

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

М - 268

11 - 6464

А.С.Марков

РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ
ДЛЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН КЛАССА МИНСК-22

Специальность 01 010 - математическое программирование

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Дубна 1972

А.С.Марков

M-268

Работа выполнена в Институте физики высоких энергий.

Научный руководитель - кандидат физико-математических наук
С.Н.СОКОЛОВ.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, профессор Е.Л.ЮЩЕНКО,
кандидат физико-математических наук В.П.ШИРИКОВ.

Ведущее предприятие: ВЦ СО АН СССР, г.Новосибирск.

Автореферат разослан "5" июля 1972 г.

Защита диссертации состоится "6" сентября 1972 г.
на заседании Ученого совета Лаборатории вычислительной техники
и автоматизации.
г.Дубна, Московской обл.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

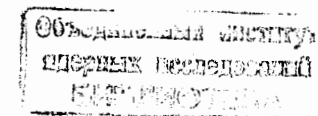
Е.А.ЛОГИНОВА

РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ
ДЛЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН КЛАССА МИНСК-22

Специальность 01 010 - математическое программирование

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)



Преимущества, которые предоставляет умелое использование современного компьютеринга пользователям – от отдельных работников до целых отраслей народного хозяйства, – вовлекают в область производства программного обеспечения все большее количество специалистов смежных областей. Статистика говорит о том, что если парк вычислительных машин в мире удваивается каждые два года, а производительность вычислительных машин – каждые 1,8 года, то производительность труда программистов удваивается лишь за 6–8 лет. При этом производительность труда системных программистов почти не меняется, в то время как объем программного обеспечения каждые 5 лет увеличивается в 10 раз^{1,2/}.

Это значит, что одни только программисты-профессионалы и, в частности, системные программисты, не в состоянии удовлетворить быстро растущие потребности новых применений вычислительных машин, и чем дальше, тем чаще потребителям приходится откладывать текущие дела и самим обеспечивать свои специфические интересы. Именно в таком положении оказались к середине 60-х годов физические центры ОИЯИ и ИФВЭ, вынужденные приняться за разработку систем автоматизации программирования на базе языка ФОРТРАН^{3,4/}.

Язык программирования ФОРТРАН наиболее распространен на Западе. Это живой язык, история развития которого отражает историю развития как программирования, так и вычислительной техники, – отсюда и недостатки, и достоинства языка, его жизнестойкость. Не уступая АЛГОЛу в универсальности, ФОРТРАН является, на наш взгляд, более практичным языком. Наличие обширной библиотеки программ на ФОРТРАНе, по объему превосходящей в области научных и инженерных применений библиотеки на других языках высокого уровня, делает его распространение и разработку фортранных трансляторов неотложным и экономически выгодным. ФОРТРАН, впитавший в себя основные черты современного программирования – принципы системности и модульности, – диктует теперь выполнение этих принципов разработчикам

транслятора с ФОРТРАНа, правильно ориентируя их в вопросах оптимального разделения функций между транслятором и операционной системой.

В диссертации нашли свое отражение ряд работ по оснащению машин типа Минск-22 и М-220 программным обеспечением, включающим трансляторы с ФОРТРАНа, мониторные системы и библиотеки. Эти работы, в которых автор в той или иной мере принимал участие, были выполнены в 1962-1968 годах в ИФВЭ и частично в ОИЯИ.

При создании программного обеспечения учитывался зарубежный опыт в организации и использовании аналогичных по целям систем программирования и опыт эксплуатации отечественных трансляторов с АЛГОЛа и автокода "Инженер".

В работе обсуждаются некоторые трудности, связанные с разработкой операционных систем при ограниченных ресурсах: сравнительно небольшом коллективе сотрудников, сжатых сроках, слабом программном обеспечении в начале работы, вычислительной установке со средним или малым быстродействием и с малой оперативной памятью.

Диссертация состоит из предисловия, введения, двух частей и заключения.

