

41-649



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

11-8174

ШИРИКОВ
Владислав Павлович

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ МАШИН
ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА
ОИЯИ

Специальность: 01.01.10 - математическое обеспечение
вычислительных комплексов и АСУ

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени доктора физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

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

Официальные оппоненты:

член-корреспондент АН СССР, профессор А.П.ЕРШОВ,
доктор технических наук, профессор В.И.КУЛЯ,
доктор технических наук А.Д.СМИРНОВ.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт прикладной математики АН СССР, г. Москва.

Автореферат разослан

1974 года

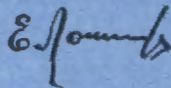
Защита диссертации состоится

1974 года

на заседании Учёного Совета Лаборатории вычислительной техники
и автоматизации Объединённого института ядерных исследований,
г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Учёный секретарь Совета



Е.А. ЛОГИНОВА

11-8174

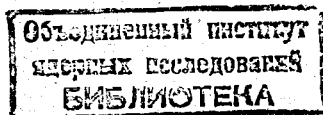
ШИРИКОВ
Владислав Павлович

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ МАШИН
ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА
ОИЯИ**

**Специальность: 01.01.10 - математическое обеспечение
вычислительных комплексов и АСУ**

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени доктора физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)



Широкое внедрение ЭВМ в практику научных исследований, управление и производство поставило ряд серьезных проблем в области создания математического обеспечения ЭВМ и их систем: трансляторов, программ управления работой ЭВМ и их взаимодействием, программного обеспечения средств доступа пользователей к ЭВМ и т.д. Необходимость создания условий для максимально эффективного использования ЭВМ при решении научно-технических задач, стоящих перед крупными научными центрами типа Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ), ставит задачу создания такого математического обеспечения машин и их систем, которое бы в максимальной степени учитывало специфику конкретных условий в таких центрах, применяющих зачастую десятки ЭВМ самых разных типов и мощностей.

Настоящая диссертация посвящена разработке общего математического обеспечения системы ЭВМ ОИЯИ для решения его научно-технических задач. Основные этапы этой разработки включают в себя создание подсистем математического обеспечения машин БЭСМ-6 и БЭСМ-4 с трансляторами с языка ФОРТРАН и обширной библиотекой программ общего назначения; разработку и реализацию потоковой пакетной обработки задач и дистанционной пакетной обработки на БЭСМ-6, являющейся базовой машиной в комплексе ОИЯИ; создание программных средств для реализации обмена информацией в реальном масштабе времени между задачами, проходящими на разных ЭВМ комплекса ОИЯИ; разработку принципов и схем реализации оперативного управления работой базовой ЭВМ.

Необходимость в проведении такой работы определялась целым рядом причин, описываемых ниже.

Проведение научных исследований в любом крупном физическом институте уже давно связано, во-первых, с обработкой массы экспериментальных данных на ЭВМ, во-вторых, с управлением самими экспериментами и физическими установками (например, ускорителями) с помощью

ЭВМ, и, в-третьих, с проведением теоретических исследований и расчетов опять-таки с помощью ЭВМ (сюда относятся и расчеты по проектированию новых установок). Необходимость использования вычислительных машин разных классов и систем машин в подобного рода делах уже не требует доказательств. Примеры из истории развития Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне указывают на типичные возникающие при этом проблемы^{1/}.

В условиях ОИЯИ основная масса информации, подлежащей обработке, всегда шла и продолжает идти от экспериментов физики высоких энергий, проводимых с использованием пузырьковых, искровых и т.п. камер. При этом основным способом регистрации исходной информации является фотографирование событий в камерах. Последующая задача обработки снимков заключается в нахождении кинематических характеристик треков, идентификации типов реакций и частиц, участвовавших в реакциях, и статистической обработке каждого эксперимента по всем идентифицированным событиям. Решение задачи состоит из нескольких этапов, причем только в первом из них (процессе снятия информации с пленки) — не всегда участвует вычислительная машина: оператором проводится просмотр пленки, поиск интересных событий и измерение координат точек на снимках проекций треков, относящихся к этим событиям. Измерения частично проводятся на полуавтоматических устройствах, имеющих средства вывода информации на перфоленту. Такая перфолента вводится в ЭВМ, после чего ЭВМ берут на себя всю остальную часть решения задачи обработки. До 1968 года такой режим был единственно возможным при обработке снимков с пузырьковых камер в ОИЯИ. Затем, однако, основная часть полуавтоматических устройств была соединена кабельной связью с ЭВМ Минск-2 и БЭСМ-4. ЭВМ взяли на себя функции контроля, регистрации и последующей обработки результатов измерений. В этом случае фактически образовалась простейшая

измерительно-вычислительная система для решения задач физики высоких энергий. Установка машины СДС-1604А и ее соединение с Минск-22, а затем через общий магнитофон с БЭСМ-4, позволили переложить на эту достаточно мощную (по сравнению с Минск-22 и БЭСМ-4) машину основную обработку по цепи программ типа THRESH, GRIND, SLICE, SUMX, написанных на языке ФОРТРАН, а затем и измерения с помощью подключенного к ней автомата НРД. Для уменьшения среднего времени обработки событий и организации более эффективной массовой обработки еще в 1965 году было принято решение об использовании ЭВМ БЭСМ-6 и разработке для нее необходимого математического обеспечения, в частности, транслятора с языка ФОРТРАН^{2/}.

Применение в экспериментах физики высоких энергий бесфильмовых искровых камер при больших потоках информации с них поставило в 1965-66 годах задачу монтажа ЭВМ типа БЭСМ-4 на линии с экспериментальной системой для работы в реальном масштабе времени. Задачей этой ЭВМ было:

- а) Накопление всей поступающей координатной информации с камер на магнитную ленту периодически, в циклах ускорения пучка частиц в синхрофазотроне;
- б) окончательная обработка, с контролем правильности работы аппаратуры.

Появление большого числа подобных экспериментов требует быстрого создания ряда программных систем с целью обеспечения работы ЭВМ в реальном масштабе времени эксперимента для регистрации и обработки данных, а также привлечения к такой работе более мощных машин, чем БЭСМ-4. В свою очередь, это также привело к постановке вопроса о создании необходимых программных средств (в частности, трансляторов с автокода и ФОРТРАНа) для машин и средств связи "экспериментальных" машин с мощными ЭВМ в единую систему.

Аналогичные проблемы возникли при проведении экспериментов, поставляющих спектрометрическую информацию, в Лабораториях нейтронной физики и ядерных проблем в ОИЯИ, где в качестве "экспериментальных" использовались машины БЭСМ-4 и Минск-2. При проведении экспериментов по ядерной спектроскопии на синхротронном ускорителе Лаборатории ядерных проблем особенно остро встал вопрос о связи "Минск-2" с более мощной ЭВМ, поскольку поток информации велик, и "Минск-2" перестала справляться с решением математической задачи анализа сложных спектров^{/3/}. В свою очередь, та ЭВМ, которая должна взять на себя решение этой задачи, должна обладать развитым системным обеспечением (с транслятором с языка ФОРТРАН) для постановки на нее существующих в мировых библиотеках программ обработки спектрометрической информации.

Как видно, основной причиной постановки задачи об оснащении ЭВМ в ОИЯИ входным языком ФОРТРАН было желание обеспечить совместимость текстовых библиотек программ (особенно программ обработки физической информации) ОИЯИ и западных исследовательских центров. Дополнительной причиной стало соображение о том, что ФОРТРАН был (и до сих пор остается) одним из наиболее удобных алгоритмических языков^{/4-6/} для создания больших систем обработки (конечно, если сравнивать только те языки, для которых можно сделать неплохие трансляторы на машинах со скромной памятью и быстродействием), поскольку:

1. В синтаксисе языка краеугольным камнем заложен принцип модульности для написания и отладки программ.

2. В языке предусмотрены неплохие средства для гибкой организации обмена информацией между программой, написанной на этом языке, и внешними устройствами машин, на которых эта программа выполняется.

Следующей актуальной проблемой стало управление крупными физическими установками типа ускорителя. Примером частной задачи являются магнитные измерения, создание в ускорителе поля определенной конфигурации. Задача математически сводится к минимизации функционала

$$\Phi = \int (\bar{H}(M) - \bar{H}_3(M))^2 dV$$

для рабочего объема V ускорителя, где \bar{H} - поле, близкое к расчетному (теоретически необходимому для эффективного ускорения частиц), а $\bar{H}_3(M)$ - реальное поле в точках M объема.

В ряде установок это поле формируется заданием токов j_i в обмотку N катушек. В таком случае решение задачи поддержания в ускорителе допустимого поля включает в себя определение теоретических установочных токов j_i^0 (что сводится к решению достаточно сложного уравнения, зависящего от конфигурации катушек), контроль за возможным отклонением конфигурации поля за пределы допустимого, определение поправок Δj_i к установочным токам (эта задача сводится к решению системы N линейных алгебраических уравнений). Весь процесс формирования и "поддержания" магнитного поля в установке практически оказывается итеративным.

