривались как одноканальные системы массового обслуживания с числом заявок "1" на входе и одним обслуживающим прибором (БЭСМ-4), где за первую фазу обслуживания принято время приёма и записи информации в память машины, а за вторую фазу - время её обработки в ЭВМ, причём за элемент обработки принят трек ядерного взаимодействия. При разработке моделирующего алгоритма был использован принцип, позволяющий определять последовательно состояния исследуемой системы через определённый интервал времени,

так называемый "принцип  $\Delta t$ ". В диссертации приводится описание разработанного моделирующего алгоритма, который был реализован в виде программы на языке АЛГОЛ.

В результате моделирования исследуемых систем получены средние времена ожидания в очереди ( $t_{ож}$ ), коэффициент загрузки ЭВМ ( $\rho$ ) в зависимости от числа измерительных проекторов при

фиксированных значениях времени обслуживания на второй фазе и при изменении этого времени по экспоненциальному закону. Для системы ПА-БЭСМ-4 при  $t_{ож} = t_{min} = 1$  с и  $t_2^{osc} = 1,5$  с максимальное число измерительных проекторов составило  $N_{max} = 16-17$ , а коэффициент загрузки ЭВМ  $\rho = 0,64$ . Увеличивая число подключаемых полуавтоматов, можно добиться максимальной загрузки ЭВМ ( $\rho = 1$ ), но при этом возрастает время ожидания, что может привести к задержке измерения. При моделировании системы ИВС-II время обслуживания на второй фазе было принято подчиненным экспоненциальному закону и рассматривались два варианта измерительных установок на её входе. В первом случае предполагалось, что на вход системы ИВС-II подключены только установки "Сауле" /19/, работающие в режиме ручного сопровождения по измеряемому следу при аппаратном ограничении потока информации, а во втором варианте рассматривалось реальное количество разнотипных приборов, которые будут подключены на её вход. Результаты моделирования показали, что качество обслуживания заявок остаётся приемлемым при подключении до 6 измерительных установок "Сауле" в первом варианте, а во втором случае при двух таких приборах коэффициент загрузки ЭВМ, при средних значениях времени обслуживания на второй фазе, превышает единицу.

Таким образом, результаты моделирования подтвердили правильность функционирования системы ПА-БЭСМ-4 и послужили рекомендацией для построения системы ИВС-II с разнотипными приборами на входе.

у

Развитию центра обработки информации с трековых камер в ИФЭ АН Каз.ССР посвящена пятая глава диссертации. В этой главе рассмотрены структура, состав и основные параметры всего измерительно-вычислительного комплекса Института для обработки информации с трековых приборов и пути его развития (см.таблицу).

Состав и основные параметры просмотрно-измерительно-вычислительного комплекса ИФЭ АН Каз.ССР для измерения и обработки информации с трековых камер

Таблица

№ пп	Наименование и тип	Параметры	К-во шт.	Назначение	Производ. соб/час, опер/с.	Тип выводного устр-а и ис-пользованной на линии ЭВМ	Скорость канала обмена ЭВМ, МБ/с.	Память ЭВМ К = 1024	При-меча-ние
1.	Просмотр. столы	СП-4, СПМ-1	10	Просмотр	-				
2.	Измер. проектор	ПУ-21, ПУ-23	6	Измер. коорд.	2-3	п/к, БЭСМ-4			
3.	Измер. проектор	ПУОС-1М	2	"-"	2-3	п/л, БЭСМ-4			
4.	Телевиз. полуавт.	(тип)	2	Измер. иониз.	30-50 см/час	п/л			
5.	Сканир. установка	"Сауле"	1	Измер. коорд.	10-15 (ожид.)	п/л			
6.	Спир. измеритель	СИ	2	"-"	25-30 соб/час	МД	"Электроника-100"		
7.	Полуавт. микроскоп	МИРЭ	2	Измер. фотоэм.	~ 4 тр/час	п/л			
		МИГЭ	1	"-"	1-2 соб/час	п/л			
8.	ЭВМ	БЭСМ-6	1	Обсчёт	1 млн.	-	0,4	2x32	8x32 16x900
9.	ЭВМ	БЭСМ-4	2	Обсчёт и упр.	20 тыс.	-	5,7	8x16	5x16 4x900
10.	ЭВМ	"Электроника-100"	3	Управл.	250 тыс.	-	8	-	-

Увеличение производительности измерительного комплекса в Институте ведётся по пути реализации проектора со сканированием в зоне измеряемого трека ("Сауле"), крупных измерительных систем (СИ) /20/, а также разработки и создания новых измерительно-вычислительных систем и объединения их в единый комплекс на базе современных вычислительных средств /21/. Автором разработан проект второй измерительно-вычислительной системы (ИВС-II) /22/ на базе ЭВМ БЭСМ-4, установок "Сауле", телевизионных полуавтоматов для измерения ионизации следов, просмотрово-измерительных проекторов и фотозумльсионных полуавтоматических микроскопов. В работе рассматриваются структура, организация и логика аппаратуры приема и передачи данных системы, построенной на базе интегральных микросхем.

