

Б-484

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

На правах рукописи

Березовский Марк Александрович

**МНОГОЯЗЫКОВАЯ СИСТЕМА
ПРОГРАММИРОВАНИЯ С УНИВЕРСАЛЬНЫМ
ТРАНСЛЯТОРОМ**

01.01.10 — «Математическое обеспечение вычислительных
комплексов и АСУ»

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1975 г.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

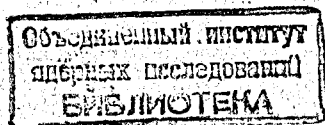
На правах рукописи

Березовский Марк Александрович

МНОГОЯЗЫКОВАЯ СИСТЕМА ПРОГРАММИРОВАНИЯ
С УНИВЕРСАЛЬНЫМ ТРАНСЛЯТОРОМ

ОГ.ОГ.Ю — "Математическое обеспечение вычислительных
комплексов и АСУ"

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук



Дубна 1975 г.

Работа выполнена в Ордена Ленина Институте кибернетики
АН УССР / г. Киев /

Научный руководитель - доктор технических наук
В.Л. ПЕРЧУК

Официальные оппоненты - доктор технических наук
Е.В. ГЛИВЕНКО
- кандидат физико-математических наук
А.И. ВОЛКОВ

Ведущее предприятие - указано в решении Ученого совета

Автореферат разослан " 30 " июле 1975 г.

Защита диссертации состоится " 19 " сентябре 1975 г.
в _____ часов на заседании Ученого совета Лаборатории
вычислительной техники и автоматизации Объединенного
института ядерных исследований по адресу:

г. Дубна, Московской области, ОИЯИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь совета

канд. физ.-мат. наук

Гудыкина Т.П. ПУЗЫНИНА

Актуальность проблемы.

Высокий математический уровень современных научных и инженерных исследований требует все более широкого использования ЭЦВМ специалистами в различных областях науки, техники, народного хозяйства. Широкое распространение современных универсальных ЭЦВМ создает условия для значительного расширения круга пользователей вычислительной техники.

Сегодняшние пользователи ЭЦВМ - в основном профессиональные или полупрофессиональные программисты. Это связано в первую очередь с тем, что существующее математическое обеспечение вычислительных машин не является достаточно развитым и процесс написания программ связан для неспециалиста с множеством технических и психологических трудностей. Поэтому наиболее многочисленная группа пользователей, состоящая из ученых, инженеров и других специалистов, не имеющих необходимой программистской подготовки, предпочитает обращаться за помощью к программисту-посреднику, а не работать непосредственно на машине. Однако очевидно, что работая на вычислительной машине, пользователь в процессе работы сможет ставить более продуманные и точные вопросы, что серьезно увеличит его собственную эффективность.

Добиться такого повышения эффективности, по-видимому, можно, устранив барьер между пользователем любой специализации и ЭЦВМ. Для этого необходимо дать возможность пользователю любой специализации общаться с вычислительной машиной на наиболее удобном для него проблемно-ориентированном языке.

Такой проблемно-ориентированный язык позволит формулировать задачи кратко и в терминах его специальной дисциплины.

Цель работы.

Существует весьма многочисленный класс пользователей, в частности занимающихся научными исследованиями, чьи проблемы хорошо сформулированы /формализованы/. Если аппарат для решения этих проблем представляет собой набор уравнений /логических, алгебраических, дифференциальных, интегральных/ или других существенно вычислимых запросов и если известны адекватные методы решения, то ряд предварительных действий по программированию и анализу целесообразно автоматизировать. Одним из способов автоматизации является разработка и реализация языка, который будем называть проблемно-ориентированным алгоритмическим языком пользователя /ЯП/.

Фактически ЯП всегда ориентирован на реализацию определенного класса математических моделей.

Критерии разработки ЯП.