Слежение за полями и токами, в том числе вычисление и выдачу поправок к токам можно возложить на небольшую ЭВМ. Сложные вычислительные задачи (определение токов j_i^0 , вычисление элементов обратной матрицы для системы уравнений с неизвестными Δj_i) приходится переадресовывать машинам с большой памятью и быстродействием (тип БЭСМ-6). Снова возникает потребность в обеспечении взаимодействия машин разных классов для решения одной задачи управления установкой, ибо использовать для полного управления (в реальном масштабе времени) каждой установкой собственную мощную ЭВМ дорого и поэтому практически невозможно.

Можно, конечно, как-то решать такие задачи и "в режиме *off-line*", перенося информацию между машинами на перфоленте или магнитной ленте, если машины оснащены однотипными или взаимозаменяемыми магнитофонами. В полной же мере проблема автоматизации взаимодействия машин решается лишь устройством связи (типа кабельной) между ними.

В сложных экспериментальных установках естественно выделяются функционально разные аппаратурные узлы, для которых требуется организация независимого управления или сбора информации, и это не всегда можно осуществить с помощью одной ЭВМ для всей установки: приходится проектировать применение нескольких ЭВМ для непосредственной связи с аппаратурой и "средней" ЭВМ для общего контроля хода эксперимента и связи с мощной ЭВМ.

Итак, возникает потребность в многомашинной системе, пример элемента которой можно представить следующей схемой:

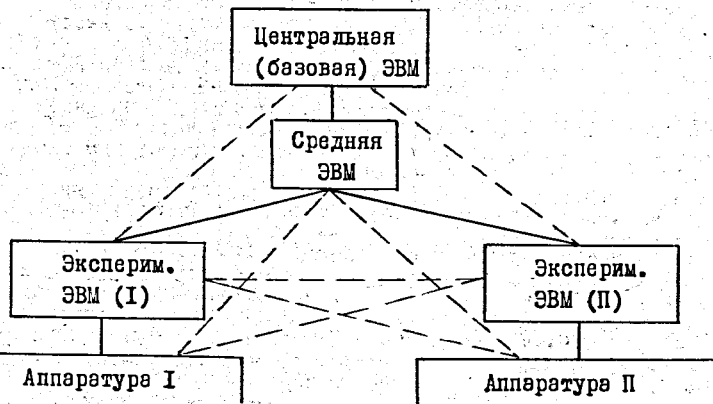


Рис. I. Элемент системы сбора информации и управления

Пунктирными линиями здесь представлены необязательные, подстраховочные связи на случай выхода из строя той или иной машины.

Существует, наконец, проблема организации разовых расчетов и отладки новых задач на больших ЭВМ, связанная, в частности, с проведением исследований теоретического плана. Так, сейчас в ОИЯИ в течение дня на БЭСМ-6 поступает порядка 30-40 отладочных работ от Лаборатории высоких энергий, 20 - от Лаборатории нейтронной физики, и т.д. В условиях отдаленности БЭСМ-6 от ее пользователей становится необходимым оборудование выносных пультов индивидуального или группового пользования. Один из выходов - организация станций ввода пакетов задач, передающих их содержимое по линиям связи в базовую ЭВМ и принимающих для вывода на свои устройства результаты прохождения этих задач в базовой ЭВМ. Основой такой станции может быть либо одна из машин схемы I, либо особая небольшая ЭВМ и подключаемый к ней набор устройств: читающее (с карт), печатающее, магнитофон и т.п.

Как видно, из необходимости решения указанных проблем следует необходимость создания многомашинного комплекса, сложного как с инженерной, так и с математической точки зрения: здесь возникает не только требование на обеспечение машин трансляторами (с ФОРТРАНА, автокда и т.д.), но и требование на создание развитого аппарата библиотек программ, и особенно для центральных ЭВМ, к которым сходятся все связи; на разработку комплекса системных программ для обеспечения взаимодействия машин и его контроля, и т.д.

Если говорить об обеспечении машин "самих по себе" (безотносительно к их включению в комплекс), то достаточной и практически необходимой, как кажется, является для каждой из них следующая система подготовки рабочих программ^{/7-9/} (система программирования):

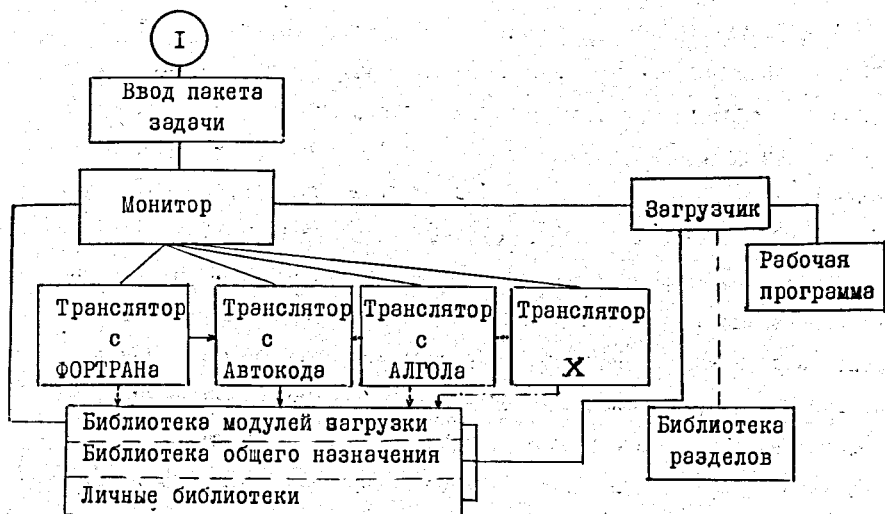


Рис. 2. Вариант системы программирования

Под пакетом задачи здесь понимается совокупность карт (или их образов на внешней памяти машины) трех типов: карты программы, данных и управляющие карты. Первая группа есть носитель, вообще говоря, разноязыковой программы: какая-то ее часть может быть написана на ФОРТРАНе, какая-то — на автокоде, АЛГОЛе и т.п.; часть программ может быть набор модулей загрузки (результаты трансляций). Управляющие карты — это, в основном, директивы системы программирования или фактические параметры ее частей (программ перекодировки, трансляторов, программ редактирования и т.п.). В сущности, на уровне подготовки рабочих программ (рис. 2) именно набор этих директив является программой для машины; эта программа исполняется системой программирования, головным разделом которой является монитор. В его функции входит обработка и организация исполнения директив, вызов необходимого транслятора (по директиве или без нее) и передача ему фактических параметров для задания режима его работы, вызов систем-

ных средств редактирования текстов, формирование библиотек, выдачи сведений о них, содержимого их частей и т.д.

Вызов транслятора должен делаться для части текста программы, представляющего собой замкнутую подпрограмму или процедуру: вряд ли целесообразно допускать использование разных языков при написании отдельной подпрограммы, поскольку это приводит, как правило, к серьезной переделке таких подпрограмм, когда их приходится применять на разных машинах.

К организации любого транслятора, включаемого в такую систему, предъявляется лишь одно общее требование: результатом его работы над текстом должен быть модуль загрузки (стандартный массив) единого для всех трансляторов формата.

Предпочтительно, чтобы любой транслятор с языка, более сложного, чем автокод, выходил в конце концов на транслятор с автокода для оформления модуля загрузки (на начало транслятора, если автор подпрограммы хочет получить ее автокодный текст в качестве промежуточного языка трансляции, или его выходные блоки). Это не исключает возможности использования, например, языка ФОРТРАН в качестве промежуточного при трансляции с какого-то языка X.

При наличии в задаче директив на сборку рабочей программы и счет эта работа поручается загрузчику: исходным материалом для сборки являются совокупность модулей загрузки, полученная при обработке пакета задачи: содержимое личных библиотек — архивов пользователя (также в виде модулей) и библиотеки общего назначения (общего архива стандартных подпрограмм, процедур и функций).

Для машин с небольшой оперативной памятью и невысоким быстродействием наряду с другими (например, режимом интерпретации, как это сделано в серийном обеспечении БЭСМ-4) приходится предусматривать^{10/} режим, определяемый полуавтоматической сегментацией рабочих программ: пользователь описывает директивами дерево разделов, составляющих его программу; узлами дерева являются наименования го-

ловных подпрограмм разделов. Когда модули загрузки, соответствующие подпрограммам, сами содержат информацию о вызываемых ими подпрограммах и внешних массивах, то директивной информации достаточно для того, чтобы загрузчик до вывода программы на счет подготовил библиотеку разделов (программных кусков в абсолютных математических адресах) на внешней памяти машины: в вызываемых разделах проставляются ссылки на элементы этой библиотеки, являющиеся вызываемыми разделами.

Пакет задачи может и не содержать в явном виде программу, если она была когда-то отложена и включена в личный архив пользователя или общую библиотеку: в таком случае для запуска программы на счет достаточно включения в пакет специальной директивы с указанием, например, имени программы. Равным образом не обязательно включение в состав пакета информации, обрабатываемой программой (числовых или текстовых данных), поскольку программа должна иметь возможность в процессе счета ввести эти данные с внешней памяти машины.