Создание многомашинного комплекса центра обработки информации с трековых камер в Институте осуществляется на основе ЭВМ БЭСМ-6, БЭСМ-4 и "Электроника-100". Этот комплекс включает измерительно-вычислительные системы ПА-БЭСМ-4, ИВС-II, два спиральных измерителя и систему терминальных устройств. Все системы объединяются между собой с помощью мультиплексора обмена. Мультиплексор обеспечивает обмен информацией между ЭВМ вычислительного комплекса в оба направления. ЭВМ БЭСМ-6 производит основной обсчет задач, для чего информация из систем с помощью мультиплексора будет передаваться в эту машину по седьмому быстрому и одному перфоленточному каналам.

С реализацией автоматизированных измерительно-вычислительных систем и многомашинного комплекса производительность центра обработки информации с трековых камер в ИФВЭ АН Каз.ССР достигнет 50-100 тысяч событий в год.

Практическим результатом работ, выполненных автором и при его непосредственном участии, является создание центра обработки информации с трековых камер в ИФВЭ АН Каз.ССР с производительностью 20-30 тысяч ядерных взаимодействий в год. Основные результаты работ, вошедших в диссертацию, сводятся к следующему:

I. Создан малый измерительно-вычислительный комплекс на основе полуавтоматических проекторов и ЭВМ БЭСМ-4, обрабатывающий до 10-15 тысяч ядерных взаимодействий в год. На основе проектора ОИЯИ ПУ-I /5/ разработаны полуавтоматы ПУ-2I,

(ПУ-23) с выводом данных на перфокарты, являющиеся основным измерительным инструментом комплекса, который функционирует в Институте в течение десяти лет. Разработана и создана аппаратура управления, съёма и передачи в ЭВМ информации с трековой искровой камеры, которая использовалась при проведении методических работ в области физики космических лучей.

2. Разработан и создан комплекс аппаратуры измерительно-вычислительной системы ПА-БЭСМ-4, состоящий из электронных устройств приёма и передачи данных с полуавтоматических проекторов, системы прерывания и канала обмена ЭВМ, а также пульта управления, обеспечивающего режим диалога с машиной. Система ПА-БЭСМ-4, введенная в эксплуатацию в 1973 году, позволила увеличить производительность обработки камерных снимков в 1,5-2 раза.

3. На экспериментальном материале с использованием метода статистического моделирования проведены анализ и исследование работы измерительно-вычислительных систем ПА-БЭСМ-4 и ИВС-II. Результаты моделирования дали возможность определить качественные параметры систем и оптимальное количество измерительных устройств на входе.

4. Предложена структура и разработан проект развития единого центра обработки информации с трековых приборов на основе ЭВМ БЭСМ-6, БЭСМ-4, "Электроника-100" и измерительных установок.

Разработана и реализуется вторая измерительно-вычислительная система (ИВС-II) на базе ЭВМ БЭСМ-4 и устройств "Сауле", телевизионных полуавтоматов для измерения ионизации следов, фотозумльсионных полуавтоматических микроскопов и просмотрово-измерительных столов.

Разработан и реализуется проект многомашинного комплекса Института.

Реализация мероприятий по развитию центра позволит в ближайшие годы довести производительность обработки снимков с трековых камер в ИФВЭ АН Каз.ССР до 50-100 тысяч событий в год.

5. С помощью созданного центра за последние годы проанализировано и обработано около ста тысяч снимков с трековых камер и проведён цикл исследований с помощью фотозумльсий, облученных на крупнейших ускорителях мира. В ряде экспериментов автор принимал непосредственное участие /23-27/.



