

П-541

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

11 - 6850

ПОЛЯКОВ
Владимир Николаевич

**СИСТЕМЫ СВЯЗИ В МНОГОМАШИННОМ
ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ
КОМПЛЕКСЕ ОИЯИ**

Специальность 05 260 -
приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Дубна 1972

ПОЛЯКОВ
Владимир Николаевич

СИСТЕМЫ СВЯЗИ В МНОГОМАШИННОМ
ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ
КОМПЛЕКСЕ ОИЯИ

Специальность 05 260 -
приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

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

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Г.И.ЗАБИЯКИН.

Официальные оппоненты: доктор технических наук
И.В.ШТРАНИХ,
кандидат технических наук
А.Н.СИНАЕВ.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт атомной энергии им. И.В.Курчатова (г.Москва).

Автореферат разослан " ____ " _____ 1972 года.

Защита диссертации состоится " ____ " _____ 1973 г.
на заседании Ученого Совета Лаборатории вычислительной техники
и автоматизации ОИЯИ в г.Дубне Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА

Е.А.ЛОГИНОВА

Рассмотрение путей развития вычислительной техники в физических исследовательских центрах показывает, что одним из направлений внедрения ЭВМ в физический эксперимент является создание многомашинных иерархических систем для обработки экспериментальных данных.

Основными причинами объединения ЭВМ в систему являются:

а) невозможность полной обработки данных, полученных в процессе эксперимента, на ЭВМ, приписанных к экспериментальным установкам, и, в связи с этим, необходимость подключения к обработке этих данных более мощных вычислительных средств;

б) необходимость, в ряде случаев, получения результатов обработки данных в процессе проведения эксперимента, т.е. использование вычислительных средств в реальном масштабе времени;

в) стремление к улучшению вычислительного сервиса путем использования ЭВМ, расположенных на большом расстоянии от мощных вычислительных средств, в качестве удаленных терминалов коллективного пользования;

г) стремление исключить из последовательности обработки экспериментальных данных промежуточные носители информации.

При проектировании многомашинных систем возникает ряд проблем, связанных как со спецификой использования ЭВМ в условиях физического исследовательского центра, так и с методами построения иерархических вычислительных систем, общих принципов создания которых пока еще не выработано. Решению некоторых из этих проблем применительно к измерительно-вычислительному комплексу ОИЯИ посвящена настоящая диссертация, особенно решению вопросов, связанных с разработкой и использованием линий передачи данных на значительные расстояния между ЭВМ измерительно-вычислительных центров физических лабораторий и ЭВМ центрального вычислительного комплекса.

Работы по объединению ЭВМ в многомашинные системы начались в Объединенном институте ядерных исследований в начале 60-х годов. Опыт, полученный при разработке систем первого поколения, позволил планировать создание многомашинного измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ на основе ЭВМ второго поколения с учетом последних достижений вычислительной техники^{/1/}.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

В первой главе дается обзор основных направлений разработки и использования многомашинных систем сбора и обработки информации в крупнейших ядерных центрах за последние десять лет. Приведенный материал позволяет сделать выводы об особенностях использования многомашинных систем в различных областях ядерной физики^{/2,3/}.

Внедрение систем в эксперимент началось с объединения специализированных вычислительных устройств (анализаторов) в измерительные центры и включения в состав измерительных центров ЭВМ. Высокая эффективность таких относительно простых по структуре систем вызвала к жизни бурное развитие иерархических систем в исследовательских центрах. В настоящее время известно более 20 подобных систем, в обзоре приведена таблица, характеризующая их основные особенности.

Организация простых двухмашинных систем не рассчитана на полную автоматизацию работы, обычно связь в таких системах производится сеансами, а установлением связи управляет оператор. При переходе к многомашинным системам работа ЭВМ по расписанию становится затруднительной, и в систему вводится машина-диспетчер, защищающая процессор центральной ЭВМ от нежелательных частых прерываний, выполняющая редактирование информации и ряд других "административных" функций. При оснащении измерительных центров ЭВМ среднего класса, которые объединяют вокруг себя малые ЭВМ экспериментов, структура вычислительного комплекса становится многоступенчатой.

