

Б-122

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

На правах рукописи

БАБАЯН
Гектор Ервандович

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДЛЯ МИНИ-ЭВМ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКЕ
НА БАЗЕ ЯЗЫКА *COPLAN*

Специальность 01.01.10 - математическое обеспечение
вычислительных машин и систем

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна, 1978г.

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

Научный руководитель
кандидат физико-математических наук Г.А. Ососков

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических
наук, профессор Е.А. Гребеников

кандидат физико-математических
наук В.А. Загинайко

Ведущее предприятие:
Вычислительный центр СО АН СССР, г.Новосибирск

Автореферат разослан " 4 " апреля 1978г.

Защита диссертации состоится " 12 " мая 1978г. в 14 час
на заседании Специализированного Совета по докторским дис-
сертациям Лаборатории вычислительной техники и автоматиза-
ции ОИЯИ, г.Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

Т.П. Пузынина

Пузынина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

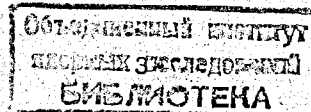
Актуальность проблемы. Значительную роль в развитии вы-
числительных систем в экспериментальной физике играют мини-
ЭВМ. Это объясняется как их дешевизной и компактностью, так и
достаточными возможностями для выполнения основных операций
по сбору и накоплению информации, управлению экспериментам.
В этой связи возникает задача автоматизации программирования
для мини-ЭВМ, используемых в экспериментальной физике, кото-
рая является весьма актуальной в силу следующих причин:

- в этой области мини-ЭВМ используются, как правило, на
линии с экспериментальными установками в режиме реального
времени, где трудности и задержки, связанные с программиро-
ванием и отладкой программ, весьма значительны;

- дальнейшее развитие on-line методики, стандартиза-
ция электронного оборудования и серийность аппаратуры съема
информации уже сейчас предъявляют еще более жесткие требова-
ния к срокам разработки программного обеспечения эксперимен-
тов, которые обычно ведутся не программистами, а физиками
или инженерами;

- разнотипность мини-ЭВМ, применяемых в одном и том же
физическом центре и даже в одном эксперименте, требует авто-
матизации программирования не только на уровне языка, но и
на уровне анализа записи алгоритмов.

Кроме этого имеются две общие противоречивые тенденции
в развитии мини-ЭВМ: снижение стоимости аппаратных средств
и рост стоимости математического обеспечения. Это объясняет-
ся тем, что большинство систем программного обеспечения



мини-ЭВМ состоит в основном из взаимозаменяемых компонент, изготовленных вручную ценой больших затрат труда применительно к конкретным задачам в данной области. Выход из этого противоречия заключается также в развитии методов автоматического и структурного программирования, которые, позволяя лучше использовать программные ресурсы, расширяя области использования уже имеющихся программ, обеспечивая легкость и удобства взаимодействия человека с машиной, ведут к существенному снижению стоимости программного обеспечения.

Состояние вопроса. Анализ современного состояния и основных тенденций развития автоматизации программирования для мини-ЭВМ в экспериментальной физике показывает, что наиболее важными являются решения следующих задач:

- разработка специализированных языков программирования для описания структур и управления конфигураций комплексов приборов, работающих под управлением мини-ЭВМ;
- разработка методов системного программирования и языков, соответствующих логике КАМАК;
- разработка мобильных программ-трансляторов со специализированных языков программирования для мини-ЭВМ, работающих на более мощных ЭВМ;
- разработка эмуляторов и программ-симуляторов для имитации операционной среды одной машины на другой с целью проведения работ по автоматизации проектирования и разработки систем на более мощных ЭВМ.

Однако, несмотря на определенные достижения в этой области, в отечественной литературе этим проблемам уделялось

недостаточное внимание.

Цель работы состоит в создании программного обеспечения на базе специализированного языка, обеспечивающего высокий уровень автоматизации программирования для управляющих мини-ЭВМ, используемых на линии с экспериментальными устройствами.

Научная новизна работы определяется следующим:

1. На основе методов структурного программирования создан многоуровневый специализированный язык **SOPLAN**, обеспечивающий высокий уровень автоматизации программирования и мобильности программного обеспечения для мини-ЭВМ в экспериментальной физике.

