

3-141

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

11 - 6419

В.А.Загинайко

**РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММ**  
**ФОРТРАНООРИЕНТИРОВАННОГО**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭВМ**  
**С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАКРОАССЕМБЛЕРА**

Специальность 01 010 - математическое  
программирование

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Дубна 1972

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

11 - 6419

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук В.П. Шириков

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук Л.Н.Королев,  
кандидат физико-математических наук А.И.Никитин

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт Прикладной Математики АН СССР /г. Москва/

Автореферат разослан " " 1972 года.

Защита диссертации состоится " " 1972 года  
на заседании Ученого совета Лаборатории вычислительной техники  
и автоматизации в г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

Е.А.ЛОГИНОВА

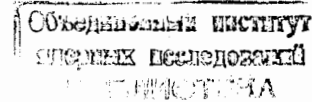
В.А.Загинайко

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММ  
ФОРТРАНООРИЕНТИРОВАННОГО  
МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭВМ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАКРОАССЕМБЛЕРА

Специальность 01 010 - математическое  
программирование

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)



В настоящее время электронные вычислительные машины (ЭВМ) широко применяются в физических исследованиях, в частности, в задачах обработки экспериментальных данных. Это вызвало необходимость создания в Объединенном институте ядерных исследований измерительно-вычислительного комплекса, включающего в себя ряд связанных между собой ЭВМ, и разработки математического обеспечения к нему.

При создании математического обеспечения комплекса учитывался очевидный факт, что в настоящее время программирование на ЭВМ ведется, как правило, не в цифровом коде машины, а с использованием языков программирования.

Наиболее распространенными из них являются языки АЛГОЛ<sup>1/</sup>, КОБОЛ<sup>2/</sup>, ФОРТРАН<sup>3/</sup> и ЛИСП<sup>4,5/</sup>. Большое значение приобретает использование машинно-ориентированных языков, в частности, автокодов "один к одному"<sup>6,7/</sup>. Например, по данным на 1970 год<sup>5/</sup> 48% программ в государственных учреждениях США составлено с применением автокодов.

Использование универсальных автокодов при программировании обеспечивает возможность обмена математическим обеспечением между ЭВМ с различными системами команд. В качестве примера можно привести язык АЛМО, разработанный в ИИМ АН СССР<sup>8/</sup>.

Задачей автора данной работы было создание математического обеспечения для ЭВМ БЭСМ-4 и элементов обеспечения ЭВМ БЭСМ-6.

При разработке математического обеспечения БЭСМ-4 необходимо было учесть следующие требования.

1. Одним из языков программирования задач пользователей математического обеспечения должен быть ФОРТРАН. Этот язык является ос-

новным языком программирования в ОИЯИ и ряде зарубежных физических центров. Это дает возможность пользоваться богатой библиотекой программ, написанных на языке ФОРТРАН.

2. Система математического обеспечения должна обеспечивать обмен информацией между БЭСМ-4 и другими ЭВМ измерительно-вычислительного комплекса, а также управление физической аппаратурой. Это заставляет включить в состав языков программирования системы машинно-ориентированные языки.

3. Должна иметься возможность включения в библиотеку системы БЭСМ-4 ряда программ, написанных ранее для этой машины в системе ИС-2<sup>/9/</sup> и в автокоде "Ассемблер"/10/.

Исходя из представлений о современной системе математического обеспечения, соображений, изложенных в обзоре (глава I) и нужд вычислительного комплекса, базирующегося на большой ЭВМ типа БЭСМ-6, автором была разработана система для БЭСМ-4, включающая в себя транслятор с автокоде "один к одному", языков "МАКРОС" и ФОРТРАН, а также компилирующую систему. Кроме того, часть программ системы БЭСМ-4 (программы обмена с внешними устройствами языка ФОРТРАН) после перетрансляции на БЭСМ-6 по методике, описанной в главе 2 диссертации, вошли в состав мониторной системы "Дубна" ЭВМ БЭСМ-6 /11/. Выполненные автором работы /13-17/ по математическому обеспечению БЭСМ-4 и БЭСМ-6 легли в основу диссертации.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Ниже следует краткое содержание глав диссертации.