Существенным звеном системы ЭВМ физического исследовательского центра являются линии связи. Если ЭВМ объединены в систему для выполнения общей работы, они должны обмениваться данными и программами. В крупных физических центрах расстояние между малыми ЭВМ экспериментальных установок и **большими ЭВМ** центрального вычислительного комплекса достигает нескольких километров. В этих усло-

виях уже невозможно использовать стандартную аппаратуру каналов ввода-вывода информации, которая не рассчитана для работы с кабелями большой длины.

Скорость поступления информации из современных экспериментальных установок достигает величины 10^7 бит/сек, и даже после предварительного сжатия информации на малых ЭВМ применение промышленной аппаратуры передачи данных по местным телефонным сетям (пропускная способность порядка 10^3 бит/сек) не решает проблемы обмена информацией между ЭВМ.

В связи с этим в физических лабораториях и особенно в исследовательских центрах создаются собственные быстродействующие линии связи между ЭВМ.

Вторая глава диссертации посвящена рассмотрению вопросов объединения в многомашинную систему ЭВМ измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ.

Измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) ОИЯИ состоит из мощных вычислительных машин центрального вычислительного комплекса (ЦВК), средних ЭВМ измерительно-вычислительных центров (ИВЦ) и малых ЭВМ, входящих в экспериментальные установки.

Основной вычислительной машиной ОИЯИ является БЭСМ-6, в значительной степени модернизированная и оснащенная дополнительными устройствами, а также разработанным в ОИЯИ каналом ввода-вывода информации^{/4/}. Для БЭСМ-6 в ОИЯИ разработано также математическое обеспечение "Дубна", включающее в себя современную операционную систему для мультипрограммной работы и эффективный транслятор с языка ФОРТРАН^{/5/}. Следует отметить, что именно работы по развитию БЭСМ-6 и созданию современного математического обеспечения стали основой для объединения ЭВМ ОИЯИ в многомашинную систему.

Перед автором диссертации была поставлена задача провести исследование и разработку быстродействующих линий связи между ЭВМ ИВК ОИЯИ (длиной до 5-7 км), рассчитанных на расширение системы в будущем, а также разработать аппаратуру передачи данных для ЭВМ различных типов, входящих в измерительно-вычислительный комплекс.

Для подключения ЭВМ к линиям связи служат специальные блоки связи, преобразующие логические сигналы канала ЭВМ в логические сигналы линии связи и наоборот.

Между центральной и периферийными ЭВМ возможна передача логически упорядоченных массивов (файлов) любой длины, но каждый файл должен состоять из целого числа физических массивов определенной длины, в соответствии с требованиями, предъявляемыми каналом БЭСМ-6. Для установления связи в системе абоненты должны обмениваться между собой байтами управления.

В байтах управления указываются номер абонента в группе данной линии связи, направление передачи, длина массива, результат передачи и другие особенности обмена информацией между конкретными абонентами.

Последовательность обмена байтами управления при установлении связи и массивами данных определяется структурой математического обеспечения и алгоритмическими возможностями канала БЭСМ-6. Исходя из этого, предложен конкретный алгоритм организации связи между ЭВМ ИВК ОИЯИ, позволяющий автоматизировать процесс установления связи в системе^{6-8/}.

Байты управления имеют одинаковый смысл для любого абонента системы в ИВК, независимо от состава оборудования и физических задач, решаемых на ЭВМ ИВЦ. Инициатива установления связи в системе возлагается на ЭВМ ИВЦ в зависимости от ее готовности, но затем управление обменом файлами производится операционной системой центральной ЭВМ.

Оценка пропускной способности линий связи в многомашинной иерархической системе представляет особый интерес, поскольку по своему технологическому исполнению (прокладка кабельных трасс, подключение большого количества не связанных идеологически и административно пользователей и т.д.) линии связи представляют собою один из наиболее консервативных элементов системы.

Анализ потоков информации, поступающей из экспериментальных установок, затруднителен вследствие быстрой смены методов экспериментальных исследований, однако из-за стремления системы автоматизации научных исследований к росту необходимо проведение оценочных расчетов для того, чтобы не допустить быстрого морального старения системы.