С внешней памятью машины, откуда поступают пакеты задач или данные, можно отождествлять и собственно внешние устройства машины (читающие с карт, перфоленты, магнитной ленты, барабанов, дисков) и такие устройства, как терминалы пользователей и машины. Такое отождествление и приходится предусматривать для операционной системы центральных машин комплекса (см. рис. 1); система программирования этих машин становится расширением систем программирования подсоединенных к ним машин.

По существу, системное математическое обеспечение комплекса института типа ОИЯИ при широте и разнородности его задач приходится разрабатывать как обеспечение универсальной системы.

Известны основные общие принципы использования, режимы и средства, предусматриваемые математическим обеспечением комплексов, такие, как

1. Дистанционная пакетная обработка задач;
2. Разговорный интерактивный режим (при подключении терминалов)
3. Распараллеливание алгоритмов на разных машинах;
4. Организация банков программы и данных и средства работы с ними.

Не все эти возможности удается реализовать в каждом комплексе (по крайней мере сразу), часто приходится выбирать, с чего начать. В связи с этим хотелось бы привести одно замечание, сделанное при обзоре состояния программирования за рубежом в 1970 году и относящееся к системам коллективного пользования (см. /11/):

"По организации работы на системах коллективного пользования сейчас совершенно определено на первое место выходит дистанционная пакетная обработка; не будучи столь экзотичной, как разговорный режим, и не предъявляя чрезмерных требований к реактивности и внутренней организации системы, она в то же время приносит очевидные выгоды, сокращая время прохождения и избавляя пользователя от капитальных расходов".

Это не значит, что из приведенных выше четырех пунктов первый является простейшим в реализации: наличие в операционных системах двух связанных машин макроопераций обмена массивами уже позволяет говорить о наличии простейшего аппарата распараллеливания алгоритмов, для реализации же дистанционной пакетной обработки это лишь первое необходимое условие. Для центральной машины (типа БЭСМ-6 в ОИЯИ) комплекса возникает следующий вариант доступа к ее системе программирования /12/:

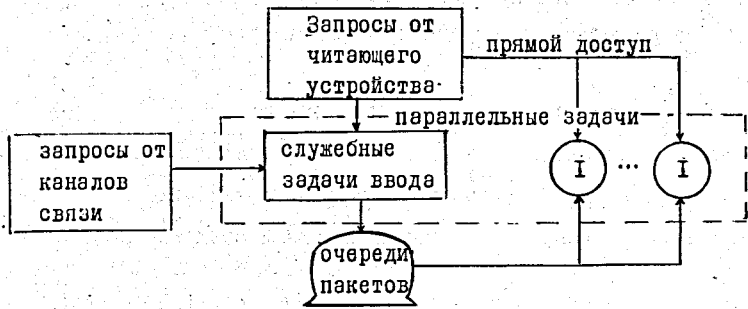


Рис. 3. Доступ к системе программирования

Здесь вход I имеет тот же смысл, что и на рис.2. Предполагается, что можно начинать одновременную обработку нескольких пакетов, образуя параллельные задачи на машине. Задача для обработки определенного пакета, поступающего с читающего устройства, может быть образована немедленно (режим прямого доступа, задаваемый оператором) либо после прохождения пакета через очередь (на магнитных барабанах, ленте или диске).

Как следует из сказанного ранее, рабочая программа пользователя, подготовленная системой по схеме 3, должна иметь возможность самостоятельных обращений к внешней памяти машины, и, в том числе, к каналам связей с другими машинами (скажем, через системные макрооперации, через обращения к подпрограммам обмена на уровне языков ФОРТРАН и АДГОЛ).

Для решения указанных выше задач в ОИЯИ была спроектирована система машин, представленная на рис. 4, и разработано математическое обеспечение, в основу реализации которого были положены сформулированные здесь соображения (см. также /14/). Разработка началась в 1966 году с реализации проекта мониторинной системы программирования для ЭВМ БЭСМ-6 по соглашению между математиками ОИЯИ и отдела программирования Вычислительного центра ИГУ. Система подключалась к операционной системе сарийного варианта БЭСМ-6 со-

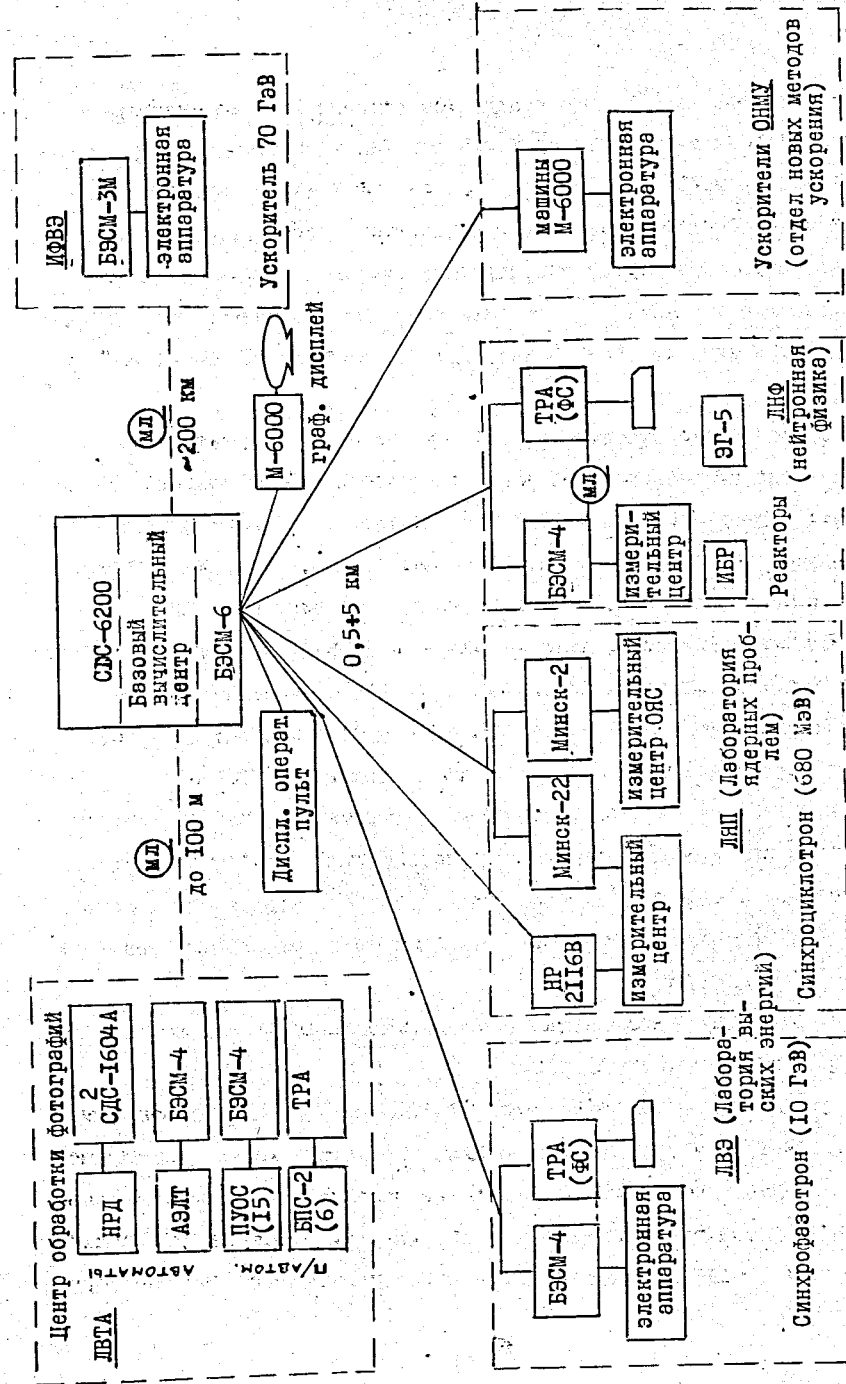


Рис. 4. Измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) ОИЯИ

гласно требованиям^{19/}. В операционной системе не было программ, обеспечивавших какие-либо средства доступа к системе программирования, кроме прямого (рис.3). Это явилось одной из причин, по которым после завершения основных работ по системе программирования была начата разработка версий операционной системы, получившей потом названия ДД-71 и ДД-73/15-18/. Одновременно шла разработка системы программирования по схеме 3 для основной средней ЭВМ ОИЯИ: БЭСМ-4/10, 14/.

Сдачей в эксплуатацию в 1972 году базового варианта этой системы в основном завершилось решение проблемы предоставления пользователям языков автокода и ФОРТРАНа в качестве основных языков программирования на ЭВМ четырнадцати наименований, входящих в состав системы машин ИВК ОИЯИ. Это не означает, что версии ФОРТРАНа на всех машинах одинаковы, даже на БЭСМ-4 и БЭСМ-6, трансляторы для которых разрабатывались в ОИЯИ. Так, версия 1972 года для БЭСМ-4 представляет собою в сущности ФОРТРАН-П и лишь к концу 1974 года должна быть достигнута совместимость с языком для БЭСМ-6.