2. Предложена и реализована структура компилятора со специализированного языка, позволяющая: а) выполнять все фазы компиляции за один проход исходного текста при хорошей эффективности объектных программ; б) обеспечивать мобильность программного обеспечения не только на уровне языка, но и на уровне анализа алгоритмических текстов.

3. Предложен и реализован новый алгоритм автоматического распределения памяти с учетом ее разбиения на страницы для объектных программ мини-ЭВМ, полученных в процессе компиляции с языков высокого уровня на другой, большой ЭВМ.

4. Разработана система машинно-зависимых операторов языка **SOPLAN** для управления измерительными автоматами через командные и статусные регистры, которая реализована в виде конкретных наборов подпрограмм-модулей для управления ФРД при измерении экспериментальных данных.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

1. Использование разработанных и реализованных трансляторов со специализированного языка **SORPLAN** для наиболее часто употребляемых в физических центрах СССР мини-ЭВМ дает возможность:

- значительно сократить объем работ и, соответственно, время при написании и отладке управляющих программ;
- легкого и быстрого внесения изменений в алгоритмы управления, внесения обзорности в управляющих программах.
- быстрого создания некоторой работоспособной версии управляющей системы для выявления "критичных" по времени участков;
- обеспечить высокую мобильность реализованных программ.

2. Разработанная и реализованная система программ транслятор-эмулятор на ЭВМ БЭСМ-6 обеспечивает полную автоматизацию работ на различных уровнях: проектирования, разработки, программирования, отладки и решения задач, предназначенных для использования на ЭВМ РДР-9.

3. Получены рекомендации и указаны пути дальнейшего применения специализированного программного обеспечения для мини-ЭВМ на базе языка **SORPLAN**.

Использование результатов работы. Созданное специализированное программное обеспечение успешно эксплуатируется в Ереванском физическом институте:

- язык **SORPLAN** с соответствующими трансляторами используется при написании программ управления, разрабатываемых для ЭВМ РДР-5, включенной в систему управления автоматом НРД;
- внедрена и используется система программ транслятор-эмулятор для ЭВМ РДР-9 на большой ЭВМ БЭСМ-6.

В настоящее время ведутся работы по разработке стандартного набора машинно-зависимых операторов языка **SORPLAN** для управления аппаратурой в стандарте КАМАК.

Апробация работы. Основные материалы, представленные в диссертации, доложены на:

I Всесоюзном симпозиуме по модульным информационно-вычислительным системам в международном стандарте КАМАК. Москва, 1977 г.

II Всесоюзном семинаре по обработке физической информации. Ереван, 1977 г.

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликованы пять печатных работ.

Объем работы. Диссертация изложена на 120 страницах машинописного текста, иллюстрируется рисунками и таблицами, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка цитированной литературы из 71 наименований, шести приложений. Всего в диссертации 150 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

В вводной части диссертации обосновывается актуальность выбранной темы. Определяются два основных направления автоматизации программирования мини-ЭВМ, используемых в экспериментальной физике: разработка высокоэффективных специализированных языков и использование мини и больших ЭВМ в системе. Формулируются цели диссертации и дается краткий обзор диссертации по главам.

В первой главе на основе обзора имеющихся работ по управ-

лящим программам и алгоритмическим языкам для мини-ЭЕМ, формулируются основные требования, предъявляемые к созданному специализированному языку CORLAN (Control Program Language) обосновываются структура и выбор основных элементов языка.

Разработанный язык состоит из трех уровней:

1. команды автокода используемой мини-ЭЕМ;
2. машинно-зависимые операторы языка;
3. элементы подмножества языка ФОРТРАН и аппарат стандартных функций.

Существенно, что все три уровня языка CORLAN являются вполне равноправными, то есть при написании программы пользователь не должен сигнализировать транслятору о переходе с одного уровня на другой с помощью каких-либо описаний.

Введение различных уровней позволяет при программировании алгоритмов управления экспериментальными установками использовать элементы подмножества ФОРТРАН'a и аппарат стандартных функций. В свою очередь, стандартные функции, с помощью которых реализуются отдельные подпрограммы-модули управления конкретными установками, реализуются с помощью элементов более низкого уровня - машинно-зависимых операторов и команд автокода используемой мини-ЭЕМ.

