

Щ-424

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

11-80-116

ЩЕЛЕВ

Сергей Александрович

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Специальность 05.13.06 - автоматизированные системы
переработки информации и управления

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна 1980

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

Официальные оппоненты:

член-корреспондент АН СССР,
профессор

В. А. МЕЛЬНИКОВ

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Г. П. ЖУКОВ

Ведущее предприятие: Вычислительный центр ЦАГИ,
г. Жуковский, Московской области.

Автореферат разослан "___" _____ 1980 года.

Защита диссертации состоится "___" _____ 1980 г. на заседании Специализированного совета Д.047, ОI.04 Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований (Московская обл., г. Дубна).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

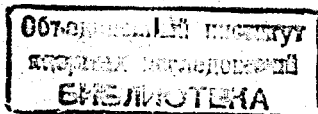
Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических
наук

ИВ-2 З. М. Иванченко

Актуальность темы

В настоящее время степень оснащенности научных центров средствами вычислительной техники существенно определяет темп развития и уровень исследований как экспериментальных, так и теоретических. Электронные вычислительные машины (ЭВМ) находят все новые области применения. Все большее число задач, ранее решавшихся человеком, возлагается на ЭВМ. Широкое применение находят ЭВМ в экспериментальных и теоретических исследованиях физики атомного ядра и элементарных частиц. Следует отметить их использование в таких областях, как автоматическое управление многопараметрическими физическими установками, сбор и обработка экспериментальных данных, проектирование радиоэлектронной аппаратуры, проведение теоретических расчетов и т.п. Многоплановость применения ЭВМ в физических исследованиях, усложнение методики проведения экспериментов, большой объем перерабатываемой информации приводят к необходимости создания в крупных физических центрах измерительно-вычислительных комплексов (ИВК) на базе мощных вычислительных машин. Современный уровень развития вычислительной техники и математического обеспечения предоставляет широкие возможности при создании таких комплексов, исходя из задач и возможностей конкретного научного центра. В настоящее время в США и Западной Европе на базе мощных вычислительных машин (CDC-7600, IBM 360/195, IBM 370/168 и др.) создан ряд измерительно-вычислительных комплексов, производительность которых составляет десятки миллионов операций в секунду. Выпуск в Советском Союзе высокопроизводительной ЭВМ БЭСМ-6 также сделал возможным создание на ее базе достаточно мощных центров обработки данных научных исследований.

Достигнутый к началу серийного выпуска БЭСМ-6 уровень научных исследований и объем получаемой информации в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) потребовали создания мощного вычислительного комплекса, обеспечивающего обработку экспериментальных данных и решение научно-технических задач. С разработкой и созданием комплекса были связаны поиски оптимальных ар-



хитектурных решений, доработка ЭВМ, входящих в его состав, решение проблемы передачи информации между ЭВМ, создание математического обеспечения, организующего работу комплекса, и решение ряда организационных вопросов.

Целью работы являлось:

- создание мощного вычислительного комплекса;
- решение проблемы передачи информации между мощными ЭВМ и ЭВМ, работающими на линии с экспериментальной аппаратурой;
- оснащение мощных ЭВМ терминальными устройствами;
- создание технической базы банка данных и программ.

Научная новизна

Создание крупного комплекса, состоящего из большого количества разнотипных ЭВМ, потребовало оптимальных решений вопросов их взаимодействия, разработки нестандартных электроных узлов. Для решения этой проблемы были разработаны принципы организации связи между ЭВМ вычислительного комплекса, а также разработан и реализован канал связи на БЭСМ-6.

Впервые в Советском Союзе была решена проблема обмена информацией между разнотипными ЭВМ путем их оснащения стандартными накопителями на магнитной ленте. Создана сеть терминалов на базе ЭВМ БЭСМ-6 и ЭВМ-концентратора ЕС-1010.

Практическая ценность

Все разработки, описанные в диссертации, реализованы в функционирующем в настоящее время вычислительном комплексе ОИЯИ. Принципы подключения и использования стандартных накопителей ЕС-5012 к БЭСМ-6 и разработка канала связи БЭСМ-6 с периферийными ЭВМ, осуществленные в ОИЯИ, реализованы в ряде институтов и других организаций СССР.