Введение содержит обзор основных направлений в современном программном обеспечении и методах его разработки. Проводится сравнительный анализ основных языков программирования, операционных систем и их взаимное влияние на развитие друг друга. Обсуждаются основные черты современных операционных систем - модульность, системность и др. Рассматриваются методы разработки программного обеспечения, особое внимание при этом уделяется методу "раскручивания" и языкам программирования для использования в разработке.

Первая часть состоит из 8 глав. Сведения, содержащиеся в этой части, соответствуют уровню аван-проекта разработки. Охвачены основные решения, подчеркнута общность в организации отдельных мониторных систем и их важнейшие особенности. В этой части работы дается постановка задачи разработки операционной системы, обсуждается методика разработки: метод "раскручивания". Приводится описание языка системных директив, связей основных частей системы и потоков информации между ними. Центральное место в работе отводится методу раскручивания на примере реализации тандемной операционной системы

для комплекса машин Минск-22 и М-220 как средству создания автономных систем для других машин. Обсуждается организация системных библиотек и, в частности, уделено внимание эффективным алгоритмам стандартных библиотечных подпрограмм. В диссертации рассматриваются также аппаратные средства вычислительных машин Минск-22 и М-220 с точки зрения автоматического программирования.

Первая глава этой части посвящена постановке задачи: целям разработки, выбору состава мониторной системы и выбору метода разработки.

Во второй главе дается базисное описание мониторных систем ИФВЭ, три варианта которых были разработаны и сданы в эксплуатацию в течение 1966-1970 годов. Эти варианты мониторной системы ИФВЭ объединены общей идеологией внешнего функционирования и внутренней организации.

На рисунке 1 изображена укрупненная блок-схема мониторной системы. Здесь указываются основные части системы, их взаимосвязь, основные потоки информации и связь пользователя с системой. Рисунок отражает иерархию и концентрический характер строения системы.

Рисунок 2 представляет собой схему прохождения задачи через систему. На нем выделено несколько циклов продвижения текста. В процессе отладки движение текста по некоторому циклу может закончиться переходом на другой - как с большим, так и с меньшим номером. Так, цикл I - приведение текста к виду, пригодному для передачи на трансляцию, цикл II - иллюстрация работы транслятора, в результате которой либо печатается диагностическое сообщение о синтаксических ошибках в подпрограмме, либо передается в библиотеки готовый объектный модуль.

Глава 3 описывает диагностические свойства мониторной системы. При разработке компиляторов стало правилом добиваться исчерпывающей диагностики. Меньше внимания обращается на диагностику аварийного прекращения работы объектной программы. Преобладающая точка зрения такова, что основные усилия следует направлять не на вскрытие причин возникновения аварийного прекращения рабочей программы, а на их предупреждение. При разработке мониторной системы ИФВЭ основные усилия были направлены на диагностику аварийных прерываний в ущерб отладочным средствам типа "прокрутки".