Как следует из вышеизложенного, одной из основных в условиях ОИЯИ является проблема обмена информацией между машинами, передачи информации на большие ЭВМ (см. также^{19, 20/}). Она решается двумя основными способами (неосновным является обмен информацией на перфокартах, перфоленте):

- 1) Установкой взаимозаменяемых магнитофонов на разнотипных ЭВМ;
- 2) Устройством линий связи.

После установки магнитофонов типа СДС-608 на БЭСМ-4 в Лаборатории нейтронной физики и на БЭСМ-6, а также прокладки кабеля упомянутые машины получили оба способа обмена. Для измерительно-вычислительного центра Лаборатории ядерных проблем, базирующегося на ЭВМ Минск2, Минск-22 и НР-2116В, линии связи - пока единственное средство пере-

дачи информации в центральный вычислительный комплекс.

При проектировании мы отдавали себе отчет в том, что с помощью "экспериментальных" ЭВМ полную дистанционную пакетную обработку не реализовать из-за их занятости, нужна организация выносных станций ввода-вывода группового пользования, а затем и индивидуальных пультов. Необходимый набор устройств, составляющих такую станцию^{13/}: малая ЭВМ с минимальным размером памяти в 8К; читающее устройство с перфокарт (ЧУ), способное вводить образы (копии) карт; читающее устройство (ФС) с перфоленты; широкоформатная печать (АЦПУ); телетайп (ТТ); перфораторы (ленточный и карточный); магнитофон, графопостроитель. Пожертвовать здесь можно лишь карточным перфоратором и графопостроителем (что нам и пришлось сделать). Задачей станции в первую очередь является формирование пакетов из информации, поступающей с ЧУ, ФС, ТТ, магнитофона.

Составные части одного пакета (управляющие карты, программы, данные) могут поступать с разных устройств: переход с устройства на устройство организуется, например, с помощью специальных приказов формирования пакетов, заранее заготовленных и поступающих в процессе ввода пакета. Выполнение приказов, задающих режимы работы станции, есть функция математического обеспечения ее ЭВМ: назовем его мониторной системой станции. Формирование пакета должно производиться по принципу, понятному из примера. Пусть станция подключена к ЭВМ БЭСМ-6 с упомянутым выше обеспечением^{14/}, в том числе диспетчером ДД-73. Типичной задачей пользователя БЭСМ-6 в комплексе ОИЯИ можно считать следующую задачу. Пользователь имеет на магнитной ленте с номером 123 и именем ХУЗ, хранящейся при БЭСМ-6, личный библиотечный архив программ (набор модулей загрузки) обработки экспериментальных данных. В процессе эксперимента на магнитной ленте получен некоторый набор данных, подлежащий обработке на

БЭСМ-6 с помощью одной из архивных программ (ABC) данного пользователя, имеющего в системе БЭСМ-6 специальный пароль (шифр) XXX и ресурс времени. Для обработки указанного набора необходимо время в пределах часа.

Если выполнение такой работы желательно инициировать через выносную станцию, достаточно организовать ввод через ее читающее устройство или телетайп пакета вида (при этом на магнитофон станции ставится лента с набором данных):

```
*NAME ИВАНОВ
*ASSIGN TIME 1.00
*PASS XXX
*ASSIGN TAPE (1)
*CHECK (1) 123 XYZ
*PERSONAL LIBRARY
*MAIN ABC
*EXECUTE
*BINARY
$MФ
*END BINARY
*END FILE
```

Символом * помечены указания системе БЭСМ-6; символом \$ - мониторной системе станции (в данном случае - указание на считывание следующей части пакета с магнитофона. В нашей реализации вместо МФ указывается CDC).

Если сформированный пакет будет передан по каналу связи, поставлен без анализа в очередь согласно схеме 3 и затем пойдет в обработку в качестве одной из задач БЭСМ-6, то заведомо произойдет временная приостановка этой задачи из-за отсутствия на магнитофонах ленты с программным архивом. По существу необходима выдача преду-

предительных сообщений оператору базовой ЭВМ. Сообщение о постановке лент для данной задачи может быть сформировано самой системой БЭСМ-6 во время приема пакета или перед выбором из очереди - на базе информации в тексте управляющих карт пакета. Однако для организации оперативной работы станции необходимо сообщение оператору базовой ЭВМ списка номеров всех бобин, необходимых для счета серии задач, до передачи соответствующих пакетов. Это лишь один из примеров, доказывающих, что пакеты задач - не единственный вид информации, подлежащей подготовке на станции и передаче в канал связи: вторым видом являются приказы-сообщения системе математического обеспечения или оператору базовой ЭВМ.

Информацию, получаемую станцией от базовой ЭВМ, составляют полностью сформированные выходные файлы задач и служебная информация.

Примером служебной информации является сведения о дате приема на базовой ЭВМ пакетов задач; метки носителя очереди, в которую попали пакеты; порядковые номера постановки в очередь. Выходной файл задачи, вообще говоря, представляет собою смесь текстов, подлежащих выдаче на печать, и данных для вывода на перфораторы и для управления графопостроителем /16, 17/. Носителем выходных файлов являются магнитные ленты (ленты вывода), диски или барабаны базовой ЭВМ. Предпочтительно иметь единый формат выходных файлов задач, независимо от того, порождены они потоковой пакетной обработкой (дистанционной или обычной, при самой базовой машине) или одиночным режимом прохождения задач /16/. При этом естественно реализуется следующая схема (в случае, когда носителем файлов является лента, как это пока сделано на БЭСМ-6 в ОИИ из-за отсутствия дисков):

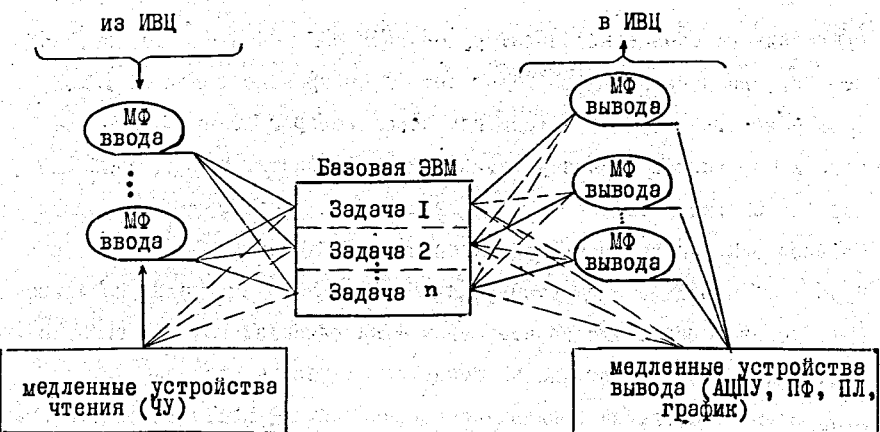


Рис. 5. Возможные пути входных (пакеты) и выходных файлов в системе пакетной обработки

Здесь задачи I ... задача n - параллельные задачи (каждой соответствует вход I на рис. 3), решаемые операционной системой базовой ЭВМ в мультипрограммном режиме; под одним номером может проходить последовательную обработку целая серия пакетов (поток). Вывод информации на медленные внешние устройства (от приказов типа PRINT, RUNCH и т.п. в терминологии языка ФОРТРАН) для любой из задач идет непосредственно (нестандартный режим, по указанию оператором номера задачи и типа вывода либо по указанию в самом пакете, пришедшем с периферии), или через предварительную буферизацию на магнитофонах с лентами вывода. В лучшем случае количество таких магнитофонов равно количеству одновременно решаемых задач; в худшем (для стандартного режима) - это один магнитофон.

При едином формате выходных файлов те из них, которые образовались для присланных с периферии из измерительно-вычислительных центров (ИВЦ) задач, могут быть при необходимости выведены на медленные внешние устройства базовой ЭВМ той же самой служебной задачей, которая организует вывод файлов задач базового центра (каталоги очере-

дей также можно выбрать по одному формату: сюда входят имена задач, взятые из их пакетов; адреса на ленте; номера, соответствующие идентификаторам периферийных хозяев файлов: ИВЦ).

Указанный способ доступа к базовой ЭВМ естественно делать общим для всех машин и индивидуальных пультов, подключаемых к ней. Однако его оказывается недостаточно и, в частности потому, что при таком способе решаемая на базовой ЭВМ задача не может в реальном масштабе времени ее прохождения обмениваться информацией по линиям связи с установками в ИВЦ (машинами, пультами), что по целому ряду причин обеспечить необходимо.