1. Минимум усилий для общения с ЭВМ:

- а/ меньше инструкций - меньше ошибок,
- б/ меньше времени на подготовку, кодирование и отладку задачи,
- в/ меньше времени на обдумывание и программирование задачи.

2. ЯП должен быть прост для изучения и поэтому достаточно широко использоваться.

3. Автоматически полученная выходная программа /окончательный продукт/ должна быть лучше написанной вручную по следующим параметрам:

а/ дешевле,

б/ лучшего или равного качества, чем запрограммированная средним программистом на универсальном языке или автокоде.

Одним из возможных способов реализации множества необходимых ЯП является создание многоязыковой системы программирования с универсальным транслятором /МСП/. Для такой системы характерно, что подпрограммы на разных входных языках, поступающие на вход системы, обрабатываются одним и тем же транслятором, который в каждом случае настраивается на определенный входной язык. Преимущество такой системы заключается в том, что ее ядро - универсальный транслятор - не зависит от конкретного языка пользователя. Это обстоятельство существенно ускоряет процесс реализации ЯП.

Целью настоящей работы является разработка и программная реализация версии МСП на ЭВМ БЭСМ-6.

Основные задачи работы.

Целью создания МСП является быстрая реализация языков пользователя, а также достижение максимальной эффективности при написании и отладке программ на этих языках. В этом смысле использование МСП позволяет решать задачи, связанные с автоматизацией построения проблемно-ориентированных систем программирования.

МСП должна быть ориентирована на решение двух основных задач:

1. Ввод нового ЯП в МСП. Для того, чтобы ввести ЯП необходимо описать его синтаксис и семантику соответственно на метасинтаксическом и метасемантическом языках и ввести полученные описания с перфокарт или внешних накопителей на магнитной ленте /МЛ/ или магнитном барабане /МБ/ средствами МСП.

2. Трансляция программ, записанных на ЯП, ранее введенных в МСП.

Исходя из основного назначения МСП, целесообразно в качестве выходных языков выбирать символьные языки /ассемблеры и в отдельных случаях универсальные языки/, что позволяет упростить семантическое описание языка и выбор способа трансляции. В качестве выходного языка возможно использовать также ЯП, ранее реализованный на базе МСП.

Разработка и построение МСП, удовлетворяющей указанному выше назначению, предполагает решение следующих основных задач:

1. Выбор, изучение возможностей и характеристик и реализация универсального транслятора. Основными критериями выбора универсального транслятора являются:

- принадлежность множества ЯП классу языков, допустимых в выбранном трансляторе;
- возможность получения приемлемых характеристик эффективности по времени трансляции и требуемой памяти.

2. Разработка формы представления внешней информации.

Очевидно, внешней информацией для МСП является совокупность описаний ЯП на метасинтаксическом и метасемантическом языках, а также программы, записанные на реализованных

ЯП.

3. Выяснение спектра различных средств, необходимых для работы с внешней информацией и разработка языка управления заданиями МСП, охватывающего возможные средства.

4. Разработка формата внутреннего представления информации.

Во внутреннем формате должны быть представлены описание синтаксиса и описание семантики языка.

5. Разработка и реализация эффективных алгоритмов преобразования внешнего представления информации во внутреннее. Здесь могут быть выделены два комплекса алгоритмов, которые будем называть процессорами: процессор ввода описаний синтаксиса и процессор ввода описаний семантики.

6. Разработка структуры МСП, объединяющей в единое целое основные процессоры /процессоры ввода описаний синтаксиса и семантики и универсальный транслятор/ и определение информационных связей между ними. Структура МСП должна предусматривать средства ввода/вывода информации и допускать расширение МСП в дальнейшем.

Из такой постановки задачи вытекают основные требования, предъявляемые к МСП.

1. В распоряжении МСП должны находиться развитые библиотечные средства для хранения исходных описаний языков и внутренних представлений описаний.

2. Необходимо иметь средства редактирования описаний ЯП. Это связано с тем, что ЯП в процессе эксплуатации могут модифицироваться за счет дополнения или изменения языковых

средств или развития заложенной в них математической модели.