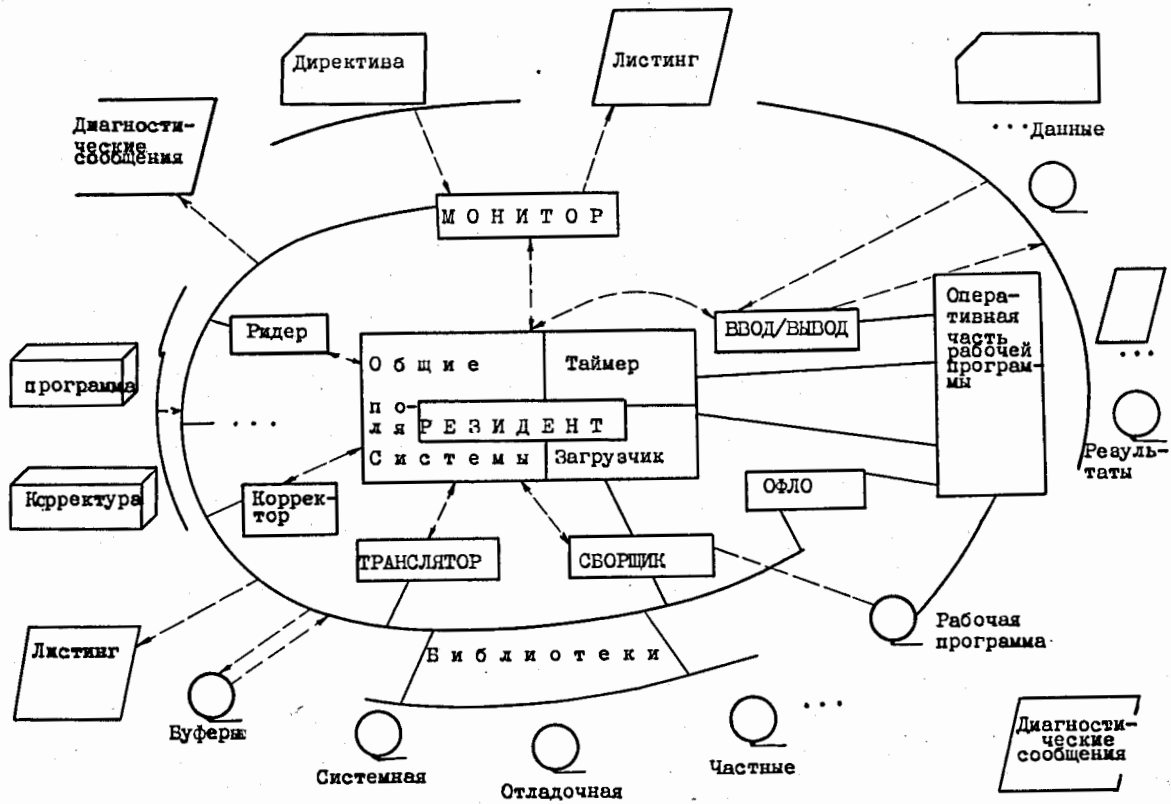


Рис. 1 функциональная блок-схема мониторинг системы

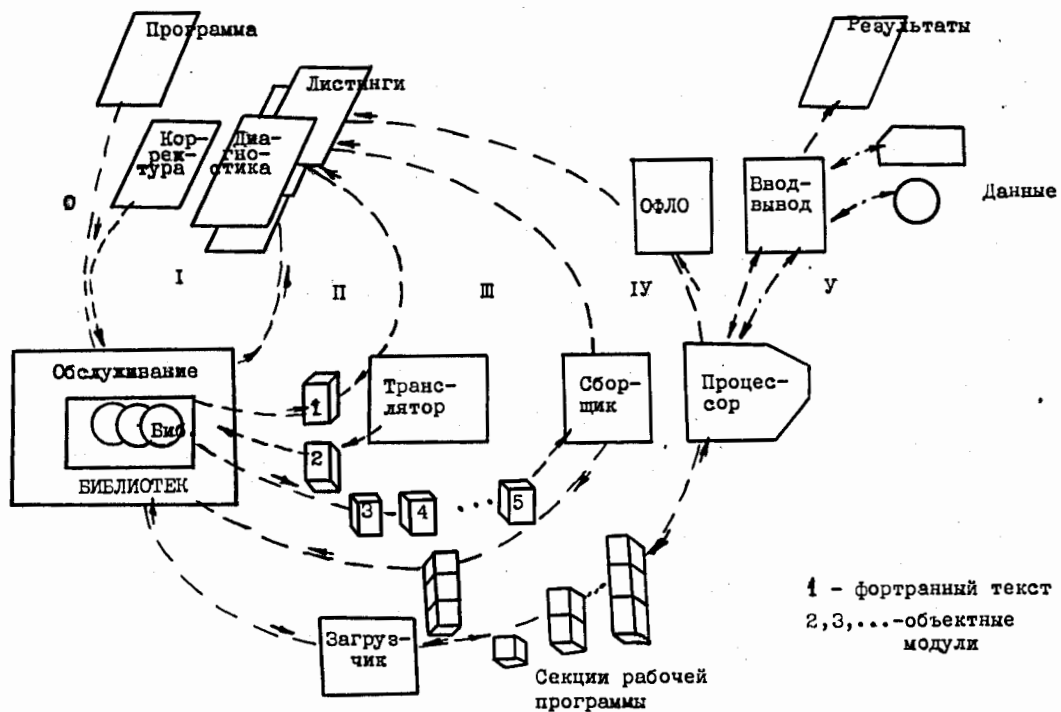


Рис. 2 Схема прохождения задачи через систему

В четвертой главе содержится описание реализации мониторной системы ИФВЭ-67 для вычислительной машины Минск-22: особенности системы и ее разработки, а также эксплуатационные характеристики. Описанный ход работы по созданию мониторной системы ИФВЭ-67 представляет собой типичный пример прямого "раскручивания", начатого с нулевого уровня сверху вниз. Работы по дальнейшему усовершенствованию мониторной системы были направлены главным образом на улучшение ее эксплуатационных характеристик - сокращение времени прохождения через систему и уменьшение нагрузки на внешние устройства машины. Реализация мониторной системы на малой машине Минск-22 подтвердила осуществимость и целесообразность принятой в ИФВЭ программы обеспечения всех вычислительных машин Института автоматизированными системами программирования на основе языка ФОРТРАН.

Глава 5 посвящена рассмотрению тандемной мониторной системы ИФВЭ-68. В ней дается определение этой системы, метод переноса программного обеспечения на вычислительные машины М-220 и БЭСМ-4, описана симуляция вычислительной машины Минск-22 на машине М-220, проводится рассмотрение тандемной мониторной системы как средства создания автономной мониторной системы ИФВЭ-70 для вычислительных машин М-220 и БЭСМ-4. Известно, что практика применения методов эмуляции и симуляции стала обычной в случаях необходимости быстро начать эксплуатацию вычислительной машины, не имеющей собственного программного обеспечения. Именно этот метод был выбран для того, чтобы еще до вступления в строй мониторной системы ИФВЭ-68 дать доступ к вычислительной мощности М-220: написание в короткий срок программы-симулятора предъявляет менее высокие требования к квалификации разработчика, что позволило освободить системных программистов для работы над полной тандемной системой с транслятором с полного языка ЦЕРН ФОРТРАН.