Апробация работы

Содержание работы, основные результаты и выводы докладывались на III-ем Международном симпозиуме по физике высоких энергий и элементарных частиц (1973 г., Синая, СРР), на III-ей Международной школе "ЭВМ в ядерной физике" (Ташкент, 1974 г.), на советско-немецком семинаре "Проблемы повышения эффективности ЭВМ БЭСМ-6" (Иркутск, 1975 г.). Диссертация обсуждалась на семинаре в Лабо-

ратории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ в январе 1980 г.

Объем работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка используемой литературы. Общий объем диссертации 135 страниц, из которых 19 занимают рисунки.

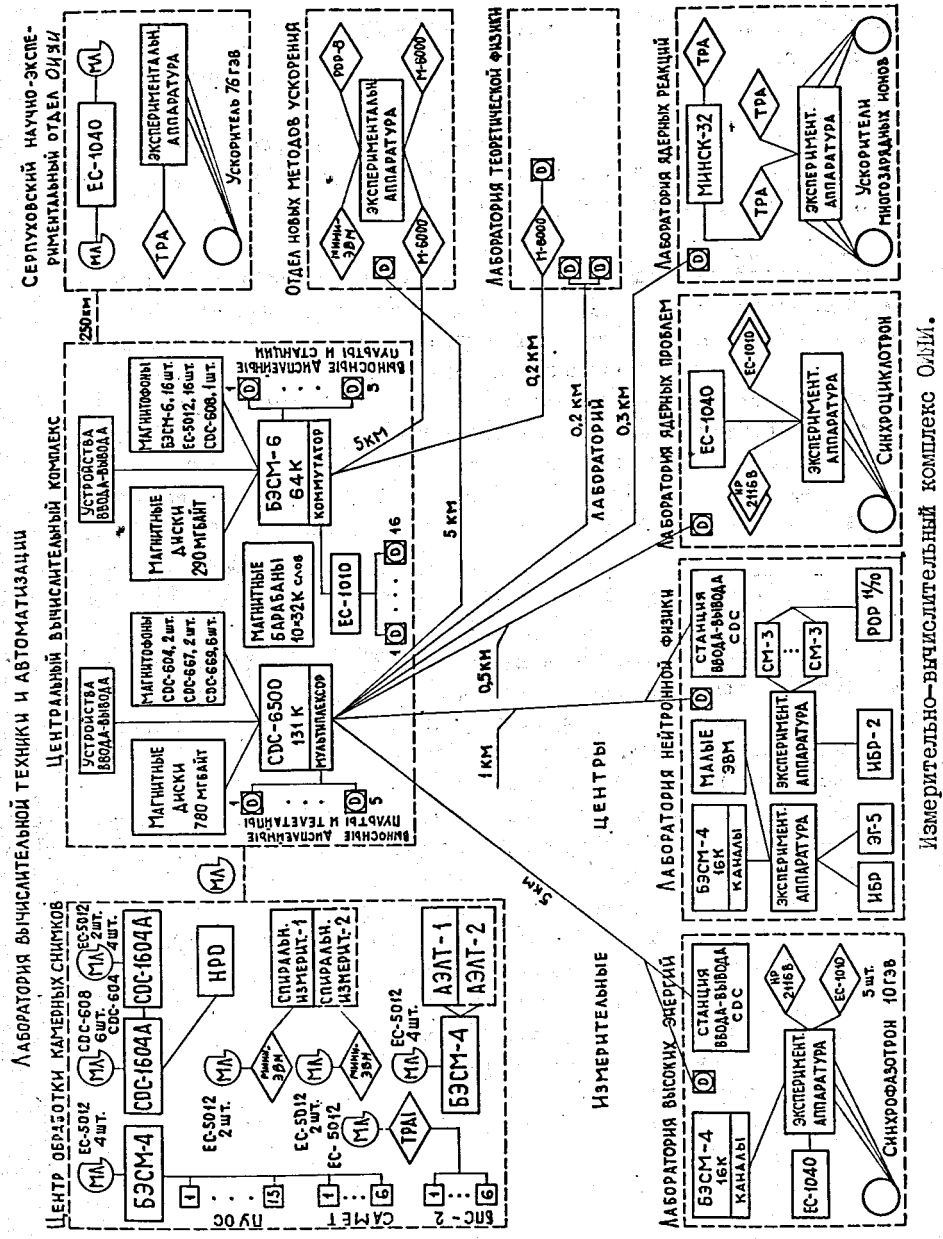
Содержание работы

В первой главе дается обзор состояния измерительно-вычислительных комплексов в ряде научных центров. В ней изложены динамика и направления развития измерительно-вычислительного комплекса Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН), а также кратко охарактеризована вычислительная система Лоуренской Лаборатории Калифорнийского университета в Беркли, рассмотрены структура ИВК Ленинградского института ядерной физики (ЛИЯФ) им. Б.П. Константинова АН СССР и экспериментальная вычислительная система АН Латвийской ССР.

Во 2-ой главе описаны предпосылки создания и общая структура вычислительного комплекса ОИЯИ и характеристики ЭВМ, входящих в состав центрального вычислительного комплекса (ЦВК) ОИЯИ, работы по оснащению ЭВМ БЭСМ-6 оперативной и дисковой памятью, надежными устройствами ввода-вывода, оснащение ЦВК средствами вывода графической информации, организация прохождения задач на ЭВМ ЦВК и оснащение ЭВМ ЦВК терминальной аппаратурой.

По своей структуре функционирующий в ОИЯИ измерительно-вычислительный комплекс является многомашинной системой, состоящей из разнотипных ЭВМ и построенной по иерархическому принципу (см. рисунок).

Нижний уровень системы представлен малыми вычислительными машинами отечественного производства (М-6000, М-400, "Электроника-100" и другие), производства стран-участниц ОИЯИ (ТРА, ЕС-1010 и др.), а также ЭВМ некоторых западных фирм (PDP-8, PDP-11, HP-2116, CDC-160A и др.). Малые машины нашли широкое применение в системах контроля и управления работой физических установок, сканирующих устройств, а также в устройствах, повышающих эффективность доступа к машинам верхнего уровня (удаленные станции ввода-вывода, дисплейные станции и т.п.). На базе малых вычислительных машин созданы системы накопления экспериментальной информации и ее предварительной обработки. В настоящее время в