В первой главе дается краткий обзор литературы по теме диссертации. Рассматриваются вопросы, связанные с развитием фортраноориентированных систем математического обеспечения ЭВМ и методы авто-

метизации их создания. Такие системы включают в себя трансляторы с нескольких языков программирования и аппарат формирования рабочей программы из библиотечных. Формирование библиотеки программ осуществляется трансляторами системы. Вызов трансляторов производится программой-монитором с помощью интерпретации системных карт, указывающих язык программирования.

Ускорение процесса создания математического обеспечения ЭВМ достигается с помощью использования машинно-ориентированных языков и языков символьной обработки.

Во второй главе рассматривается разработанная автором методика перевода программ математического обеспечения на ЭВМ с разными системами команд. Приводится описание машинно-ориентированного языка "МАКРОС" и транслятора с него, реализующего процесс перевода программ математического обеспечения /13, 17/.

Машинно-ориентированный язык "МАКРОС" и техника перетрансляции программ с него были разработаны автором в связи с необходимостью отладки алгоритмов программ, реализующих операторы обмена языка ФОРТРАН на БЭСМ-6 /14/.

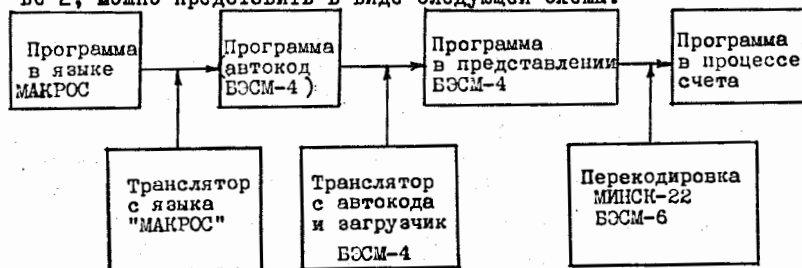
Отладка первоначально производилась на ЭВМ БЭСМ-4. После запуска в 1968 году БЭСМ-6 была осуществлена перетрансляция и отладка этих программ на БЭСМ-6. Программы обмена эксплуатируются в составе серийного математического обеспечения на БЭСМ-6 /14/.

Язык "МАКРОС" наряду с языками АЛМО /8/ и ЮНКОЛ /12/ следует отнести к универсальным машинно-ориентированным языкам (не зависящим от системы команд конкретной ЭВМ). Особенностью этого языка является возможность рассматривать его как автокод "один к одному" на некоторую абстрактную ЭВМ. Абстрактная ЭВМ оперирует с

величинами трех типов: вещественными, целыми и составными (шкалами). Система команд её включает в себя команды вещественной и целой арифметики, логики, команды управления, работы со шкалами, команды пересылки и преобразования величин из одних типов в другие.

Транслятор с языка "МАКРОС" преобразует программу в текст автокода "один к одному" с командами конкретной ЭВМ. Схема трансляции задается таблицей соответствий, которая может быть подготовлена пользователем тем же способом, что и программа о входном языке и используется транслятором в процессе своей работы. Таблица соответствий позволяет менять в определенных (допускаемых синтаксисом) пределах операторы языка "МАКРОС". Перетрансляция программ с входного языка на ЭВМ с разными системами команд осуществляется сменой таблицы соответствий без переделки транслятора.

Методы перевода программ с языка "МАКРОС", описанные в главе 2, можно представить в виде следующей схемы:



Следует подчеркнуть, что алгоритм работы ассемблера БЭСМ-4 (транслятора с автокода "АССЕМБЛЕР") не зависит от системы команд

этой машины, что дает возможность использовать его для получения программ для работы на других ЭВМ<sup>/13/</sup>. (Это же остается справедливым при использовании ассемблера и компилирующей системы БЭСМ-4<sup>/17/</sup> для перевода программ на другие ЭВМ).