В шестой главе описывается реализация языка ФОРТРАН-IV. Здесь дается уточнение исходного языка, описывается расширение языковых средств, рассматривается структура транслятора и процесс трансляции. Версии языка ФОРТРАН ИФВЭ-67, -68 и -70 отличаются от взятого за основу ЦЕРН ФОРТРАН отсутствием ряда операторов и введением некоторых новых. Менее обычной особенностью является смешивание в тексте одной и той же подпрограммы строк ФОРТРАНа со строками

машиноориентированного языка Полукод. Такое решение необходимо следует из постановки задачи. Высокие требования, предъявляемые к быстродействию и объему программ, можно удовлетворить многими способами, сопоставление которых с поставленной задачей приводит к принятому нами компромиссному решению о выполнении ФОРТРАНа языком Полукод, что позволяет в жестких условиях использовать все возможности конкретной машины без больших потерь с точки зрения унификации языка. Несмотря на значительные отличия в составе исходного языка и в объектной машине, трансляторы, вошедшие в мониторные системы ИФВЭ, сходны по своей организации, которую можно охарактеризовать, как непоследовательно реализованную идею синтаксически ориентированного транслятора. Система метасинтаксических обозначений, использованная для частичной формализации синтаксиса ФОРТРАНа, позволила добиться организации исчерпывающей диагностики на этапе трансляции и сильно повлияла на такие качества транслятора, как логическая стройность алгоритмов трансляции, его размеры и быстродействие.

Для достижения целей диагностики при счете трансляции осуществляется по локальному принципу, т.е. каждому оператору ФОРТРАНа соответствует группа объектных кодов, эти группы не имеют пересечений между собой, а порядок групп совпадает с порядком соответствующих им операторов в исходном тексте. Принцип локальности распространяется и на оптимизацию объектной программы: экономия команд и рабочих ячеек проводится в пределах группы объектных кодов, соответствующих одному оператору.