3. Весьма важно включить в МСП средства автоматизации разработки языков. Основными средствами автоматизации являются процессоры ввода описаний синтаксиса и семантики. Кроме того, необходимо иметь возможность сборки /комплексации/ языков на уровне текстового представления из уже отлаженных и находящихся в библиотеке языков-составляющих.

4. Существует еще одна возможность комплексации языков, которая предполагает использование одного описания синтаксиса с различными описаниями семантики. Такая возможность может сэкономить усилия не только разработчиков ЯП, но и пользователя, программирующего на ЯП, который, написав единственную программу, может получить различные результаты трансляции в зависимости от заказа.

5. Для реализации возможности, изложенной в п. 4, необходимо четко поставить задачу ввода языка в МСП. Представляется целесообразной следующая постановка: задачи ввода описаний синтаксиса и ввода описаний семантики считаются независимыми задачами МСП. При таком подходе библиотека содержит набор "плавающих" описаний синтаксиса и семантики во внутреннем представлении. Ввод языка в МСП, который обозначает возможность трансляции входных строк, записанных на этом языке, требует еще одного действия, называемого определением языка. Определение языка должно содержать явное указание соответствия между описанием синтаксиса и описанием семантики и, кроме того, включать в себя указание способа реализации языка - ссылки на процедуры ввода/вывода.

6. Постановка задачи ввода языка, осуществленная в п. 5, требует разработки дополнительного вида внутренней и внешней информации, содержащей определение языка. Кроме того, необходимо разработать и реализовать еще один основной процессор определения языка, перерабатывающий внешнее представление определения языка во внутреннее.

7. МСП должна обладать развитыми средствами ввода/вывода. Поскольку все основные процессоры должны потреблять на входе символьную информацию целесообразно предусмотреть в структуре МСП возможность автоматического подключения по заказу пользователя различных процессоров ввода в зависимости от способа представления внешней информации. Аналогично должна быть предусмотрена возможность автоматического подключения по заказу пользователя различных процессоров вывода результатов трансляции в зависимости от желательного способа представления выходной строки. Такие возможности делают основные процессоры МСП независимыми от способа представления входной информации, а универсальный транслятор независимым от способа представления выходной информации. Такой подход обеспечивает МСП необходимую гибкость и облегчает реализацию основных процессоров.

Общая постановка задачи реализации МСП содержит целый ряд вопросов, решение которых существенным образом зависит от ЭВМ и операционной системы, которые выбраны для реализации в качестве базовых.

Реализация МСП, представленная в диссертационной работе, осуществлена на ЭВМ БЭСМ -6. Базовой операционной системой является операционная система /ОС/ "Дубна". Следует отметить,

что МСП не использует диспетчерских возможностей ОС "Дубна", поскольку она реализована как задача математика. Однако МСП существенно использует широкий спектр возможностей мониторинной системы "Дубна", составной части ОС, которая управляет прохождением задачи.

Использование развитых возможностей базовой МС "Дубна" позволило значительно увеличить мощность используемого в МСП аппарата. Заметное снижение затрат на программирование МСП было достигнуто за счет реализации ряда возможностей МСП средствами МС "Дубна". При реализации МСП использованы следующие средства МС "Дубна":

- Текстовая библиотека в редактор текстов использованы для хранения и редактирования внешнего представления описаний языков и программ на ЯП,
- Личная библиотека и программы библиотечного обслуживания использованы для хранения внутреннего представления описаний языков,
- В качестве внутреннего представления описаний синтаксиса и семантики и определения языка принят формат библиотечного модуля /стандартный массив МС "Дубна"/.
- Процедуры чтения /записи текстовой информации, входящие в состав МС "Дубна", использованы для построения процессоров ввода/вывода,
- Входные языки МС "Дубна": автокод МАДЛЕН, ФОРТРАН-ЦЕРН, АМОЛ-ГДР - приняты в МСП в качестве стандартных выходных языков универсального транслятора,

Идеологическая преемственность между МС "Дубна" и МСП нашла отражение в выборе структуры МСП, формы пакета задачи и языка управления заданиями.