Такой обмен становится уже возможным, когда в состав общих библиотечных системных подпрограмм базовой ЭВМ включаются подпрограммы чтения (READ) и записи (WRITE), параметрами которых являются/12/: имя массива (файла), количество значений его элементов, номера или идентификаторы линии связи и абонента на этой линии. Контроль готовности и качества обмена ведется операционной системой базовой ЭВМ, однако он может быть частично передан самой задаче по ее заявке. На БЭСМ-6 в ОИЯИ сейчас это достигается так: задача пользователя, обращающаяся к подпрограммам READ или WRITE, включает в свой текст общий с этими подпрограммами блок данных (типа COMMON в терминологии языка ФОРТРАН) и определением ненулевого значения первого элемента этого блока делает заявку на взятие контроля на себя; в таком случае после обращения к этим подпрограммам она может проверять содержимое элементов общего блока, где сообщается о поступлении признака конца файла (при чтении), об отсутствии ответа с линии связи на запросы, о неготовности абонента на линии связи к обмену, об ошибках обмена (устойчивые сбои по четности и т.д.). При описанном взятии контроля на себя задача пользователя сама принимает решения в сбойных ситуациях.

Для обеспечения удобной работы приходится предоставлять за-
даче пользователя три режима входа в подпрограммы указанного типа в
смысле, практически совпадающем с определенным в работе^{/21/}; режим
ожидания, режим опроса и режим асинхронного входа.

По техническому проекту^{/13/} связи базовой ЭВМ (БЭСМ-6) рас-
считывались на использовании 8 независимых линий, подключаемых к ее
быстроу автономному каналу типа ленточного (т.н. 7-е направление),
для возможного подключения 32 ЭВМ (по 4 на линию, через коммутато-
ры ИВЦ). Неопределенность сроков подключения и полного перечня ти-
пов ЭВМ, которым будет нужна связь с ЦВК, выдвинула следующее тре-
бование: системные математические программы базовой ЭВМ не различа-
ют машин-абонентов в ИВЦ по типам. Это значит, что при техническом
подключении какой-то новой ЭВМ в указанных программах БЭСМ-6 может
не меняться ни одной команды, но сама реализация подключения и про-
граммы новой ЭВМ должны это учитывать.

Выполнению такого требования содействует, в частности, способ
передачи информации по линиям связи 8-разрядными байтами (со сбор-
кой их в слове БЭСМ-6 на уровне приема информации в ее память и
разборкой при выдаче).

Итак, система БЭСМ-6 должна отличать по адресам (номерам) до
32 ЭВМ - абонентов. Возникает проблема совмещения работы нескольких
ЭВМ с БЭСМ-6 и оперативного контроля работы всей системы. Сейчас
при эксплуатации диспетчера ДД-73 на БЭСМ-6 могут проходить в мульт-
типпрограммном режиме три задачи пользователей ($n=3$, см. схему 5),
и в этом режиме все они могут одновременно работать с линиями связи
по программам типа READ и WRITE, при этом каждая из них имеет
презо работать с любым набором линий связи в ИВЦ. В дополнение к
этим трем задачам может проходить до 4 служебных задач. Если сре-
ди них имеется задача, организующая прием пакетов и рассылку выход-

ных файлов задач (листинги и т.п.), то она может обслуживать только
одну (из восьми) линию связи на время приема одного пакета, т.е.
образов карт одной задачи, или на время выдачи одного файла. Причи-
ной является ленточная ориентированность реализации дистанционной
пакетной обработки задач, пока к БЭСМ-6 не подключены диски: в ре-
зультате лента ввода (рис. 5) может содержать произвольное сочета-
ние пакетов задач с разных линий связи (номера линий и абонентов,
а также имена и адреса размещения пакетов входят в состав каталога
такой ленты), однако содержимое одного пакета или файла занимает
непрерывный промежуток памяти на ленте. Одновременно с указанной
работой служебными задачами БЭСМ-6 могут выполняться и такие виды
работ, как ввод пакетов с собственных читающих устройств этой маши-
ны, вывод содержимого выходных лент на медленные внешние устройства
типа АЦПУ и т.д. Следует сразу отметить, что обслуживание медленных
внешних устройств базовой ЭВМ следовало бы снять полностью или час-
тично с этой ЭВМ, поскольку оно заметно снижает ее производитель-
ность, и перепоручить его станции ввода-вывода^{/13/}.

Назначение и комплектация такой станции - практически те же,
что и для выносной станции, за одним исключением: желательно, чтобы
она имела связь с базовой ЭВМ не только прямую (типа канал \leftrightarrow канал),
но и через общую внешнюю память (диски, магнитофоны), причем техни-
чески и программно^{/14/} должны быть предусмотрены режимы автономного
доступа к этой памяти для каждой из машин - и одновременного досту-
па для обеих машин: согласование их совместной работы проводится в
таком случае по прямой связи. Так, для организации описанной выше
поточковой пакетной обработки станция запрашивает у базовой ЭВМ раз-
решения на заполнение ленты ввода (см. схему 5) или разгрузку ленты
вывода. При согласии операционная система базовой ЭВМ блокирует для
своих задач работу с соответствующим магнитофоном и сообщает его но-

мер и разрешение на работу станции. В конце работы производится обратная передача магнитофона. В свою очередь, по инициативе базовой ЭВМ сообщением по прямой связи может быть поручена работа с магнитофоном для разгрузки ленты вывода.

Как видно, актуальной задачей является организация эффективного оперативного контроля работы базовой ЭВМ в комплексе машин типа представленной на схеме 4. Эффективность зависит от того, насколько полно и быстро получает оператор от системы математического обеспечения базовой ЭВМ информацию о ее работе, ресурсах и возможностях.

Здесь включается, в частности, (см. также /22-24/): протокол работы отдельных устройств машины, системы в целом и по каждой задаче; общая сводка о статусе задач, проходящих в мультипрограммном режиме, в том числе по каждой задаче пользователя - ее имя, шифр и приоритет, заказанное и текущее использованное время, заказанные и используемые номера лент и магнитофонов, адрес ЭВМ, приславшей задачу, и т.п.; каталоги входных и выходных очередей; подробная информация о статусе внешних устройств, в том числе внешних машин-абонентов, и т.д.

В свою очередь, система должна понимать большой набор директив оператора, вмешивающегося в ее стандартный режим работы.

Техническое оснащение серийной ЭВМ БЭСМ-6, ставшей базовой ЭВМ в ОИЯИ, недостаточно для организации такого оперативного контроля. Один из выходов - это использование экранных пультов - дисплеев (см/13, 22-24/). В зависимости от класса устройства, выбираемого в качестве пульты (наличия собственной памяти для регенерации изображений, средств автономной регенерации, генератора символов), оно может подключаться к БЭСМ-6 непосредственно или через малую ЭВМ такого же класса, как и используемые для реализации станций ввода-вывода. К первому виду относятся алфавитно-цифровые устройства типа СИД-2000, Видеотон-340 и т.п.; ко второму - НЕ - 60I/1 и другие.

Детальное освещение вопросов реализации приведенных выше соображений для создания системы машин ОИЯИ и составляет основное содержание диссертации.

Во введении характеризуется общая постановка задачи создания системы, продиктованная условиями проведения научных исследований в ОИЯИ. По существу, эти условия являются общими для большинства крупных физических центров. Изложены предпосылки введения алгоритмического языка ФОРТРАН в качестве необходимого входного языка для средних и больших ЭВМ (БЭСМ-6, БЭСМ-4) в системе машин ОИЯИ. Приведены общие соображения о способах обмена информацией между машинами и условия создания связанной системы. Даны некоторые оценки потоков информации в системе, принявшиеся за основу на этапе ее проектирования и разработки математического обеспечения взаимодействия ее элементов.

Глава I посвящена обзору реализации некоторых многомашинных систем и режимов их использования в зарубежных и отечественных исследовательских центрах. Вопросы обеспечения независимо работающих машин в системах зарубежных центров практически не рассматриваются, поскольку разработчики систем ориентировались на готовое обеспечение.

В разделе I.2 описываются варианты систем западноевропейского центра ядерных исследований (ЦЕРН), в том числе проектируемый. Основное внимание здесь уделено подсистеме FOCUS, связавшей ЭВМ и терминалы экспериментальных подразделений ЦЕРН с его базовыми машинами фирмы CDC (серии 6000) через машину-посредник, заведующую банком файлов программ и данных. FOCUS была использована и для других реализаций: в частности, системы БРУКНЕТ в Брукхайвене.

В разделах I.3-I.4 кратко описаны системы в Брукхайвене (БРУКНЕТ), Беркли, Дэрисбури и Ливерморе (OSTOPUS).

Раздел I.6 посвящен некоторым отечественным разработкам, информация о которых стала доступна автору диссертации: в ВЦ СО АН СССР, ИИМ, ВЦ АН СССР, ИТМ и ВТ, ИФВЭ, ИК АН УССР, ИАЭ, ИТЭФ и др. Некоторая информация, касающаяся этих разработок, содержится также в главах 2, 3 и заключении.

В главе 2 описывается в основном та часть математического обеспечения ЭВМ БЭСМ-6 (базовой машины комплекса ОИЯИ), которая была сделана для независимой работы этой машины, т.е. безотносительно к тому, включается ли БЭСМ-6 в какой-либо многомашинный комплекс с линиями связи. Однако, если не говорить об описании транслятора с языка ФОРТРАН, потоковой обработки и способов управления, то некоторая детализация дается только по тем программным кускам, без информации о которых трудно дать далее представление о включении БЭСМ-6 в комплекс.