Глава 7 рассматривает организацию библиотек. В подпунктах главы обсуждается следующее: организация библиотек как реализация принципа модульности; библиотека стандартных подпрограмм; внесистемные служебные программы. Каждая программа, написанная на ФОРТРАНе, полностью автономна, и после трансляции оформляется в виде отдельного модуля, равноправного с остальными и по общим для всех модулей правилам. Практика программирования, естественное расчленение самого процесса решения задач с помощью вычислительных машин в сочетании с принципом модульности привели к ставшим теперь типичными схеме прохождения задач через операционную систему и организации библиотек.

Почти все время вычислительной машины при решении научных и технических задач затрачивается на выполнение стандартных программ. Это предъявляет жесткие требования таким характеристикам стандартных программ, как их объем, быстродействие, точность вычислений, общность метода. Хотя эти требования взаимно противоречивы, иногда удается сильно улучшить некоторые характеристики, почти не ухудшив остальных^{6-II}. В 1962-63 г.г. в ОИЯИ А.А.Корнейчуком, Н.Ю.Шириковой и автором были разработаны алгоритмы вычисления основных элементарных функций, Г-функции и некоторые другие, превосходящие по быстродействию и точности соответствующие алгоритмы, реализованные в серийном математическом обеспечении вычислительной машины М-20. В системных библиотеках ИФВЭ имеются традиционные программы матричной алгебры, вычисления интегралов, датчики случайных чисел, интегрирования систем дифференциальных уравнений, интерполяции, минимизации функционалов и др. В интересах пользователей из других организаций были введены программы для массового бесформатного ввода чисел, для выдачи на АЦПУ русских текстов. Обеспечены также возможности прямого доступа к магнитным лентам и барабанам, преобразования текстов из одной кодировки в другие. В числе внесистемных служебных программ мониторных систем-67 и -68 имеются программы, сыгравшие важную роль в документировании разработок мониторных систем -68 и -70.

В главе 8 описывается расширение аппаратных средств вычислительных машин Минск-22 и М-220. Здесь рассматривается состав оборудования машины Минск-22, работа на машине Минск-22 в интерактивном режиме, расширение средств адресации машины М-220, система машин Минск-22 и М-220. Выполненная в ИФВЭ модернизация вычислительной машины Минск-22 позволяет в принципе организовать интерактивный режим работы с выносных пультов. Описана экспериментальная программа обслуживания одного выносного пульта. Перестройка мониторной системы для серийной вычислительной машины М-220 в значительной степени усложнилась недостатками архитектуры машины, вызванными, правда, естественным стремлением ее разработчиков обеспечить программную совместимость М-220 с М-20 наиболее простыми средствами. Эти трудности могут быть преодолены ценой относительно небольшой переделки машины, не затрагивающей ни основной системы команд, ни разрядности ячеек памяти машины. Идея осуществления модернизации состоит в

добавлении нового 15-разрядного базового регистра, дающего возможность работать в относительных адресах, замене регистра прерываний 9-разрядным регистром дополнений с другой логикой работы и в расширении адресного регистра до 15 разрядов. Организация систем машин является одним из наиболее эффективных методов увеличения производительности вычислительного оборудования. В созданной в ИФВЭ тандемной системе вычислительных машин роль основного процессора исполняет машина М-220, полностью подчиненная машине Минск-22, которая выступает в роли управляющей машины.