Краткое содержание работы:

Диссертационная работа состоит из четырех глав.

В главе I рассмотрена общая постановка задачи, назначение МСП и основные требования, предъявленные к ее реализации. В главе проведено сравнение различных методов универсальной трансляции, имеющих практическое использование. Исходя из сравнения требований, предъявленных к МСП, за основу универсального транслятора МСП выбран синтаксически-ориентированный транслятор Айронса-Ингермана^{I/}. Основными преимуществами этого транслятора с точки зрения применения в МСП, являются:

- широкий класс входных языков,
- экономное использование памяти,
- наличие мощных возможностей семантической обработки.

В главе II произведен анализ возможностей и характеристик выбранного универсального транслятора. Рассмотрены ограничения, накладываемые универсальным транслятором на класс контекстно-свободных /КС/ грамматик. Доказано, что эти ограничения не являются существенными и не ограничивают общего класса КС-языков, допускающих реализацию в универсальном трансляторе.

Известно, что универсальный транслятор, допускающий возвраты по входной строке при синтаксическом анализе, не эффективен для некоторых языков, поскольку время их трансляции

I/ П.З. Ингерман. Синтаксически ориентированный транслятор. Мир., М., 1969.

может экспоненциально зависеть от длины входной строки. Поэтому в главе проведено специальное рассмотрение множества таких языков и доказаны необходимые и достаточные условия, позволяющие по грамматике определить, принадлежит ли язык этому множеству. Критерии разработки ЯП, сформулированные в работе, позволяют считать, что подавляющее большинство ЯП не принадлежит множеству "неэффективных языков".

В главе произведена оценка времени и памяти, требуемой универсальным транслятором в процессе синтаксического анализа.

В главе III предложена форма пакета задачи и язык управления заданиями МСП. Язык управления заданиями представляет собой набор управляющих директив и отражает основные возможности МСП такие, как вызов основных процессоров, установка режимов печати и перфорации, определение указателей чтения из пакета и записи результата трансляции. Пакет задачи МСП может содержать последовательность сегментов четырех типов: описание синтаксиса ЯП, определение ЯП, описание семантики ЯП и входная строка. При этом части пакета могут находиться на различных внешних носителях /МБ, МЛ/ или вводиться с нестандартных внешних устройств, например, графопостроителя и электрической пишущей машинки.

В главе рассмотрены метаязыки, реализованные в МСП, для описания синтаксиса и семантики ЯП. В основу метасинтаксического языка положен метаязык КС-грамматик в нотации Вейнгаардена. Метасемантический язык МСП является, по сути, макроязыком. Описание семантики на макроязыке состоит из последовательности макросов, вызываемых в процессе трансляции на этапе семантического вычисления. Макрос может содержать текстовые элементы, вызовы макросов более низкого уровня,

макросопределения-параметры вызова макроса и обращения к семантическим операторам, которые реализуются в виде подпрограмм на входных языках МС "Дубна" или ЯП.

Кроме того, в главе рассмотрена последовательность уровней библиотеки языков МСП и способы их использования. Поставлена задача комплексации языков и предложены способы ее решения. Рассмотрена горизонтальная комплексация на текстовом уровне библиотеки языков, которая осуществляется путем сборки описаний языков-составляющих. Приведены примеры горизонтальной комплексации на основе известных языковых операций, объединения, умножения, подстановки. Рассмотрена вертикальная комплексация языков на модульном уровне, которая предполагает использование одного описания синтаксиса с различными описаниями семантики.

В главе IV представлена структура МСП, а также описание разработанных и реализованных алгоритмов процессоров ввода описаний синтаксиса и семантики и процессора определения языка. Рассмотрены форматы внутренних представлений описаний синтаксиса, семантики и определения языка, разработанные на основе библиотечного модуля МС "Дубна".