В разделе 2.1 дается самое общее представление о системе программирования, получившей название мониторной системы "Дубна"/25-28/, о возможностях, предоставляемых пользователю БЭСМ-6 для составления "многоязыкового" задания (пакета) и для реализации доступа к персональным и общим программным архивам.

Приводится краткая характеристика библиотеки программ общего назначения, комплектуемой на базе программ физиков и математиков ЦЕРН, ОИЯИ и ряда организаций, эксплуатирующих БЭСМ-6; одним из источников информации для этой комплектации являются также материалы С.Р.С. - библиотеки при Университете в Белфасте, организованной для нужд физиков западных исследовательских центров.

В связи с последующим изложением материала по транслятору с языка ФОРТРАН характеризуются особенности включения трансляторов в мониторную систему.

В разделе 2.2 описывается назначение, структура и функционирование транслятора с версии языка ФОРТРАН, практически совпадающей с версией SEIN FORTRAN и весьма близкой к ФОРТРАН-IV. Транслятор/25, 29-33/, вызываемый для обработки отдельной подпрограммы, осуществляет пооператорное преобразование ее текста (в ISO - коде) в запись (OUTLIS - код), практически совпадающую с автокодной. При этом преобразовании применяются промежуточные языки трансляции (Σ -код, P_i - код, F - код). Исходный текст оператора исключается из рассмотрения сразу после его преобразования из ISO -кода в Σ -код, когда определен тип оператора и произведено выделение в тексте идентификаторов, констант, разделителей, знаков операций. Большинство операторов сразу проходит цепочку преобразований типа ISO \rightarrow Σ \rightarrow P_i \rightarrow F \rightarrow OUTLIS, и только декларативные операторы типа COMMON, EQUIVALENCE и DATA буферизуются в Σ -виде и обрабатываются полностью лишь по поступлении на трансляцию первого выполняемого оператора в подпрограмме. При промежуточных преобразованиях операторов составляются и используются для построения OUTLIS - записи таблицы констант описанных величин (во время работы декларативного процессора), простых неописанных переменных и функций, индексных переменных и функций, а также стандартных функций типа элементарных. Эти преобразования делаются в основном за один-два прохода по соответствующим записям каждого оператора. Программирование выражений предусматривает экономию вычислений совпадающих подвыражений; вычисление адресов элементов в массивах организуется либо в момент определения значений индексных переменных, входящих в состав их индексов (стандартный случай), либо непосредственно перед обращением к элементам массивов.

OUTLIS - запись подпрограммы после некоторых подчисток и вставок (например, ради сохранения на входе в подпрограмму значений

некоторых индексных регистров) становится входной информацией к транслятору с автокода MADLEN, преобразующему ее в модуль загрузки (стандартный массив).

Разделы 2.3-2.4 касаются проблем, связанных с реализацией на базе операционной системы БЭСМ-6 потоковой обработки задач при БЭСМ-6/14, 16, 17/ и межмашинных обменов/12, 14/.

Дается краткая справка о версиях диспетчеров ДД-71 и ДД-73, на основе которой описываются детали потоковой обработки и один из вариантов ее оперативного контроля. Система обработки является ленточно-ориентированной и соответствует описанной выше схеме 5. В ней предусмотрены режимы образования очередей образов пакетов задач и дозапись в очереди (директивами оператора). Начало обработки очередей производится директивами с указанием имени очереди или номера магнитофона (МФ ввода) и режима обработки, когда заказывается полная обработка очереди или выборочная (для определенного интервала номеров задач в очереди или для внешнего абонента, которому принадлежат ее элементы).

Для одной очереди может быть образовано до трех потоков обработки в мультипрограммном режиме. Способ вывода информации от прохождения потоков на внешние устройства машины типа АЦПУ может определяться и переопределяться в процессе обработки директивами оператора, в которых указываются номера потоков и тип вывода для каждого потока (либо предварительная буферизация на ленте, либо прямой вывод на внешние устройства). Предусмотрены меры по прекращению обработки определенных потоков или элементов в них, прекращению выдачи информации от отдельных элементов, программному контролю за состоянием очередей выходной информации.

Кратко изложен проектный вариант/24, 23/, подлежащий реализации в диспетчере типа ДД-71, ДД-73 для обеспечения управления про-

хождением задач на БЭСМ-6 с использованием дисплейных пультов.

В главе 3 изложены общие принципы и схемы реализации обмена информацией в системе машин ОИЯИ, где центральный вычислительный комплекс (ЦВК) с машинами БЭСМ-6 и СДС-6200 связан с ЭВМ измерительно-вычислительных центров (ИВЦ, см. рис. 4). В основном речь идет о кабельной связи с БЭСМ-6, на которой успели к настоящему времени поработать Минск-2 в измерительном центре отдела ядерной спектроскопии, БЭСМ-4 и выносная станция на базе ЭВМ ТРА - в Лаборатории нейтронной физики, выносная станция в Лаборатории высоких энергий (в порядке подготовки к сдаче в эксплуатацию), и ЭВМ М-6000 с графическим дисплеем в ЦВК. Техническое подключение других ЭВМ, указанных на рис. 4, еще не завершено.

В проекте/13/ предусматривалось также использование двух линий связи БЭСМ-6 со станцией ввода-вывода и ЭВМ ТРА (с дисплейным пультом) непосредственно при БЭСМ-6, однако разработки в ОИЯИ остались незавершенными и должны быть реализованы в будущем на другой технической основе. В частности, сейчас делается попытка использовать устройства типа СИД-1000 в качестве дисплейных операторских пультов БЭСМ-6.

В разделах 3.1-3.2 описаны структура ИВК ОИЯИ, аппаратура и линии связи. Приведен перечень сигналов и управляющей информации, с помощью которых устанавливается связь и синхронизация работы машин, и правила программируемого обмена сигналами. Указаны режимы выполнения команд обмена на БЭСМ-6, Минск-2, БЭСМ-4 (со специальным каналом, сделанным на основании стандартов для ЕС ЭВМ), ЭВМ типа ТРА и М-6000.

Раздел 3.3 посвящен вопросам обеспечения дистанционной пакетной обработки для всех подключаемых к БЭСМ-6 машин, когда они выполняют функции ее терминального оборудования, а также обмена информацией между программами (пользователей), проходящими на разных машинах.

Описаны общие правила формирования и схемы передачи пакетов, приказов и сообщений системе и оператору базовой ЭВМ, порядок и схема обработки в операционной системе БЭСМ-6 принятых пакетов, накопления и рассылки выходных файлов задач (информации, относящейся к выводу на медленные внешние устройства) - для реализации схем 3 и 5 и соображений, изложенных ранее в реферате в связи с этими схемами. Отмечено, что в процессе передачи пакетов (входных файлов) и приема выходных файлов терминальные ЭВМ получают от служебных задач БЭСМ-6 информацию о номере, времени регистрации файла и имени ленты с очередью файлов на базовой ЭВМ. Передача и прием осуществляются порциями по 8х6, (8+256)х6 или (1024+8)х6 байтов за время выполнения одной команды обмена. Рассылка выходных файлов делается по команде оператора БЭСМ-6 после поступления запроса от абонента. Одна магнитная лента может быть носителем очередей файлов для нескольких ЭВМ (идентификатором очереди является адрес ЭВМ). Попутно в главе 3 обсуждаются различные возможные варианты приема и рассылки файлов.

Пункт 3.3.4 раздела 3.3 описывает реализацию способов обмена информацией по инициативе задачи пользователя ИВК, обращающейся к системным подпрограммам типа READ и WRITE (см. выше). Этот режим обменов является дополнительным к режиму дистанционной пакетной обработки и должен служить основой для организации обменов между программами (пользователей), проходящими на разных ЭВМ, в реальном масштабе времени их счета. Описанный способ обмена дополняется сейчас Н.С.Зайкиным следующим средством его синхронизации: задача пользователя БЭСМ-6 может предупредить операционную систему о возможной инициативе со стороны линии связи (с каким-то номером), включить в свой состав программный блок (связанный с обменом) и указать диспетчеру БЭСМ-6 его адрес (метку, название), а также способ выхода из

этого блока. Одним из способов выхода является возврат на то место задачи, где она будет прервана поступлением запроса с заданной линии связи.