Вторая часть диссертации посвящена некоторым основным алгоритмам тандемной мониторной системы, здесь находят свою конкретизацию отдельные положения первой части. Главное внимание уделяется организации основных системных связей и алгоритмам сборки, обсуждается также внутренний системный сервис и обслуживание библиотек. В этом разделе помещены полные фортранные тексты лишь трех подпрограмм: таймер, управление сборкой и настройка, - однако эти подпрограммы относятся к числу тех, которые имеют ключевое значение. Другие подпрограммы, вызываемые двумя последними (управление сборкой и настройка), описаны тем более кратко, чем далее они отстоят в дереве подпрограмм от основного ствола. Алгоритмы, описываемые здесь, принадлежат тандемной мониторной системе ИФВЭ-68. Программы тандемной системы особенно выразительны в том отношении, что в них необходимым образом четко выявляются следующие особенности: зависимость от конкретной реализации языка, использованной для написания подпрограмм системы; зависимость от конкретной реализации языка, на котором должен будет писать программы пользователь. Кроме того, легко выделяются участки, зависящие от исходной вычислительной машины, готовящей рабочую программу, и зависящие от объектной машины, исполняющей рабочую программу.

Глава 9 (первая глава второй части) описывает организацию основных связей. Рассматривается РЕЗИДЕНТ системы, общие блоки системы, подпрограмма таймер (дается фортранный текст с комментариями), передача параметров, буферизация, связь системы с оператором, подпрограмма МОНИТОР.

В главе 10 рассматривается внутрисистемный ввод/вывод. Здесь дается описание внутреннего системного сервиса, символической обработки, вывода на печать, обмена с магнитными лентами, обслуживание

библиотек. Принятый способ разработки мониторной системы-67 требовал, чтобы ее основные части надежно функционировали задолго до окончательной отладки. Поэтому программы, составляющие систему, написаны на простейшем ФОРТРАНе, не включающем в себя операторов ввода/вывода по форматам. В результате этого в состав подпрограмм системы вошли подпрограммы, дублирующие работу ввода/вывода, но с более простыми функциями. Для того, чтобы отработать метод бутстраппинга, такая же организация сохранена для мониторной системы-68 и -70. В группу подпрограмм символьной обработки удалось перенести почти все действия, требующие программирования на Полукоде. Для достижения максимального быстродействия обмен информацией с этими подпрограммами осуществляется не через параметры, а через общие блоки.

Глава II описывает сборку рабочих программ из объектных модулей. Рассматривается подпрограмма PILE, которая выполняет подготовительную работу; дается блок-схема сборки, подпрограмм управления сборкой (фортранский текст), формат объектного модуля, программа настройки (фортранский текст), описаны некоторые вспомогательные подпрограммы.

В Заключение обсуждаются возможности развития, заложенные в мониторные системы ИФВЭ. Важнейшими результатами работ, представленными в диссертации, являются следующие:

1. Разработка первой в стране операционной системы для средней серийной вычислительной машины второго поколения - мониторной системы ИФВЭ-67.

2. Разработка тандемной мониторной системы как средства создания автономной мониторной системы для вычислительных машин М-220 и БЭСМ-4.

3. Разработка программ, реализующих операционные системы ИФВЭ на языке высокого уровня - ФОРТРАНе ИФВЭ, что позволило при- дать текстам алгоритмов свойства относительной независимости от конкретных вычислительных машин и полностью документировать разработку.

4. Разработка средств диагностики ошибок программиста в момент аварийных прерываний рабочей программы, во многом превосходящих аналогичные средства лучших современных систем.

5. Разработка и реализация эффективных алгоритмов ряда стандартных библиотечных подпрограмм.

6. Разработка некоторых дополнительных средств в аппаратной части вычислительных машин Минск-22 и М-220, реализованных в ИФВЭ и позволивших организовать эффективную работу мониторных систем.

7. Внедрение операционной системы для ЭВМ Минск-22 в ряде вычислительных центров страны.