Измерительно-вычислительный комплекс ОИЯИ.

ОИЯИ используется более 60 ЭВМ, некоторые из них имеют связь по кабелю с БЭСМ-6.

Средний уровень системы представлен вычислительными машинами типа ЕС-1040, БЭСМ-4, CDC-1604А, Минск-32. Машины этого уровня предназначены для работы на линии с экспериментальными установками и составляют основу измерительных центров лабораторий ОИЯИ.

Верхний уровень системы образован мощными вычислительными машинами, являющимися основой общеинститутского центрального вычислительного комплекса (ЦВК). ЦВК предназначен для окончательной обработки экспериментальных данных, накопленных в измерительных центрах, решения инженерных задач и задач теоретической физики, подготовки и отладки новых программ как в пакетном, так и в диалоговом режиме. Основой ЦВК являются ЭВМ CDC-6500 и БЭСМ-6 с суммарной производительностью около 3 миллионов операций в секунду. В настоящее время на ЭВМ ЦВК решается более 5000 задач в неделю, из них около 3500 - на CDC-6500 и более 1500 - на БЭСМ-6.

С целью повышения производительности и надежности ЭВМ БЭСМ-6 в течение 1968-1978 гг. были проведены работы по расширению оперативной памяти до 64К слов, оснащению ее дисковой памятью (около 290 Мбайт) и более надежными и быстрыми устройствами ввода-вывода. Увеличение оперативной памяти и подключение накопителей на магнитных дисках ЕС-5052 и ЕС-5061 позволили значительно повысить процент (до 98%) загрузки центрального процессора ЭВМ БЭСМ-6. Работы по оснащению БЭСМ-6 оперативной и дисковой памятью выполнены по документации, разработанной в других организациях. В диссертации приводятся ссылки на эти работы.

Одной из характерных особенностей решаемых в ОИЯИ задач является большой объем вводимой и выводимой информации. Так, на ЭВМ БЭСМ-6 каждые сутки вводится более 100 тысяч перфокарт и выводится около 2000 страниц. Для обеспечения бесперебойного ввода и вывода такого количества данных было решено заменить на БЭСМ-6 вводные устройства ВУ-700-2^х и алфавитно-цифровые печатающие устройства АЦПУ-128-3^х. Для замены были выбраны читающее устройство CDC-405 (США) и АЦПУ ЕС-7033 (ПНР).