Глава 4 посвящена вопросам математического обеспечения подсистемы малых ЭВМ для решения задач, связанных с пакетной обработкой и управлением. В эту подсистему в первую очередь входят выносные станции ввода-вывода на базе малых ЭВМ и устройств, размещаемых в ИВЦ для ввода пакетов задач в БЭСМ-6 и выдачи результатов их обработки, с использованием системы дальних связей. Две таких станции (в Лабораториях нейтронной физики и высоких энергий) опробованы в работе, одна из них находится в нормальной эксплуатации. Их основой являются ЭВМ ТРА-1001 с комплектом устройств: телетайп, перфораторы, читающие с карт (УВВ К-601), АЦПУ-128-3. В состав станции ЛНФ входит и магнитофон, используемый для буферизации входных и выходных файлов задач. В разделе 4.2 охарактеризованы технические возможности такой станции, особенности программного управления со стороны ТРА указанными внешними устройствами (его пришлось разрабатывать самостоятельно) и подключения к аппаратуре связи. В разделе 4.3 кратко описывается реализация варианта мониторной системы станций для выполнения работ, указанных выше в реферате. Под управлением системы станция может работать в различных режимах, определяемых командами ее оператора, директивами во вводимых пакетах и запросами, поступающими из линии дальней связи. В частности, командами оператора определяется способ ввода и передачи пакета (непосредственно после ввода с медленных устройств - в линию связи, либо с предварительной буферизацией на ленте), тип передаваемой информации (пакет, сообщение) и направление выдачи печати (на телетайп или АЦПУ); с помощью директив можно управлять формированием пакета из порций, поступающих с различных устройств станции. Буферизация на ленте оказывается

чрезвычайно полезной для обеспечения надежного эксплуатационного режима работы станции, для уменьшения времени занятия линий связи, для редактирования входной и выходной информации (например, подготовки разметки строк для АЦПУ) в режиме off-line, повторных передач и т.д.

В разделе 4.4 описан вариант схемы математического обеспечения для станции ввода-вывода при БЭСМ-6 (в ЦВК) согласно проекту/13/ вариант приведенной в разделе 4.4 общей схемы практически независим от типа малой ЭВМ, поэтому может быть полезен для реализации в будущем станций при машине БЭСМ-6.

Раздел 4.5 характеризует проблемы математического обеспечения работы дисплейных операторских пультов при базовой ЭВМ типа БЭСМ-6. Приведены классификация оперативной информации (согласно/24/) оператору от системы и требования к составу языка директив от оператора системе. Указан один из путей реализации управления работой базовой ЭВМ с помощью пультов, подключаемых через малую ЭВМ.

В главе 5 описана реализация математического обеспечения машин класса БЭСМ-4, являющихся основными средними ЭВМ в ОИЯИ, выполненная в связи с их включением в комплекс ОИЯИ. Эта реализация свелась прежде всего к разработке системы программирования (по схеме 2, см. выше и /10, 14/), включающей в себя транслятор с версии языка ФОРТРАН, близкой к версии входного языка БЭСМ-6.

Краткая характеристика системы и транслятора дана в разделе 5.1.

Система воспринимает на обработку пакет задачи (пользователя), который может состоять из смеси модулей загрузки и подпрограмм на языках ФОРТРАН, автокод и языке макроассемблера (варианте "универсального" автокода, предложенном В.А.Загинайко/10/). Название языка, на котором написана подпрограмма, указывается в пакете предшест-

вующей ей директивой. Пакет может содержать информацию о сегментации задачи (описание дерева разделов, каждый из которых определяется указанием имени его головной подпрограммы), если она запускается на счет. Для задач сохраняется возможность обращения к стандартной интерпретирующей системе (ИС) БЭСМ-4.

Транслятор с языка ФОРТРАН по своей структуре и принципу работы похож на описанный в главе 2 транслятор для БЭСМ-6. Перевод текста подпрограммы производится в два приема: сначала составляется ее макровтокодное представление, а затем оно преобразуется в модуль загрузки. Аналогия с транслятором для БЭСМ-6 есть и в более мелких деталях. В частности, при программировании выражений они преобразуются в записи, подобные P_i-записям (см. выше), после чего из выражения выносятся в макровтокодный текст обращения к функциям, упрощившаяся запись размечается дополнительными "скобками" (для выделения подвыражений, однородных по старшинству знаков операций), организуется вынесение скобочных подвыражений. Совпадают алгоритмы трансляции операторов обмена и алгоритмы системных подпрограмм, реализующих этот обмен в процессе счета задачи, с первым вариантом соответствующих алгоритмов для БЭСМ-6.

В разделе 5.2 содержатся некоторые заметки об использовании канала стандарта ЕС ЭВМ на БЭСМ-4 в ИВК для обеспечения обмена информацией с машиной БЭСМ-6 в режиме off-line (через магнитофоны фирмы CDC) и on-line (через линии кабельной связи).

В заключении к диссертации отмечены перспективы развития комплекса машин ОИЯИ в связи с подключением к ним устройств из серии ЕС ЭВМ и проектом организации доступа по линиям связи не только к БЭСМ-6, но и к другим машинам ЦВК, в том числе к машине CDC серии 6000.

В качестве основных результатов работ, изложенных в диссертации, указываются следующие:

1. Разработано и создано математическое обеспечение автономно работающей ЭВМ БЭСМ-6, включающее в себя: транслятор с языка ФОРТРАН и подсистему для организации потоковой пакетной обработки задач.

2. Разработана и создана на БЭСМ-6 для включения ее в измерительно-вычислительный комплекс подсистема обслуживания линий связи БЭСМ-6 с периферийными машинами произвольного типа для обеспечения дистанционной пакетной обработки задач и совместной работы машин в реальном масштабе времени.

3. Разработано и создано математическое обеспечение удаленных от БЭСМ-6 станций ввода-вывода (на базе малых машин типа ТРА), а также детально разработаны принципы использования и работы станции ввода-вывода непосредственно при БЭСМ-6.

4. Разработано и создано математическое обеспечение для средних ЭВМ типа БЭСМ-4 для их включения в систему машин измерительно-вычислительного комплекса и обеспечения совместимости по языку ФОРТРАН с другими машинами.

5. Разработаны требования и вариант схемы реализации оперативного управления автономной работой БЭСМ-6 и ее совместной работой по линиям связи с периферийными ЭВМ.

Указанные результаты получены как результаты работы многих специалистов, с которыми автор диссертации был связан в той или иной степени. Так, на основном этапе разработки и создания полной системы математического обеспечения автономно работающей БЭСМ-6 автор диссертации был рядовым соразработчиком и программистом (в основном, для реализации транслятора с ФОРТРАНа). В таких частях этой системы, как диспетчер, монитор и загрузчик, определяющим был

вклад И.Н.Силина (ОИЯИ) и ряда других математиков, в том числе из ИАЗ им.Курчатова, ИВВЭ, ИТМ и ВТ, ВЦ АН СССР и ВЦ МГУ (в частности, дубненские варианты диспетчера были разработаны на основе диспетчера, выполненного группой математиков под руководством доктора физ.-мат. наук Л.Н.Королева). Без этого вклада выполнение работ по потоковой пакетной обработке задач и включению БЭСМ-6 в измерительно-вычислительный комплекс, непосредственным руководителем и одним из исполнителей которых был автор диссертации, было бы к настоящему времени невозможно: на этом этапе вместе с автором работали Н.С.Зайкин, О.Н.Ломидзе и Г.Л.Семашко, причем определяющим было участие Н.С.Зайкина.

При проведении под руководством автора диссертации работ по обеспечению выносных станций ввода-вывода и машин БЭСМ-4 (для включения их в измерительно-вычислительный комплекс) детальная проработка блок-схем программы и их реализация выполнены В.В.Галактионовым (по станциям), В.А.Загинайко (компилирующая система с транслятором с ФОРТРАНа), О.Н.Ломидзе (связь БЭСМ-4 с БЭСМ-6) и Т.П.Пузыниной (обеспечение работы БЭСМ-4 с магнитофоном СДС).

Проработка деталей проекта реализации управления через дисплейные пульты велась совместно с Г.Л.Семашко и В.В.Галактионовым.

Как было уже сказано во введении, описанная работа была печатана по инициативе члена-корреспондента АН СССР Н.Н.Говоруна и шла под общим руководством членов-корреспондентов АН СССР И.Г.Мещерякова и Н.Н.Говоруна.

Выполнение этой работы было бы невозможно также без инициативы и участия большого количества инженеров ЛВТА ОИЯИ.

Основные результаты работ, нашедших отражение в диссертации, докладывались на международных совещаниях по программированию и вычислительным методам решения физических задач (в Дубне,

в 1967-73 г.г., см./2, 14, 17, 19, 25/, на международных школах ОИЯИ по применению ЭВМ в экспериментальной физике (в г. Алушта, в 1968-70 г.г., см./4, 6, 22/), на конференции по вычислительной технике - 7I в Венгрии (Эстергом, 1971, см./27/), на Всесоюзных конференциях по программированию (ВКП-I и ВКП-2) в Киеве (1968 г., см./9, 29/) и Новосибирске (1970 г., см./20, 26/), на международном семинаре ТЕЖМО (Киев, 1973 г., см./24/) на заседаниях ассоциации пользователей БЭСМ-6, и опубликованы (см./2-6: 8, 9, 12-17, 19, 20, 22-33/).