С помощью машинно-зависимых операторов (элементов второго уровня) выполняются следующие функции:

- работа ЭЕМ синхронизируется с временем протекания управляемого процесса;
- используется аппарат прерываний мини-ЭЕМ;

- производится обмен информацией между ЭЕМ и аппаратурой управляемого объекта посредством его командных и статусных регистров;

- производится обмен информацией между ЭЕМ и оператором.

Разработка машинно-зависимых операторов осуществлена на основе методов структурного программирования. Машинно-зависимые операторы со структурными инструкциями, являясь основными модулями во всех вновь образуемых стандартных функциях, приводят к тому, что структура как самих стандартных функций, так и управляющих программ принимает вид составных инструкций, имеющих одно начало и один конец. Такая структура программ позволяет более просто устанавливать связи, программы легче документируются и отлаживаются.

Разнообразие конкретных систем управления делают необходимым разнообразие видов подпрограмм-модулей управления. CORLAN предоставляет пользователю готовый, достаточно гибкий аппарат, с помощью которого пользователь легко сможет на основе уже реализованных стандартных функций и машинно-зависимых операторов оформить эти конкретные подпрограммы-модули в виде новых стандартных функций.

Введение аппарата стандартных функций было обусловлено и тем, что оно позволяет пользователю легко, не трогая компилятора:

- внести в отдельные подпрограммы-модули управления небольшие изменения уже после введения системы в действие на конкретной ЭЕМ;

— поставить несколько видоизмененных копий одной и той же системы пользователям, решающим задачи из одной области, но располагающими различными конфигурациями оборудования.

Программы на `SORLAN`'е имеют модульную структуру. Адресные связи между подпрограммами, функциями и стандартными функциями реализованы с помощью механизма внешних ссылок.

Мобильность специализированного программного обеспечения на базе языка `SORLAN` оценивается по общепринятым показателям. Полученные в результате методических исследований оценки этих показателей позволяют говорить о высокой мобильности предложенного программного обеспечения.

Во второй главе приведено подробное описание языка `SORLAN` и представлены записи исходных программ.

Изобразительные средства языка, определяющиеся наиболее часто встречающимися в задачах управления объектами и действиями над ними, выделены в соответствующие части.

Описание языка представлено в виде задания набора основных символов, правил построения текстов языка и смыслового и содержательного значения каждого такого правила.

Для формального описания структуры и синтаксиса языка применяется металингвистический язык Бэкуса /1/. На этом же языке описывается синтаксис команд автокода соответствующей мини-ЭВМ, которые включаются в исходный язык. Однако, надо отметить, что однозначность языка `SORLAN` достигается не только методами формального описания языка, но и средствами трансляции.

Для большей обзорности и удобства чтения исходных прог-

рам на `SORLAN`'е . а также обеспечения простоты лексического и синтаксического анализа в процессе трансляции, используется фиксированный формат записи операторов языка `SORLAN` .

В третьей главе дается обоснование структуры и описание реализованных трансляторов с языка `SORLAN` для мини-ЭВМ типа "Электроника-100" (РДР-8, ТРА) /2/ и ЭВМ типа М-6000 (ЭВМ фирмы Hewlett Packard серии 2100)/3/. В основу этих трансляторов положен классический транслятор, оптимизированный для достижения желаемого баланса между временем трансляции и качеством объектной рабочей программы. Трансляторы с языка `SORLAN` для вышеуказанных мини-ЭВМ написаны для использования на большой ЭВМ БЭСМ-6. Выбор ЭВМ не случаен, так как она наиболее распространенная среди больших ЭВМ отечественная машина в крупных физических центрах СССР. При этом также учитывалось и наличие эмуляторов ЭВМ типа "Электроника-100" и М-6000 на ЭВМ БЭСМ-6.

Реализованные трансляторы, как программы, написаны на языке ФОРТРАН, расширенном путем введения процедур для операций над кодами и символами, что придает созданному программному обеспечению высокую мобильность.

Описываемые трансляторы объединены общей идеологией и их условно можно разделить на три основные части:

- компилятор, выполняющий перевод язык `SORLAN` — автокод;
- ассемблер, выполняющий перевод автокод — язык загрузки;
- загрузчик, выполняющий перевод язык загрузки — машинный язык.

Результат работы трансляторов на ЭВМ БЭСМ-6 - программа на машинном языке в абсолютных адресах выдается на перфолен-ту в формате, годном для загрузки на "реальной" ЭВМ.