Разработанный процессор ввода описаний синтаксиса содержит пять последовательных алгоритмов преобразования синтаксического сегмента в синтаксический модуль: изначальное кодирование, сбор количественных характеристик и построение каталога метаядентификаторов; каноническое упорядочивание элементов каталога; поиск "пустых" циклов в грамматике; упорядочивание правил синтаксиса, приемлемое для процессора грамматического

разбора; построение логической матрицы для селекции путей грамматического разбора.

Процессор ввода описаний семантики реализован как магазинный автомат, потребляющий на входе описание семантики на метасемантической языке /семантический сегмент/ и производящий на выходе внутреннее представление описания семантики в формате семантического модуля.

Процессор определения языка является, по существу, редактором связей между описаниями синтаксиса и семантики. Поэтому получаемый модуль определения языка является главным разделом задачи трансляции и содержит ссылки на используемые в языке описания синтаксиса и семантики, процедуры ввода/вывода, а также соответствие между правилами синтаксиса и семантическими макросами. В режиме умолчания процедуры ввода/вывода и соответствие между синтаксисом и семантикой считаются стандартными.

В главе описана реализация и предложены расширения алгоритмов универсального транслятора: процессора грамматического разбора /ПГР/ и процессора сборки.

ПГР состоит из двух частей: предтранслятора и собственно алгоритма грамматического разбора. Предтранслятор осуществляет перекодировку входной строки во внутренний код МСП и буферизацию ее на МБ. Предтранслятор может содержать блоки словарного анализа, которые разрабатываются для каждого конкретного языка. Алгоритм грамматического разбора использует в качестве исходной информации входную строку и синтаксический модуль и производит на выходе дерево грамматического разбора, которое также буферизуется на МБ.

Процессор сборки является интерпретатором метасемантического языка и обладает основными возможностями классического макрогенератора. Исходной информацией для процессора сборки является дерево грамматического разбора и семантический модуль. В результате работы процессора /семантического вычисления/ производится выходная строка, которая буферизуется на МБ в текстовом формате, пригодном для потребления следующим транслятором.

В главе описана реализация стандартных процессоров ввода/вывода символьной информации и монитора МСП, представляющего собой интерпретатор управляющих директив.

Проведены подробные оценки времени и памяти, потребляемых всеми процессорами и универсальным транслятором МСП. Универсальный транслятор /грамматический разбор и семантическое вычисление без учета семантических операторов/ затрачивает примерно 120 + 150 машинных операций на символ входной строки. Для сложного языка, описание которого содержит 500 правил синтаксиса и столько же семантических макросов процесс ввода описаний занимает не более 30 сек, 12К ОЗУ. Для такого языка максимальная память, требуемая для задачи трансляции строки длиной 10 тыс. символов составляет 17 К ОЗУ и 2 МБ.

Реализованные ЯП.

На базе МСП реализованы следующие алгоритмические языки пользователей.

ЛОДИС — язык, предназначенный для моделирования систем, описываемых логическими и обыкновенными дифференциальными уравнениями /логико-дифференциальных систем/. Язык имеет подпрограммную структуру и развитые вычислительные возможности.

Ввод/вывод символьный, выходной язык - автокод МАДЛЕН.

ДИСТАЛ - язык моделирования непрерывно-дискретных систем с переменной структурой, которые описываются логическими и алгебраическими уравнениями, а также системами обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных. Язык обладает аппаратом многозначной логики и набора статистики. Язык ДИСТАЛ имеет подпрограммную структуру и рассчитан на символьный ввод/вывод, выходной язык - автокод МАДЛЕН.

АКВА - язык, предназначенный для моделирования и расчета океанических течений. Язык ориентирован на работу с информационно-поисковой системой хранения и обработки данных Мирового океана и содержит операторы вывода графической информации на дисплей и графопостроитель. Язык имеет подпрограммную структуру, выходные языки - ФОРТРАН, автокод МАДЛЕН.