Основные результаты диссертации докладывались автором на II Международном симпозиуме по ядерной радиоэлектронике (Дубна, 1964 г.), на Всесоюзном симпозиуме по наносекундной ядерной электронике (Дубна, 1967 г.), на городских и республиканских конференциях по автоматизации производственных процессов (Алма-Ата, 1966, 1968 гг.), на Всесоюзном семинаре по автоматизации обработки физической информации (Ереван, 1975 г.), а физические результаты докладывались на международных конференциях по физике высоких энергий и космических лучей (Лондон, 1974 г., Мюнхен, 1975 г.) и опубликованы в работах /3,4,6,7,9,10,14,16,21-27/.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. М.Г.Мещеряков, Н.Н.Говорун. Вестник АН СССР, № 3, 14, 1968, стр. 14-23.
2. Н.Н.Говорун, А.А.Карлов, М.Г.Мещеряков, В.Н.Поляков, Н.И.Чулков, В.П.Шириков, С.А.Щелев. Автоматика и вычислительная техника, № 6, 1974, стр. 62-68.
3. В.П.Анзон, Ю.В.Овсов, М.А.Ташимов. Материалы II Симпозиума по ядерной радиоэлектронике. Сообщение ОИЯИ 2205, Дубна, 1964, стр. 27-35.
4. А.А.Бабушкин, Ю.В.Овсов, М.А.Ташимов. Сб.Автоматизация производственных процессов. Алма-Ата, Наука, 1968, стр.149-153.
5. В.Я.Алмазов и др. Препринт ОИЯИ 1352, Дубна, 1963.
6. Е.В.Лобанов, Н.Н.Нургожин, М.А.Ташимов. Материалы симпозиума по наносекундной ядерной электронике. Сообщение ОИЯИ 13-3700, Дубна, 1967, стр. 711-715.
7. Н.Н.Нургожин, В.Е.Афанасенко, М.А.Ташимов. Сб.Автоматизация производственных процессов. Алма-Ата, Наука, 1970, стр.145-146.
8. Ж.С.Такибаев, Э.Г.Боос. Неупругие взаимодействия нуклонов при высоких энергиях, Алма-Ата, Наука, 1974.
9. М.А.Ташимов, Е.В.Лобанов, М.А.Булах. Сб.Автоматизация производственных процессов. Алма-Ата, Наука, 1970, стр.134-136.

10. М.А.Ташимов, Е.В.Лобанов. Препринт ИФВЭ АН Каз.ССР, ИВК-12, Алма-Ата, 1974.
11. З.М.Иванченко, Р.В.Мальшев, В.И.Шигаев. Препринт ОИЯИ 10-4879, Дубна, 1969.
12. З.М.Иванченко. Препринт ОИЯИ 10-6141, Дубна, 1971.
13. В.В.Ермолаев и др. Препринт ОИЯИ 10-5973, Дубна, 1971.
14. М.А.Ташимов. Реферативный журнал "Физика", 1975, №4, реферат 4В-626.
15. Е.А.Городничев, Г.М.Кадыков и др. Препринт ОИЯИ 10-3510, Дубна, 1967.
16. М.А.Ташимов. Препринт ИФВЭ АН Каз.ССР, ИВК-15, Алма-Ата, 1974.
17. Н.Б.Смирнов, И.В.Бунин-Барковский. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. Изд. Наука, М., 1969.
18. Н.П.Бусленко. Моделирование сложных систем. Изд. Наука, М., 1968.
19. Ю.В.Овсов и др. Сообщение ОИЯИ Д10-6142, Дубна, 1971, стр. 281-294.
20. В.М.Котов и др. Препринт ОИЯИ 10-7939, Дубна, 1974.
21. М.А.Ташимов, Е.В.Лобанов. Труды ИФВЭ АН Каз.ССР, том 2, Изд. Наука, Алма-Ата, 1974, стр. 160-167.
22. М.А.Ташимов. Препринт ИФВЭ АН Каз.ССР, ИВК-25, Алма-Ата, 1975.
23. З.В.Анзон, Э.Г.Боос, А.А.Горячих, А.А.Локтионов, П.В.Морозова, Н.П.Павлова, Ж.С.Такибаев, М.А.Ташимов, Н.С.Титова, И.Я.Часников и др. Препринт ФИАН СССР, № 171, М., 1973.
24. М.Г.Антонова, Э.Г.Боос, А.А.Горячих, А.А.Локтионов, П.В.Морозова, Н.П.Павлова, В.В.Слюсарева, Ж.С.Такибаев, М.А.Ташимов, Н.С.Титова, И.Я.Часников и др. Препринт ФИАН СССР, 30, М., 1974.

25. М.Г.Антонова, Э.Г.Боос, А.А.Горячих, А.А.Локтионов, П.В.Морозова, Н.П.Павлова, В.Б.Слюсарева, Ж.С.Такибаев, М.А.Ташимов, Н.С.Титова, И.Я.Часников и др. Препринт ФИАН № 31, М., 1974.
26. Z.V.Anzon, E.G.Boos, A.A.Coryshikh, J.Yu.Chasnikov, A.A.Loktionov, P.V.Morozova, N.P.Pavlova, Zh.S.Takibaev, M.A.Tashimov, N.S.Titova et al. XVII International Conference on High Energy Physics, contributed paper No. 793 (A2), London, 1974.
27. Yu.Emelyanov, E.V.Lobanov, M.A.Tashimov, B.F.Shorin et al. Paper 14th International Cosmic Ray Conference, vol., 7, p.2562-2573, München, Germany, August 15-24, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел  
21 января 1976 года.