Выбранная и реализованная структура компилятора, использующая в качестве промежуточной формы представления любых конструкций языка FORTRAN польскую запись (для декларативных операторов - прямую польскую запись, для всех остальных - обратную), позволила:

- достигнуть максимальной независимости компилятора от конкретной мини-ЭВМ;
- получить эффективную выходную программу на автокоде мини-ЭВМ.

Для перевода конструкций языка в польскую запись использован модифицированный алгоритм, основанный на использовании магазинной памяти-стеков, и названный в литературе методом двойного старшинства.

В ассемблерах для мини-ЭВМ с малой длиной слова весьма осложняется задача автоматического распределения памяти для объектных программ, полученных после компиляции с языков высокого уровня. С целью ускорения процесса трансляции и упрощения структуры ассемблеров для мини-ЭВМ, предназначенных для использования на другой ЭВМ, предложен и реализован новый алгоритм автоматического распределения памяти с учетом ее разбиения на страницы. Показана целесообразность включения алгоритма разбиения памяти на страницы в тот или иной проход ассемблера в зависимости от длины страницы и уровня косвенной адресации данной мини-ЭВМ.

Хорошая конфигурация внешних устройств, память в ИБМ 18-и разрядных слов, наличие макроязыка и транслятора с языка FORTRAN позволили написать компилятор с языка FORTRAN в макро-язык ЭВМ РДР-9, работающий на самой ЭВМ РДР-9/4/. Реализованный компилятор вместе с фирменным ассемблером позволяет проводить трансляцию исходных программ на FORTRAN'e в машинный язык ЭВМ РДР-9.

Реализованные трансляторы обнаруживают формальные несоответствия синтаксису языка, ошибки в структуре операторов и печатают соответствующие диагностические сообщения.

В четвертой главе описывается система программ транслятор-эмулятор для малой ЭВМ РДР-9 на большой ЭВМ БЭСМ-6.

С целью обеспечения полной автоматизации работ на различных уровнях: проектирования, разработки, программирования, отладки и решения задач, предназначенных для использования на ЭВМ РДР-9, разработана и реализована объединенная система программ на ЭВМ БЭСМ-6, состоящая из следующих основных частей:

- транслятора, переводящего исходную программу на FORTRAN'e в код машины ЭВМ РДР-9;
- эмулятора, моделирующего основные элементы ЭВМ РДР-9 и интерпретирующего его команды на ЭВМ БЭСМ-6;
- блока обработки управляющих карт системы, с помощью которых организуется трансляция, выполнение в режиме эмуляции и отладка на большой ЭВМ БЭСМ-6 задач пользователя, написанных для использования на ЭВМ РДР-9.

Эта система программ реализована на ФОРТРАН-е с небольшим включением автокодных программ и легко адаптируется на другую большую ЭВМ.

Элементами вычислительной машины РДР-9, моделируемыми на БЭСМ-6, являются:

- память;
- центральный процессор;
- схема прерывания;
- часы реального времени;
- программный канал;
- пульт ЭВМ.

Основная часть эмулятора-модель центрального процессора - выполняет действия, нужным образом изменяющие состояние регистров и памяти эмулированной ЭВМ в зависимости от ее текущей команды. Модель процессора выполняет в режиме эмуляции все команды типа: адресные, операционные, расширенной арифметики и некоторые команды ввода-вывода. Если для команд других типов в моделируемом процессоре выбран способ табличного указания действий БЭСМ-6, соответствующих текущей команде РДР-9, то для операционных команд выбран способ прямого копирования работы центрального процессора РДР-9.

Такое копирование хотя и занимает много времени, зато позволяет интерпретировать все, без исключения, операционные команды в режиме микропрограммирования. Следует отметить, что в реализованном эмуляторе основное внимание уделялось не на скорость его работы, а на введение различных специальных средств для обнаружения ошибок и проведение полной отладки задач, предназначенных для использования на ЭВМ РДР-9.

По отношению к описываемой системе, совокупность программ ЭВМ РДР-9 (на языке СОЛАН или в машинном коде) образует собственный пакет. Управление обработкой этого пакета обеспечивается соответствующими управляющими картами системы.

В пятой главе описаны применения языка СОЛАН для разработки программ управления автоматом НРД с помощью ЭВМ РДР-9.