Для оценки пропускной способности линий связи в диссертации развит метод усредненных оценок эффективности использования средств ИВК, предложенный в работе^{79/}.

В основу этого метода положена необходимость оптимального распределения времени центрального процессора ЭВМ между счетом задач и управлением потоками информации, поступающими по линиям связи в зависимости от длительности среднего цикла подготовки информации на ЭВМ ИВЦ, времени обмена служебной информацией между ЭВМ для установления связи, времени передачи массива информации по линиям связи и времени реакции операционной системы центральной ЭВМ.

В современных ЭВМ, имеющих листовую структуру памяти, основное время, затрачиваемое операционной системой, приходится на подготовку листа для приема информации от очередной задачи. В ЭВМ, операционная система которых ориентирована на использование магнитных лент, это время переписи листа на ленту, в ЭВМ, имеющих диски — время переписи листа на диск и т.д. Очевидно, предельной скоростью переписи листа является скорость работы оперативной памяти ЭВМ.

В результате проведенных расчетов сделан вывод: оптимальное использование средств центрального процессора имеет место при равенстве скоростей работы линий связи и внешних запоминающих устройств центральной ЭВМ. При использовании БЭСМ-6 в качестве центральной ЭВМ скорость работы линий связи должна соответствовать скорости работы накопителей на магнитных лентах ($5 \cdot 10^4$ байтов/сек) с перспективой увеличения в будущем до скорости работы оперативной памяти (до 10^6 байтов/сек).

Третья глава диссертации посвящена вопросам выбора типа линии связи, отвечающей приведенным выше требованиям, и результатам исследований разработанной линии связи.

Передача данных по линиям связи в физическом центре обладает рядом характерных особенностей. Во-первых, уровень электромагнитных помех довольно высок вследствие работы высокочастотных физических установок. Во-вторых, вследствие большой мощности физических установок, величина разности потенциалов между заземляющими электродами на концах линии связи может достигать значительной величины (порядка десятков вольт). В-третьих, требуется высокая скорость передачи информации. Наконец, линии связи должны обладать высокой надежностью, не меньшей, чем ЭВМ, входящие в систему, и быть сравнительно дешевыми.

В ОИЯИ ранее было реализовано несколько систем передачи преобразованных в цифровую форму экспериментальных данных по кабельным линиям связи. Создание ИВК ОИЯИ потребовало проектирования новых линий связи, работающих с высокой скоростью, не зависящих от типа применяемых ЭВМ и рассчитанных на развитие системы.

В требуемом диапазоне скоростей линий связи возможно применение как коаксиальных, так и симметричных кабелей со скрученными парами. Из двух типов кабелей для систем связи внутри ИВК ОИЯИ было отдано предпочтение симметричным магистральным кабелям по следующим причинам:

- а) кабель со скрученными парами намного дешевле;
- б) как правило, такие кабели имеют меньшие потери по постоянному току за счет большего сечения, что важно при передаче потенциальных сигналов;
- в) кабели со скрученными парами имеют относительно более высокую помехозащищенность. Разность помех, наведенных электромагнитными полями на проводах скрученной пары меньше, чем разность помех между внутренней и внешней жилой коаксиального кабеля;
- г) поскольку кабель со скрученными парами является симметричным, становится несущественной разность потенциалов между заземляющими электродами аппаратуры на разных концах кабельной линии;
- д) вследствие относительно низкой стоимости кабеля со скрученными парами можно производить параллельную передачу информации.

Вопросы применения симметричных магистральных кабелей для передачи телефонных сообщений с частотным уплотнением каналов изучены достаточно хорошо, но данные о свойствах таких кабелей при передаче цифровой информации с помощью кодовой модуляции в литературе практически отсутствуют. Это привело к необходимости исследования импульсных характеристик симметричных кабелей в реальных условиях.

Проведенные исследования показали, что линия передачи данных по магистральному симметричному кабелю типа МКС (оканчивающаяся низкочастотным телефонным кабелем типа ТРПКШ длиной до 100 м) позволяет передавать цифровые данные с помощью импульсно-кодовой модуляции в диапазоне скоростей от 0 до 500 кбит/сек на расстояние до 7 км по каждой паре кабеля без применения промежуточных кабель-

ных усилителей. Помехозащищенность линий связи при этом остается очень высокой, линии работают удовлетворительно при отношении сигнал/помеха меньше, чем 1:1, и при разности потенциалов между заземляющими электродами на концах линии связи до 20 в.