КОНТУР - язык для ввода плоских графических изображений с графопостроителя и электрической пишущей машинки КОНСУЛ. Язык имеет подпрограммную структуру, рассчитан на ввод входных строк в формате указанных устройств, выходной язык - ФОРТРАН.

ЯЗОП - язык для описания структуры больших интегральных схем /БИС/. Язык предназначен для получения внутреннего представления описаний БИС и хранения их в архиве. Язык имеет блочную структуру и транслируется в два прохода, выходной язык - автокод МАДЛЕН.

ЯМАЛ - язык моделирования алгоритмов функционирования БИС. Язык имеет подпрограммную структуру, выходной язык -

автокод МАДЛЕН.

Основные результаты работы.

1. Разработана и программно реализована работающая версия МСП с универсальным транслятором на базе ОС "Дубна" ЭВМ БЭСМ-6.

2. Предложена форма пакета задачи МСП. Разработан и реализован язык управления заданиями МСП.

3. Предложена структура библиотеки МСП. Предложены и реализованы способы работы с различными уровнями библиотеки.

4. Разработаны и реализованы способы комплексации языков. Представлена и решена задача комплексации языков на текстовом и модульном уровнях.

5. Предложена и реализована структура МСП.

6. Разработаны алгоритмы и реализованы процессоры ввода описаний синтаксиса, семантики и определения ЯП в библиотеку языков МСП. Предложены и реализованы символьные процессоры ввода/вывода и нестандартный процессор для ввода координат с графопостроителя и строк с электрической пишущей машинки КОНСУЛ. Проведены оценки эффективности алгоритмов процессоров по времени и памяти.

7. Предложены расширения и реализованы алгоритмы универсального транслятора МСП. Проведены оценки эффективности алгоритмов по времени и памяти.

8. Исследованы возможности универсального транслятора. Доказано, что он потребляет общий класс КС-языков. Выявлены ограничения, накладываемые на грамматики универсальным транслятором. Выяснено множество грамматик, для которых

применение универсального транслятора МСП неэффективно.

Апробация.

Материалы работы докладывались:

- на научно-технической конференции, посвященной 50-летию образования СССР и 15-летию образования ИК АН УССР, г. Киев, 1973 г.
- на 5-й Всесоюзной конференции пользователей ЭЭСМ-6, г. Москва, 1974 г.
- на Московском городском семинаре по системному программированию /под руководством проф. М.Р. Шурн-Бурн/, МГУ 1974 г.
- на семинаре, посвященном возможностям и технологии программирования в ОС "Дубна", ИК АН УССР, г. Киев, 1975 г.

Публикации.

Основное содержание диссертации отражено в следующих публикациях:

1. Программирующая система А-1 с библиотекой проблемно-ориентированных языков пользователей /в соавторстве/.
Материалы II Всесоюзного совещания по теории релейных устройств и конечных автоматов, Рига, АН Лат. ССР, ИЗВТ, 1971 г.
2. Многоязыковая система программирования. /в соавторстве/. В сборнике "Информационные методы управления измерения и контроля", Владивосток, ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1972 г.
3. Разработка многоязыковой системы программирования и библиотеки программ на проблемно-ориентированных языках для ЭВМ ЭЭСМ-6 /в соавторстве/ ВИНТИ Р001491, 1972 г.

4. Об одном из способов реализации языков машинной графики / в соавторстве/. Материалы Всесоюзной конференции "Автоматизация проектирования" Москва, Госстрой СССР, ЦНИИИИАСС, 1973 г.

5. Проблемно-ориентированный язык для связи читающего автомата, имеющего ограниченный алфавит, с ЭВМ /в соавторстве/. В сборнике "Машинная графика и ее приложения", Владивосток, ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1975 г.

7.75г. БФ 12360