На базе основных обслуживающих программ-модулей, которые являлись общими в разных программах управления автоматом НРД, конструируются машинно-зависимые операторы языка СОЛАН. Язык СОЛАН с этими машинно-зависимыми операторами (стандартными функциями) используется при написании программ управления для конкретных экспериментов, проводимых в Ереванском Физическом институте.

Для проверки полноты выбранной системы машинно-зависимых операторов языка СОЛАН применительно к управлению НРД и установления некоторых количественных оценок эффективности их использования выбраны две конкретные задачи: актуальная программа управления НРД для обработки астрофизической информации и обработки данных с искровых камер.

Результаты методических исследований по оценке качества языка СОЛАН показали: управляющие программы работают нормально, без сбоев, их объем сокращается примерно в 3,5-4 раза по сравнению с автокодным вариантом, написанным вручную, а небольшое увеличение объектных программ (в 1,2 раза) не является критичным по объему и времени.

Изложенный материал может служить методической базой для создания на языке `SORLAN` программного обеспечения физических экспериментов с использованием других измерительных автоматов.

Указываются пути дальнейшего использования специализированного программного обеспечения для мини-ЭВМ на базе языка `SORLAN`.

Заключение. Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. На основе методов структурного программирования создан многоуровневый специализированный язык: `SORLAN` для написания управляющих программ с использованием мини-ЭВМ в экспериментальной физике.

2. Предложена и реализована структура компилятора со специализированного языка `SORLAN`, позволяющая: а) выполнять основные фазы компиляции за один проход исходного текста при хорошей эффективности объектных программ; б) обеспечивать возможность программного обеспечения на базе языка `SORLAN` не только на уровне языка, но и на уровне анализа алгоритмических текстов.

3. Для объектных программ мини-ЭВМ, полученных после компиляции с языков высокого уровня на другой, большой ЭВМ, предложен и реализован алгоритм автоматического распределения памяти с учетом ее разбиения на страницы.

4. Разработаны и реализованы трансляторы с языка `SORLAN` в машинные коды ЭВМ типа "Электроника-100" и М-6000. Трансляторы предназначены для использования на большой ЭВМ БЭСМ-6.

5. Разработан и реализован компилятор с языка `SORLAN` и макроязык ЭВМ РДР-9. Компилятор, предназначенный для использования на самой ЭВМ РДР-9, позволяет вместе с фирменным ассемблером транслировать программы на `SORLAN'e` в машинный код ЭВМ РДР-9.

6. Разработана и реализована система программ транслятор-эмулятор для малой ЭВМ РДР-9 на большой ЭВМ БЭСМ-6, которая позволяет:

а) транслировать программы с языка `SORLAN` в машинный код РДР-9; б) загружать объектные программы на машинном языке РДР-9 в соответствующую память БЭСМ-6 и выполнять их в режиме эмуляции; в) проводить отладку исходных программ, предназначенных для использования на ЭВМ РДР-9.

7. Язык `SORLAN` внедрен в практику путем применения его для написания программ управления автоматом НРД в конкретных экспериментах.

Проведены методические исследования с целью выявления преимуществ и недостатков языка `SORLAN`.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Г.Е.Бабаян, Г.А.Ососков. Описание специализированного языка `SORLAN` для автоматизации программирования на управляющих мини-ЭВМ. ОИЯИ, IO-9768, Дубна, 1976г.
2. Г.Е.Бабаян, Г.А.Ососков. Транслятор с языка `SORLAN` в машинный код ЭВМ типа "Электроника-100". ОИЯИ, II-9766, Дубна, 1976г.
3. Г.Е.Бабаян Фортранный транслятор со специализированного языка `SORLAN` для ЭВМ М-6000. ОИЯИ IO-9953, Дубна, 1976г.
4. Г.Е.Бабаян, А.М.Зверев, Г.А.Ососков. Компилятор со специализированного языка `SORLAN` в макро-язык ЭВМ РДР-9. БФИ-227(20), Ереван, 1977г.
5. Г.Е.Бабаян, А.М.Зверев, Ю.П.Можаров, Г.А.Ососков. Исследование по применению языка `SORLAN` для разработки программ управления автоматом НРД с помощью ЭВМ РДР-9. БФИ-228(21), Ереван, 1977г.