Как показал опыт эксплуатации, эти устройства обладают более высокой надежностью, а наличие в них собственного контроллера

^хПрепринт ОИЯИ, II-6920, Дубна, 1973.
^{хх}Препринт ОИЯИ, II-9957, Дубна, 1976.

позволило освободить центральный процессор БЭСМ-6 от функций управления исполнительными механизмами этих устройств и сократило системные затраты машинного времени на формирование матрицы числа для АЦПУ, что, в конечном счете, привело к росту производительности БЭСМ-6. Подключение CDC-405 и ЕС-7033 потребовало разработки и создания специальных интерфейсов для сопряжения с БЭСМ-6. В диссертации изложены принципы организации работы устройств CDC-405 и ЕС-7033 с БЭСМ-6, описаны схемы и узлы сопряжения, разработанные для этих целей, а также команды БЭСМ-6, управляющие работой этих устройств.

С целью сокращения потерь времени центрального процессора на прерывания при считывании каждой колонки перфокарты было решено подключить читающее устройство в 6-ое направление УВУ БЭСМ-6. Для подключения АЦПУ ЕС-7033 разработано устройство "канал-канал", позволяющее подключать к БЭСМ-6 до 8 устройств ввода-вывода ЕС-ЭВМ. Устройство "канал-канал" включено в программный канал БЭСМ-6. В настоящее время через него к БЭСМ-6 подключено два АЦПУ ЕС-7033.

Вывод графической информации, полученной на ЭВМ ЦВК, решен путем оснащения ЭВМ CDC-6500 и БЭСМ-6 графическими дисплеями фирмы "Тектроник". Для получения копий с этих дисплеев имеется два устройства "Hard Copy". К ЭВМ БЭСМ-6 подключен также графопостроитель "Calcomp-565", включенный в 4-ое направление вывода на перфоленту. В работе приводится описание схем подключения графопостроителя к ЭВМ и приведены команды, управляющие его работой.

Кроме приборов, работающих на линии с ЭВМ, создан комплекс для автономного вывода графической информации. Он состоит из графопостроителя ЕС-7054 (ЧССР) планшетного типа, соединенного с устройством подготовки данных на магнитной ленте ЕС-9002 (НРБ) и с дисплеем "Видеотон-340" (ВНР). Информация из ЭВМ выводится на магнитную ленту через стандартный накопитель ЕС-5012. Затем магнитная лента переносится на устройство ЕС-9002, с которого информация вводится в графопостроитель. Дисплей при этом используется для контроля записанной информации, нахождения начала задачи, а также может быть использован для автономной записи информации на ЕС-9002.

Как отмечалось, оснащение ЭВМ БЭСМ-6 памятью на магнитных дисках позволило обеспечить эффективную работу пользователей на ЭВМ в интерактивном режиме через терминалы. Работа с терминалов

на БЭСМ-6 проводится через дисплейную станцию на базе ЭВМ М-6000 и графического дисплея "СИГДА", а также с дисплеев "Видеотон-340", подключенных к БЭСМ-6 как непосредственно в телеграфный канал, так и через ЭВМ-концентратор. В качестве концентратора выбрана ЕС-1010, соединенная с БЭСМ-6 через канал связи, разработанный на базе 7-го направления УВУ БЭСМ-6. Через этот же канал подключена к БЭСМ-6 и дисплейная станция. На ЕС-1010 также разработано устройство связи с БЭСМ-6, включающее интерфейс связи и канал прямого доступа к ОЗУ ЕС-1010. Подключение терминалов к БЭСМ-6 через ЭВМ-концентратор позволяет освободить ее от непроизводительной работы по вводу информации в диалоговом режиме. Всего через ЕС-1010 к БЭСМ-6 можно подключить 16 терминалов.