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Н.Н.Говорун. Некоторые вопросы применения электронных вычислительных машин в физических исследованиях. Автореферат докт. диссертации. ОИЯИ IO-4437, Дубна, 1969.
2. Н.Н.Говорун, Д.Леч, Л.С.Нефедьева, И.Н.Силин, В.П.Шриков. О системе математического обслуживания на машине БЭСМ-6. ОИЯИ 5-3263, Дубна, 1967.
3. С.Аврамов, Л.Александров, И.А.Емелин, Г.И.Забиякин, Н.С.Земкин, Э.Зейдлер, Й.Звольски, Э.В.Лисенко, В.Н.Поляков, В.В.Федорин, В.И.Фоминих, М.И.Фоминих, В.М.Цупко-Ситников, В.П.Шриков. Автоматизация обработки спектрометрической информации с использованием системы ЭВМ Минск-2 - БЭСМ-6. Сообщение ОИЯИ, IO-6467, Дубна, 1972.
4. В.П.Шриков. Язык ФОРТРАН и программирование на нем. В сб. "ЭВМ в экспериментальной физике", т. I. ОИЯИ IO-4232, Дубна, 1968.
5. Язык ФОРТРАН (под ред. В.П.Шрикова). ОИЯИ II-4818, Дубна, 1969; Изд-во ВЦ МГУ, Москва, 1970.
6. В.П.Шриков. Языки программирования и их использование. В сб. "ЭВМ в экспериментальной физике", ОИЯИ IO-5255, Дубна, 1970.
7. Е.А.Логолев. Система автоматического программирования для машины БЭСМ-6. В сб. "Вычислительные методы и программирование, IX". Москва, Изд-во МГУ, 1967, стр. 3-17.
8. В.Д.Веретенков, Н.Н.Говорун, В.А.Ростовцев, И.Н.Силин, В.П.Шриков. Система математического обеспечения ЭВМ БЭСМ-6. ОИЯИ Б2-II-3908, Дубна, 1968.

9. В.Ю.Веретенев, Н.Н.Говорун, Е.А.Жоголев, В.П.Иванников, М.И.Кабанов, Л.Н.Королев, В.А.Ростовцев, И.Н.Силин, А.Н.Томилин, М.Г.Чайковский, В.П.Шириков. Вариант операционной системы для серийного образца машины БЭСМ-6. В сб. "Первая Всесоюзная конференция по программированию", выпуск Д. Изд. ИК АН УССР, г. Киев, 1968, стр. 25-45.
10. В.А.Загинайко. Реализация программ фортраноориентированного математического обеспечения ЭВМ с использованием макроссемблера. Автореферат канд. диссертации (рук. В.П.Шириков). ОИЯИ II-6419, Дубна, 1972.
11. А.П.Ершов. Программирование за рубежом. Труды 2-й Всесоюзной конференции по программированию (приглашенные доклады, 2-й выпуск). Изд. ВЦ СО АН СССР, г. Новосибирск, 1970.
12. Н.С.Зайкин, О.Н.Ломидзе, В.Н.Поляков, В.П.Шириков. Алгоритмы математического обеспечения линий связи в многомашинной системе ввода-вывода БЭСМ-6. ОИЯИ, Б1-II-5964, Дубна, 1971.
13. Г.И.Забиякин, В.С.Бородин, А.Ф.Виноградов, А.В.Владимиров, В.В.Галактионов, И.А.Емелин, Е.П.Калиниченко, В.Н.Поляков, В.И.Приходько, В.А.Ростовцев, В.Н.Садовников, И.Ф.Фурсов, Н.И.Чулков, Л.Бокач, Ф.Вайда, Й.Лукач, С.А.Щелев, М.Шандори, В.П.Шириков. Многомашинная система ввода-вывода БЭСМ-6 (техническая часть проекта). ОИЯИ Б1-10-4984, Дубна, 1970.
14. В.П.Шириков. Системное математическое обеспечение для комплекса вычислительных машин ОИЯИ. ОИЯИ Д10-7707, Дубна, янв. 1974.
15. В.Ю.Веретенев, М.И.Гуревич, А.В.Гусев, В.З.Житенев, Н.С.Зайкин, Г.Л.Каминский, О.Н.Ломидзе, И.Н.Силин, В.А.Федосеев, В.П.Шириков. Новый диспетчер для ЭВМ БЭСМ-6. ОИЯИ II-7059, Дубна, 1973.

16. Н.С.Зайкин, Г.Л.Семашко, В.П.Шириков. Пакетная обработка в системе математического обеспечения "Дубна" ЭВМ БЭСМ-6. ОИЯИ II-7241, Дубна, 1973.
17. Н.С.Зайкин, О.Н.Ломидзе, Г.Л.Семашко, В.П.Шириков. Пакетная обработка на БЭСМ-6 в ОИЯИ. ОИЯИ Д10-7707, Дубна, 1974.
18. И.Н.Силин. Диспетчер ДД73 машины БЭСМ-6. ОИЯИ Д10-7707, Дубна, 1974.
19. Н.Н.Говорун, В.А.Ростовцев, В.П.Шириков. О математическом обеспечении измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ "Дубна". ОИЯИ, II-4655, Дубна, 1969.
20. Н.Н.Говорун, В.А.Ростовцев, В.И.Семашко, В.П.Шириков. О математическом обеспечении системы машин измерительно-вычислительного центра ОИЯИ - Дубна. Труды 2-й Всесоюзной конференции по программированию, выпуск Б. Изд. ВЦ СО АН СССР, г. Новосибирск, 1970, стр. 43-59.
21. С.А.Усов, В.С.Штаркман. Организация связи БЭСМ-6 и SDS-910. Препринт ИПМ АН СССР, № 10, Москва, 1974.
22. В.В.Галактионов, В.П.Шириков. Программное управление прохождением задач с помощью дисплеев на больших ЭВМ. В сб. "ЭВМ в экспериментальной физике", ОИЯИ, IO-5255, Дубна, 1970.
23. Г.Л.Семашко, В.П.Шириков. Изменения в системе "Дубна", связанные с подключением визуального пульта к машине БЭСМ-6. ОИЯИ, Б1-II-7139, Дубна, 1973.
24. В.П.Шириков. Диалог в управлении ЭВМ фирмы CDC и БЭСМ-6. В журнале "Управляющие системы и машины", № 1, Изд-во "Наукова думка", г. Киев, 1974, стр. 38-43.
25. В.П.Шириков. Математическое обеспечение БЭСМ-6. ОИЯИ II-4655, Дубна, 1969, стр. 31-35.

26. Н.Н.Говорун, В.Ю.Веретенев, А.И.Волков, Н.С.Заикин, И.Н.Силин, Р.Н.Федорова, В.П.Шириков. Мониторная система "Дубна" для ЭВМ БЭСМ-6. Труды 2-й Всесоюзной конференции по программированию, выпуск X. Изд. ВЦ СО АН СССР, г. Новосибирск, 1970, стр. 5-24.
27. V.V.Galaktjionov, N.N.Govorun, N.Sz.Zaikin, O.N.Lomidse, G.L.Maznij, I.N.Szilin, R.N.Fedorova, V.P.Sirikov, BESM-6 Számítoger/Dubna/és sokszámítogeres ki/beviteli rendszer software ellátottság.
Труды конференции по вычислительной технике - 71.
Эстергом, Венгрия, 1971, стр. 203-214.
28. В.Ю.Веретенев, А.И.Волков, Н.Н.Говорун, В.А.Загинайко, Н.С.Заикин, Г.Л.Мазный, Р.В.Полякова, Г.Л.Семашко, И.Н.Силин, А.А.Хошенко, В.П.Шириков. Краткое описание системы "Дубна". ОИЯИ, Б2-11-7393, Дубна, 1973.
29. Э.Бродцински, В.Ю.Веретенев, П.Гизе, П.Гизе, Р.Гирр, Н.Н.Говорун, Н.С.Заикин, В.А.Загинайко, Д.Лёч, Э.Ловаш, Г.Л.Мазный, Р.В.Полякова, Г.Л.Семашко, И.Н.Силин, А.А.Хошенко, В.П.Шириков. Транслятор с языка ФОРТРАН для системы математического обеспечения БЭСМ-6. В сб. "Первая Всесоюзная конференция по программированию", выпуск V. Изд. ИК АН УССР, г. Киев, 1968, стр. 25-53.
30. Р.В.Полякова, В.П.Шириков. Обработка идентификаторов и упрощение арифметических выражений. ОИЯИ Б2-11-3907, Дубна, 1968 г., стр. 18-23.
31. Н.Н.Говорун, П.Гизе, П.Гизе, Н.С.Заикин, Д.Лёч, Э.Ловаш, Р.В.Полякова, Г.Л.Семашко, И.Н.Силин, А.А.Хошенко, В.П.Шириков. Система математического обеспечения ЭВМ БЭСМ-6: транслятор с ФОРТРАНа. Часть П. ОИЯИ Б1-11-7160, Дубна, 1973.

32. Э.Бродцински, Р.Гирр, Г.Л.Семашко, В.П.Шириков. Описание системы математического обеспечения БЭСМ-6: транслятор с ФОРТРАНа. Часть Ш. ОИЯИ Б1-11-7162, Дубна, 1973.
33. О.Вн Ир, В.П.Шириков. Новые возможности использования логических выражений при программировании на языке ФОРТРАН для ЭВМ БЭСМ-6. ОИЯИ 11-7396, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 августа 1974 года.