Для исследования помехозащищенности и надежности линии связи была разработана специальная аппаратура, за время испытаний было передано 10^{11} бит информации, сбоев в работе не зарегистрировано /10,11/.

Кабельные линии связи вместе с разработанными простыми схемами приемных и передающих усилителей применяются в ИВК ОИЯИ для связи между ЭВМ ИВК.

В четвертой главе рассматриваются принципы проектирования аппаратуры передачи данных, описывается разработанная аппаратура и приводятся примеры применения системы для решения различных задач.

В связи с быстрым ростом числа различных вычислительных машин в системе аппаратура линий связи проектировалась с учетом того, чтобы любую ЭВМ можно было подключить в любом экспериментальном корпусе /12,13/.

Особо важную роль играет логическая симметричность сигналов линий связи в обоих направлениях, что позволяет произвольно изменять конфигурацию системы, особенно при наладке оборудования. Если сигналы симметричны, то линии связи можно замкнуть между собой в любом месте и проводить автономную проверку аппаратуры.

За основу при проектировании взяты управляющие сигналы и логика установления связи между ЭВМ, разработанные для канала ввода-вывода БЭСМ-6/4/. Всего в линиях связи используется 28 сигналов симметрично по 14 в обоих направлениях. Данные и служебная информация передаются параллельно по 8 разрядов с контролем по четности каждого байта. Передача служебного байта сопровождается передачей специального признака, который удерживается на шинах до тех пор, пока не будет получен ответный сигнал о приеме служебного байта. Передача массива данных (48, 1584 или 6192 байта) возможна при наличии соответствующего разрешающего сигнала, свидетельствующего о том, что абонент готов к приему. Информация на шинах данных имеет смысл при наличии синхронизирующего сигнала.

Все линии связи сходятся в центре к каналу БЭСМ-6. Поскольку большинство сигналов в линиях связи имеет тот же смысл, что и в канале БЭСМ-6, для них необходимо только преобразование электрических уровней сигналов. Логически преобразуются лишь сигналы, сопровождающие передачу массива данных.

Усилители кабельных модулей и схемы преобразования сигналов канала БЭСМ-6 выполнены конструктивно на базе элементов и узлов ЭВМ БЭСМ-4 в блоке преобразования сигналов канала БЭСМ-6. В одной стойке размещается аппаратура для управления тремя линиями связи, всего в настоящее время к БЭСМ-6 подключается 6 линий^{/14/}.

На дальнейшем (по отношению к ЦВК) конце линий связи к кабельному модулю через специальные блоки подсоединяются малые и средние ЭВМ измерительно-вычислительных центров лабораторий. Структура блоков связи определяется типом канала периферийной ЭВМ, но алгоритмы их работы одинаковы и соответствует последовательности установления логической связи, предложенной во второй главе диссертации. Для примера приведена структурная схема блока дальнейшей связи БДС-2А^{15/}, которыми оснащаются в лабораториях модернизированные ЭВМ БЭСМ-4.

Кроме ЭВМ ИВЦ лабораторий, в системе используются станции ввода-вывода информации на основе малых ЭВМ ТПА ("ФОРТРАНные станции"), разработанные ЦИФИ ВНР совместно с ОИЯИ для дистанционной пакетной обработки информации на БЭСМ-6^{/16/}. Для них в ОИЯИ было разработано полное математическое обеспечение, в том числе и программа, имитирующая операционную систему БЭСМ-6. Это, благодаря логической симметричности сигналов линий связи, позволило использовать малую ЭВМ ТПА для создания наладочных систем, изучения характеристик линий связи и отладки аппаратуры передачи данных без затрат дефицитного машинного времени центральной ЭВМ.

С помощью двух ЭВМ ТПА была организована двухмашинная система для проверки надежности оборудования линий связи по реальному алгоритму (длина линий 1 и 5 км). За время испытаний двухмашинной системы по линиям связи было передано $2 \cdot 10^{10}$ байтов в обоих направлениях с контролем по четности передаваемой информации. Сбоев в работе линий связи зарегистрировано не было.