В работе описываются возможности дисплейной станции, устройства сопряжения ЭВМ ЕС-1010 с БЭСМ-6 и способы подключения дисплеев к ЕС-1010. Вопрос оснащения CDC-6500 терминалами решен путем приобретения 10 дисплеев фирмы "Тектроник" и подключения двух дисплеев "Видеотон-340". При рассмотрении вопроса организации прохождения задач на ЭВМ ЦВК изложен порядок распределения времени и организация пропуска задач в пакетном режиме с вводом пакетов как с устройств ввода ЭВМ, так и с удаленных станций ввода-вывода. В этом же разделе приведены данные о количестве задач, обрабатываемых в пакетном и интерактивном режимах.

Третья глава диссертации посвящена вопросам организации обмена информацией между ЭВМ ЦВК и измерительными центрами. В ней обосновывается выбор способов обмена в условиях ОИЯИ. С учетом реальных возможностей и требований признано целесообразным накапливать большие объемы информации, получаемой в ходе эксперимента на магнитные ленты. В последующем эта информация на магнитных лентах переносится для обработки на большие ЭВМ. Целесообразность этого решения объясняется тем, что в большинстве случаев получение данных и их обработка разнесены во времени. Для реализации обмена информацией путем переноса магнитных лент ЭВМ ЦВК и измерительных центров были оснащены сначала стандартными семидорожечными накопителями CDC-608, а затем девятидорожечными ЕС-5012. Подключение накопителей к ЭВМ БЭСМ-6 и БЭСМ-4 производилось по разработкам ОИЯИ. В диссертации содержится описание принципов использования накопителей и схемных решений. При разработке принципов использования накопителей на ЭВМ БЭСМ-6 и

Х Препринт ОИЯИ, Р10-9325, Дубна, 1975.

БЭСМ-4 преследовались две цели: во-первых, обеспечение возможности обмена, во-вторых, замена малонадежных и выработавших свой ресурс накопителей НМЛ БЭСМ-6 и НМЛ БЭСМ-4. Исходя из этого, разработаны аппаратура и математическое обеспечение, позволяющие записывать информацию на НМЛ ЕС-5012 в стандарте ЕС-ЭВМ и в модифицированном формате соответствующей ЭВМ. На БЭСМ-6 16 устройств ЕС-5012 подключены в 5-ое направление УВУ БЭСМ-6 через два одинаковых специально разработанных контроллера КБН/П, каждый из которых может работать с 8-ью накопителями. При этом все 16 накопителей НМЛ БЭСМ-6 включены в 6-ое направление УВУ БЭСМ-6.

В случаях, когда требуется быстрый анализ экспериментальных данных на больших ЭВМ, а также для подключения станций ввода-вывода и ЭВМ-концентраторов, для передачи данных используются линии связи. Для этих целей на ЭВМ БЭСМ-6 разработан и реализован канал связи на базе 7-го быстрого направления УВУ, разработаны каналы связи на соответствующих ЭВМ, а также аппаратура приема-передачи данных. По этим разработкам была реализована и длительное время использовалась связь ЭВМ БЭСМ-6 с БЭСМ-4 - 2 шт., Минск-2, удаленными станциями ввода-вывода на базе ЭВМ ТРА-1001. В настоящее время на линии с БЭСМ-6 работают две ЭВМ М-6000 и ЕС-1010.

Основные результаты

Работы, изложенные в диссертации, обеспечили создание мощного измерительно-вычислительного комплекса, который предоставляет необходимые вычислительные ресурсы для решения широкого круга задач при проведении физических исследований в ОИЯИ.

Основными результатами являются:

1. Создание на базе ЭВМ СДС-6500 и БЭСМ-6 центрального вычислительного комплекса производительностью около трех миллионов операций в секунду.

2. Повышение надежности и производительности ЭВМ БЭСМ-6 путем ее оснащения дополнительной оперативной памятью, памятью на магнитных дисках, а также надежными и более быстрыми устройствами ввода-вывода.

3. Разработка и создание канала связи, обеспечивающего быстрый обмен информацией между БЭСМ-6 и ЭВМ измерительных центров.

4. Оснащение ЭВМ ЦВК и измерительных центров стандартными семидорожечными (СДС-608) и девятидорожечными (ЕС-5012) накопителями на магнитной ленте и обеспечение с их помощью возможности

обмена информацией между ЭВМ ИВК ОИЯИ и другими советскими и зарубежными центрами.