С помощью трансляторов с языка "МАКРОС" и автокода "АССЕМБЛЕР"<sup>/10/</sup> автором была создана фортраноориентированная система математического обеспечения БЭСМ-4. Ее программирование выполнено в языке "МАКРОС". В состав этой системы входят следующие основные компоненты:

- 1). Макроассемблер (транслятор с языка "МАКРОС").
- 2). Ассемблер (транслятор с автокода "один к одному").
- 3). Компилирующая система, состоящая, в свою очередь, из:
  - а) программ работы с библиотекой,
  - б) загрузчика,
  - в) резидентной части.
- 4). Транслятор с ФОРТРАНа.
- 5). Программа обмена с внешними устройствами языка ФОРТРАНа.

В главах 3-5 содержатся описания перечисленных системных программ, кроме макроассемблера, описанного в главе 2.

В третьей главе диссертации рассматриваются вопросы, связанные с реализацией автокода и компилирующей системы<sup>/17/</sup>. Приводится описание входного языка автокода и языка загрузки компилирующей системы.

Рассматриваемый автокод представляет собой расширение варианта автокода "Ассемблер" без использования арифметических выражений. В язык добавлен ряд операторов, с помощью которых обеспечива-

ется возможность независимой трансляции подпрограмм в автокоде и взаимодействие их во время счета задачи, составленной из этих подпрограмм компилирующей системой.

Автокод является языком "один к одному". В языках подобного типа один выполняемый оператор соответствует одной команде машины в программе, полученной в результате трансляции.

Транслятор с автокода является двухпроходным ассемблером. Ассемблер транслирует программу, написанную в автокоде, в последовательность стандартных массивов (подпрограмм в языке загрузки) и записывает их в библиотеку с помощью подпрограмм компилирующей системы. Трансляция осуществляется в два просмотра исходной программы в автокоде. При первом просмотре формируется таблица меток операторов и соответствующих им адресов. Формирование стандартного массива выполняется при втором просмотре транслируемой программы.

Компилирующая система состоит из программ работы с библиотекой, загрузчика и резидентной части. Основное ее назначение — формирование рабочей программы из библиотечных и управление ее счетом.

Программы работы с библиотекой выполняют запись и считывание стандартных массивов из библиотеки и формирование каталога программ на внешнем накопителе. В каталоге хранится следующая информация о подпрограмме:

- 1) название подпрограммы;
- 2) длина части рабочей программы, получаемой из данной библиотечной в процессе работы загрузчика;
- 3) размеры стандартного массива и расположение его в библиотеке.

Все обмены с внешним накопителем (магнитным барабаном) выполняются в компилирующей системе через одну подпрограмму.

Работа загрузчика состоит в формировании рабочей программы, представленной в виде библиотеки разделов. Разделы представляют собой части рабочей программы, составленные из библиотечных.

Резидентная часть системы (резидент) вызывает разделы из библиотеки в оперативную память ЭВМ и передает на них управление во время счета задачи.

Сегментация задачи на разделы осуществляется с помощью задания пользователем загрузчику информации о разделах.

В главе 3 рассматриваются возможные способы пополнения библиотеки программ компилирующей системы, а также вопросы использования дополнительной оперативной памяти и магнитных барабанов.

В конце главы описывается взаимодействие трансляторов системы при обработке текста задачи пользователя, записанной с использованием автокода, языков "МАКРОС" и ФОРТРАН. Вызов соответствующего транслятора осуществляется программой-монитором с помощью системных карт, определяющих язык, на котором записан фрагмент текста задачи.

В четвертой главе дается описание алгоритмов работы транслятора с языка ФОРТРАН, входящего в состав математического обеспечения БЭСМ-4.

Автором реализован вариант языка ФОРТРАН, являющийся промежуточным между языками ФОРТРАН-2 и ФОРТРАН-4<sup>13/</sup>. Основные отличия от языка ФОРТРАН-4 состоят в том, что исключено использование логических (булевских) выражений, а также величин комплексных и с двойной точностью. Включение транслятора в состав программ мате-

математического обеспечения БЭСМ-4 дает возможность пополнять библиотеку системы за счет программ на ФОРТРАНе, взятых с других ЭВМ.

Процесс трансляции осуществляется в два просмотра транслируемой информации.

Результатом первого просмотра является программирующая таблица и таблицы числовых величин. Строки программирующей таблицы представляют собой двух- и четырехадресные макрокоманды, являющиеся исходной информацией для второго просмотра, осуществляемого программирующим блоком. При втором просмотре программами макроассемблера (см. главу 2) генерируется автокодный текст.