Первые реальные физические результаты были получены при использовании многомашинной системы для обработки спектрометрической информации, поступающей по линиям связи из измерительно-вычислительного центра отдела ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ^{/17/}. Позднее линии связи были использованы для передачи экспериментальной информации из спектрометрического ИВЦ Лаборатории нейтронной физики, использующего ЭВМ БЭСМ-4. Завершены работы по подключению к системе ФОРТРАНных станций на основе ЭВМ ТПА-1001 в Лабораториях высоких энергий и нейтронной физики.

Многомашинная иерархическая система ИВК ОИЯИ, некоторые вопросы создания которой рассмотрены в диссертации, в настоящее время находится в опытной эксплуатации и продолжает развиваться. В процессе создания первой очереди системы выполнены следующие основные работы, изложение которых составляет содержание диссертации.

1. Проведен анализ предпосылок создания многомашинных систем в физических исследовательских центрах, предложена классификация многомашинных систем в зависимости от сложности их архитектуры и степени автоматизации процесса обработки информации с использованием линий связи.

2. Предложен и реализован конкретный алгоритм организации связи между ЭВМ измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ, позволяющий автоматизировать процесс установления связи в системе. При этом были максимально использованы алгоритмические возможности канала БЭСМ-6, созданного в ОИЯИ^{/4/}.

3. Предложен метод расчета пропускной способности линий связи в многомашинной системе в целях оптимального использования ресурсов центральной ЭВМ. Показано, что скорость работы линий связи должна соответствовать скорости работы операционной системы центральной ЭВМ и должна увеличиваться от $5 \cdot 10^4$ байтов/сек (для системы, использующей магнитные ленты) вплоть до скорости работы оперативной памяти.

4. Проведены исследования импульсных характеристик симметричных магистральных кабелей со скрученными парами типа МКС, являющихся наиболее перспективными для линий связи на средние расстояния (порядка нескольких км) в условиях физического исследовательского

центра в диапазоне скоростей 0 + 500 кбит/сек по каждой паре кабеля.

5. Разработаны внедрены в серийное производство кабельные усилители с применением симметричных балансных схем со связями по постоянному току. Исследование линий связи в реальных условиях показало, что при длине линий до 7 км возможна передача цифровых данных со скоростью до 500 кбит/сек по каждой паре при отношении сигнал/помеха меньше, чем 1:1. Регулировка линий связи в зависимости от их длины осуществляется простым изменением токозадающих сопротивлений в схеме передатчика.

6. Предложен и реализован симметричный набор логических сигналов линий связи, позволяющий произвольно изменять конфигурацию системы. Разработаны и введены в эксплуатацию блоки преобразования сигналов канала БЭСМ-6 в сигналы линии связи, позволяющие подключать к БЭСМ-6 до 6 линий связи с ЭВМ измерительно-вычислительных центров лабораторий.

7. Разработаны и введены в эксплуатацию блоки для подключения к линиям связи ЭВМ "Минск-2" и БЭСМ-4. Для реализации того же алгоритма в ЦИФН ВНР разработаны и введены в эксплуатацию блоки связи для ЭВМ ТПА-1001 (ФОРТРАНных станций).

8. Начато использование линий связи БЭСМ-6 с измерительно-вычислительными центрами ОЯС ЛЯП ("Минск-2"), ЛНФ (ТПА, БЭСМ-4), ЛВЭ (ТПА). Проведены эксперименты по исследованию двухмашинных систем ТПА - ТПА и ТПА - БЭСМ-4.

Основные результаты диссертации докладывались автором на Международном симпозиуме по ядерной электронике (Варна, 1969 г.), конференции стран-членов СЭВ по развитию ядерного и изотопного приборостроения (Москва, 1969 г.), Всесоюзной конференции по автоматизации научных исследований на основе применения ЭЦВМ (Новосибирск, 1970 г.), а также в лекциях на I и II Международных Школах по применению ЭВМ в экспериментальной физике (Алушта, 1968 г. и 1970 г.).