5. Оснащение ЭВМ ЦВК терминалами и терминальными станциями, обеспечивающими режим диалогового взаимодействия пользователей с ЭВМ.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Н.Н.Говорун, А.А.Карлов, М.Г.Мещеряков, В.Н.Поляков, Н.И.Чулков, В.П.Шириков, С.А.Щелев. Вычислительный комплекс ОИЯИ и перспективы его развития. В кн. "Высокие энергии и элементарные частицы". Труды 3-го Международного симпозиума в г. Синае, СРР. 1973 год. ОИЯИ, Д1, 2-7781, Дубна, 1973, стр. 465-479.
2. В.В.Федорин, С.А.Щелев. Состояние и тенденции развития системы вычислительных машин в ОИЯИ. В кн. "Международная школа по вопросам использования ЭВМ в ядерных исследованиях", Ташкент, 1974 г., ОИЯИ, Д10, И1-8450, стр. 7-20.
3. Н.Н.Говорун, А.А.Карлов, М.Г.Мещеряков, В.Н.Поляков, Н.И.Чулков, В.П.Шириков, С.А.Щелев. Вычислительный комплекс Объединенного института ядерных исследований и перспективы его развития. Журнал "Автоматика и вычислительная техника", № 6, изд-во "Зинатне", Рига, 1974.
4. Н.Н.Говорун, А.А.Карлов, М.Г.Мещеряков, В.П.Шириков, С.А.Щелев. Основные направления развития центрального вычислительного комплекса ОИЯИ. Материалы совещания "Проблемы повышения эффективности БЭСМ-6", СЭИ СО АН СССР, 1976, стр. 115-123.
5. В.Е.Аниховский, С.А.Щелев. Система коллективного пользования на базе ЭВМ БЭСМ-6. ОИЯИ, Д1-10947, Дубна, 1977.
6. В.Е.Аниховский, С.А.Афанасьев, А.А.Семенов, С.А.Щелев. ЕС-1010 - концентратор терминалов для БЭСМ-6. Устройство связи ЕС-1010 с БЭСМ-6, передача данных. ОИЯИ, И1-И1442, Дубна, 1978.
7. А.Ф.Виноградов, В.И.Первушов, В.Н.Самойлов, Н.И.Чулков, С.А.Щелев. Стандартные накопители на магнитной ленте на ЭВМ БЭСМ-4 в формате записи/воспроизведения ЕС ЭВМ. "Управляющие системы и машины", № 3, 1975 г., стр. 54-64.

8. В.А.Владимиров, А.Ф.Виноградов, В.И.Первушов, В.Н.Самойлов, Г.А.Сухомлинов, В.А.Циткульский, В.И.Чивкин, Н.И.Чулков, С.А.Щелев. Использование накопителей на магнитной ленте типа ЕС-5012 в модифицированном формате записи на ЭВМ БЭСМ-4. ОИЯИ, II-7797, Дубна, 1974.
9. А.Ф.Виноградов, В.И.Первушов, В.Н.Самойлов, Н.И.Чулков, С.А.Щелев. Программа проверки комплекса ЭВМ БЭСМ-4+ЕС-5012 в формате ЕС ЭВМ. ОИЯИ, II-8173, Дубна, 1974.
10. В.Е.Аниховский, А.В.Гусев, И.А.Емелин, И.Н.Силин, В.В.Федорин, В.П.Шириков, Н.И.Чулков, С.А.Щелев. Общие принципы подключения и использования накопителей на магнитной ленте ЕС-5012 на ЭВМ БЭСМ-6. ОИЯИ, II-8427, Дубна, 1974.
11. В.Е.Аниховский, В.Б.Дубинчик, И.А.Емелин, В.П.Кротова, Л.С.Онищенко, В.В.Федорин, С.А.Щелев. Устройства сопряжения накопителей на магнитной ленте ЕС-5012 с ЭВМ БЭСМ-6 (КБН). ОИЯИ, II-8595, Дубна, 1975.
12. А.В.Гусев, И.А.Емелин, А.А.Карлов, В.В.Федорин, Н.И.Чулков, С.А.Щелев. Принципы организации связи между ЭВМ вычислительного комплекса и канал связи БЭСМ-6 с периферийными ЭВМ. ОИЯИ, II-4200, Дубна, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 февраля 1980 года.