Использование макроассемблера в процессе выдачи автокодного текста дает возможность менять систему команд автокодной программы и использовать математическое обеспечение БЭСМ-4 для получения рабочих программ на ЭВМ с другими системами команд. Это достигается путем смены таблицы соответствий макроассемблера /16/.

Процесс трансляции начинается с обработки декларативных операторов языка ФОРТРАН. Результатом трансляции является последовательность декларативных операторов программы в автокоде системы.

В главе дается краткий обзор методов трансляции арифметических выражений. Автором реализован метод трансляции, основанный на последовательном программировании подвыражений, связанных с расположенными подряд (слева направо) закрывающими скобками /16/. Выполнение порядка действий, соответствующего старшинству операций в арифметическом выражении, достигается путем введения дополнительных скобок, делающих порядок действий явным.

Процедуру введения скобок можно представить в виде одного из следующих преобразований:

$$1) \langle R1 \rangle \langle Z1 \rangle \langle \circ \rangle \langle Z2 \rangle \langle R2 \rangle \quad \langle R1 \rangle \langle Z1 \rangle \underbrace{\left( \left( \dots \left( \langle \circ \rangle \langle Z2 \rangle \langle R2 \rangle \right) \right) \dots \right)}_{n \text{ раз}}$$

$$2) \langle R1 \rangle \langle Z1 \rangle \langle \circ \rangle \langle Z2 \rangle \langle R2 \rangle \quad \langle R1 \rangle \langle Z1 \rangle \underbrace{\langle \circ \rangle}_{n \text{ раз}} \langle Z2 \rangle \langle R2 \rangle$$

где  $\langle R1 \rangle$ ,  $\langle R2 \rangle$  - части арифметического выражения,  
 $\langle Z1 \rangle$ ,  $\langle Z2 \rangle$  - знак операции, скобка или пустой символ  
 $\langle \circ \rangle$  - арифметическое выражение.

Тип преобразования определяется в зависимости от знака числа  $Z$ , вычисляемого по формуле  $Z = fl(\langle Z1 \rangle) - fl(\langle Z2 \rangle)$ . Количество введенных скобок определяется модулем числа  $Z$  ( $|Z|$ ). Если  $Z < 0$ , выполняется преобразование 1, если  $Z > 0$ , то преобразование 2. При  $Z = 0$  выполняется тождественное преобразование. Функция  $fl(\langle Z \rangle)$  определяется следующим образом:

$$fl(\langle \rangle) = fl(\langle \rangle) = fl(\langle + \rangle) = fl(\langle - \rangle) = fl(\langle \rangle) = 0$$

$$fl(\langle * \rangle) = fl(\langle / \rangle) = 1 \quad (\text{умножение и деление})$$

$$fl(\langle ** \rangle) = 2$$

Кавычки обозначают код соответствующего символа.

В пятой главе рассматриваются программы обмена с внешними устройствами языка ФОРТРАН, реализованные автором на ЭВМ БЭСМ-4 и БЭСМ-6 с помощью методов, описанных во второй главе.

Эти программы обеспечивают выполнение операторов обмена во времени счета задачи, транслированной с языка ФОРТРАН. Программы обмена имеют три режима работы: подготовительный, режим обмена и заключительный. Во время работы программы обмена в подготовительном режиме производится расшифровка текста оператора ФОРМАТ, по которому выполняется обмен, и преобразование его в форматную

таблицу. Каждая строка этой таблицы содержит информацию, относящуюся к одной спецификации оператора ФОРМАТ.

В режиме обмена происходит интерпретация строк форматной таблицы и обмен в соответствии с ними информацией, поступающей из оперативной памяти или с внешних устройств ЭВМ. Обращение к подпрограммам, реализующим конкретные спецификации оператора ФОРМАТ, выполняются через переключатель, имеющийся в программе, интерпретирующей строки форматной таблицы.

В заключительном режиме осуществляется окончание обмена по редакционным спецификациям (спецификации Н, Х, / ) и сброс обменных буферов в оперативную память или внешние устройства ЭВМ.