Содержание диссертации опубликовано в работах /2,3,6-8,10-17/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.И.Забиякин, Н.Н.Говорун, В.В.Федорин, А.Я.Астахов и др. О пятилетнем плане развития вычислительной техники и средств автоматизации в ОИЯИ. Труды IV Симпозиума по радиоэлектронике, 1967, Прага, стр. 1-21.
2. Г.И.Забиякин, В.Н.Поляков. Системы ЭВМ физических исследовательских центров для обработки данных в реальном масштабе времени. ОИЯИ 10-5026, 1970, Дубна.
3. Г.И.Забиякин, В.Н.Поляков. Системы вычислительных машин физических исследовательских центров. ПТЭ, 1971, № 6, 5 + 19.
4. 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 11-4200, 1968, Дубна.
5. В.Ю.Веретенев, Н.Н.Говорун, Е.А.Жоголев, В.П.Иванников и др. Вариант операционной системы для серийного образца машины БЭСМ-6. Труды I Всесоюзной конференции по программированию, 1968, Киев, стр. 25-48.
6. Г.И.Забиякин, М.Г.Мещеряков, В.Н.Поляков, В.И.Семашко, Н.И.Чулков. ЭВМ в задачах автоматизации сбора и обработки экспериментальных данных в ОИЯИ. В кн.: "Системы автоматизации научных экспериментов", ИАЭ СО АН СССР, 1971, Новосибирск, стр. 3-12.
7. Г.И.Забиякин, Э.В.Лысенко, В.Н.Поляков, В.А.Ростовцев, В.И.Семашко. Организация обмена информацией в системе вычислительных машин ОИЯИ: В кн.: "Развитие ядерного и изотопного приборостроения", СЭВ, 1969, Москва, стр. 244-250.

8. Н.С.Заикин, О.Н.Ломидзе, В.Н.Поляков, В.И.Шириков. Алгоритмы математического обеспечения линий связи в много-машинной системе ввода-вывода БЭСМ-6. ОИЯИ, Б1-И1-5964, 1971, Дубна.
9. Б.М.Каган, М.М.Каневский. Цифровые вычислительные машины и системы. "Энергия", 1970, Москва.
10. З.В.Лысенко, В.Н.Поляков. Передача экспериментальных данных в ЭВМ по линиям связи. Труды Международного семинара по ядерной электронике (Варна, июнь 1969 г.), ОИЯИ 13-4720, 1969, Дубна.
11. Г.И.Забиякин, З.В.Лысенко, В.Н.Поляков. Передача данных в измерительно-вычислительном комплексе ОИЯИ, ПТЭ, 1970, № 2, 90-95.
12. В.Н.Поляков. Вопросы сопряжения ЭВМ с внешним оборудованием. Труды I Школы "ЭВМ в экспериментальной физике", ОИЯИ 10-4230, 1968, Дубна.
13. В.Н.Поляков. Линии передачи данных в ОИЯИ. Труды II Школы "ЭВМ в экспериментальной физике", ОИЯИ 10-5255, 1970, Дубна.
14. В.С.Вовенко, И.А.Емелин, В.Н.Поляков. Блок преобразования сигналов канала БЭСМ-6 в сигналы линий связи. ОИЯИ Б1-И1-6456, 1972, Дубна.
15. В.С.Вовенко, В.Н.Евсина, В.Н.Поляков, Р.К.Сиколенко. Блок дальней связи БДС-2А. ОИЯИ Б1-И1-6457, 1972, Дубна.
16. Г.И.Забиякин, В.С.Бородин, А.Ф.Виноградов, В.Н.Поляков и др. Многомашинная система ввода-вывода БЭСМ-6 (техническая часть проекта). ОИЯИ Б1-10-4984, 1970, Дубна.
17. С.Аврамов, Л.Александров, И.А.Емелин, Г.И.Забиякин, Н.С.Заикин, З.Зайдлер, И.Звольски, З.В.Лысенко, В.Н.Поляков, В.В.Федорин, В.И.Фоминих, М.И.Фоминих, В.М.Цупко-Ситников, В.П.Шириков. Автоматизация обработки спектрометрической информации с использованием системы ЭВМ "Минск-2" - БЭСМ-6. ОИЯИ 10-6467, 1972, Дубна.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 декабря 1972 года.