В основу диссертации положены работы / 5 -18/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рынок машин и оборудования капиталистических стран. Статистический справочник, НИКИ, Москва, 1970.
2. Ершов А.П. Программирование за рубежом. ВКП-2, Новосибирск, 3-6 февраля 1970. Изд. ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1970.
3. Н.Н.Говорун, В.А.Ростовцев, В.П.Шириков. О математическом обеспечении измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ "Дубна". Изд. ОИЯИ II-4655, Дубна, 1969.
4. CERN-6600, CERN FORTRAN, CERN, 1964.
5. Соколов С.Н., Беляевская Л.В., Калинин П.А., Лупашина И.С., Макаров В.А., Марков А.С., Попова И.В. ФОРТРАН и мониторная система. Изд. "Статистика", Москва, 1970.
6. Корнейчук А.А., Марков А.С. Программа СП-0003 e^x. Вопросы математической эксплуатации вычислительных машин. Вып. 2, № I, ВЦ АН СССР, Москва, 1965.
7. Корнейчук А.А., Марков А.С. Программа СП-0004 *lnx*. Вопросы математической эксплуатации вычислительных машин. Вып. 2, № I, ВЦ АН СССР, Москва, 1965.
8. Корнейчук А.А., Марков А.С. Программа СП-0012 *arctg x*. Вопросы математической эксплуатации вычислительных машин. Вып. 2, № I, ВЦ АН СССР, Москва, 1965.

9. Корнейчук А.А., Марков А.С. Печать материала с одновременным переводом в десятичную систему и сохранением двоичного материала в МОЗУ. Программа СП-0027. Вопросы математической эксплуатации вычислительных машин. Вып. 2, № I, ВЦ АН СССР, Москва, 1965.
10. Корнейчук А.А., Марков А.С., Ривина В.М. Программа СП-0001 x^J. Вопросы математической эксплуатации вычислительных машин. Вып. 2, № I, ВЦ АН СССР, Москва, 1965.
11. Корнейчук А.А., Марков А.С., Ширикова Н.Ю. Вычисление элементарных функций и Г-функций на машине М-20. Препринт ОИЯИ, 2250, Дубна, 1965.
12. Калинин П.А., Лупашина И.С., Макаров В.А., Марков А.С., Попова И.В., Соколов С.Н. Мониторная система ИФВЭ. Препринт ИФВЭ, СВМ 68-4К, г.Серпухов, 1968.
13. Соколов С.Н., Калинин П.А., Лупашина И.С., Макаров В.А., Марков А.С., Попова И.В. Сообщение о мониторной системе автоматизации программирования на основе языка ФОРТРАН для машины Минск-22. Препринт ИФВЭ, СВМ 68-29К, Серпухов, 1968.
14. Соколов С.Н., Калинин П.А., Лупашина И.С., Макаров В.А., Марков А.С., Попова И.В. Сообщение о трансляторе с языка ФОРТРАН для машины Минск-22. Препринт ИФВЭ, СВМ 68-30К, Серпухов, 1968.
15. Соколов С.Н., Калинин П.А., Лупашина И.С., Макаров В.А., Марков А.С., Попова И.В. Сообщение о мониторной системе и трансляторе с языка ФОРТРАН для ЭВМ Минск-22. Журнал вычислительной математики и теоретической физики, № 2, Москва, 1970.
16. Калинин П.А., Лупашина И.С., Макаров В.А., Марков А.С., Попова И.В., Соколов С.Н., Харьбина Л.Д. Трансляция с ФОРТРАНа на машинах с малым объемом оперативной памяти. Вып. I. (Транслятор как часть мониторной системы). Препринт ИФВЭ, СВМ 71-39, Серпухов, 1971.
17. Калинин П.А., Лупашина И.С., Макаров В.А., Марков А.С., Попова И.В., Соколов С.Н., Харьбина Л.Д. Трансляция с ФОРТРАНа на машинах с малым объемом оперативной памяти. Вып. 2. (Структура транслятора). Препринт ИФВЭ, СВМ 71-40, Серпухов, 1971.

18. Калинин П.А., Лупашина И.С., Макаров В.А., Марков А.С., Попова И.В., Соколов С.Н., Харьбина Л.Д. Транслятор с ФОРТРАНа на машинах с малым объемом оперативной памяти. Вып. 3. (Проблема распознавания операторов). Препринт ИФВЭ, СВМ 71-41, Серпухов, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 июня 1972 года.