Программы расшифровки спецификаций и преобразования их в строки форматной таблицы связаны через переключатель с головной программой расшифровки текста оператора ФОРМАТ.

#### З а к л ю ч е н и е

В процессе выполнения автором работ по теме диссертации получены следующие результаты:

1. Разработан машинно-ориентированный язык, не зависящий от системы команд конкретной ЭВМ. Показана эффективность использования таких языков при программировании на них математического обеспечения ЭВМ.

2. Разработана и реализована на БЭСМ-4 методика перетрансляции программ с машинно-ориентированного языка "МАКРОС" на ЭВМ с разными системами команд (Минск-22, БЭСМ-6). При этом такая перетрансляция не связана с изменениями в макроассемблере (транслято-

ре с языка "МАКРОС") и достигается изменением таблицы соответствий, используемой макроассемблером БЭСМ-4.

3. Разработана и реализована на ЭВМ БЭСМ-4 система математического обеспечения, включающая в себя трансляторы с алгоритмических языков ФОРТРАН-2, МАКРОС, автокода "один к одному" и компилирующую систему (систему загрузки). Входной язык автокода системы совместим с языком автокода "АССЕМБЛЕР", что позволяет расширять библиотеку программ системы за счет задач, написанных ранее на автокоде "АССЕМБЛЕР" и языке ФОРТРАН-2. Автокод и компилирующая система могут быть использованы для получения рабочих программ на ЭВМ с другими системами команд.

4. Разработаны и реализованы на ЭВМ БЭСМ-4 и БЭСМ-6 подпрограммы обмена с внешними устройствами для программ на языке ФОРТРАН. Эти подпрограммы эксплуатируются в составе серийного математического обеспечения БЭСМ-6 с 1968 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. J.W.Backus et al. Revised Report on algorithmic language Algol-60. Comm. A.C.M. 1960.
2. Cobol Reference Manual for CDC-I604/I604-A. 1965.
3. J.W.Backus and W.P.Neising. FORTRAN. IEEE Transactions on Electronic Computer. Volume EC-9, N 4, August 1964.
4. McCarthy et al. Lisp I.5 Programmer Manual. Cambridge M.I.T, 1962.
5. Ершов А.П. Программирование за рубежом. ВКП-2 (приглашенные доклады), Изд. ВЦ СО АН СССР г.Новосибирск, 1970.



6. А.И.Волков. Автокод "МАДЛЕН". Препринт ОИЯИ II-5426, Дубна, 1970 г.
7. В.С.Штаркман. Автокод БЭМШ, ИПМ АН СССР, Москва, 1969.
8. Кэмынин С.С., Любимский Э.Э. Алгоритмический машинно-ориентированный язык АЛМО. В сб. "Алгоритмы и алгоритмические языки", вып. I, ВЦ АН СССР, Москва, 1967.
9. М.Р.Шуре-Буре. Библиотека стандартных программ. ЦБТИ, М., 1961 г.
10. Загинайко В.А., Силин И.Н. Автокод "Ассемблер" ОИЯИ Б-II-4514, 1968 г.
11. Шириков В.П. Математическое обеспечение БЭСМ-6. В сборнике ОИЯИ II-4655, 1969 г.
12. I.V.Steel. A first Version of UNCOL, Proc. of the 1961 Western Joint Computer Conf., 1961.
13. Загинайко В.А. Инвариантное программирование на машинах М-20, Минск-22, БЭСМ-6. ПРЕПРИНТ ОИЯИ, PII-3993, 1968 г.
14. Загинайко В.А. Реализация обработки операторов обмена с внешними устройствами языка ФОРТРАН на машине БЭСМ-6. В сборнике ОИЯИ II-4655, 1969 г.
15. Загинайко В.А. Компилирующая система ЭВМ БЭСМ-4. Сообщение ОИЯИ II-5923, 1971 г.
16. Загинайко В.А. Транслятор с ФОРТРАНа на ЭВМ БЭСМ-4. Сообщение ОИЯИ II-5979, 1971 г.
17. Загинайко В.А. Системе математического обеспечения БЭСМ-4. Сообщение ОИЯИ II-6005, 1971 г.

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 апреля 1972 г.