

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

C-195

11-83-835

САПОЖНИКОВ  
Александр Павлович

ПРОБЛЕМЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ДЛЯ ЗАДАЧ КЛАССА АСУ

Специальность: 01.01.10 - математическое обеспечение  
вычислительных машин и систем

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Дубна 1983

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук,  
старший научный сотрудник

И. Н. СИЛИН

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,  
профессор

Е. А. ГРЕБЕН ИКОВ

кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник

В. И. МАКСАКОВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Институт точной механики и вычислительной техники, Москва.

Защита диссертации состоится "22" марта 1984 г.  
в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований, Дубна.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "13" апреля 1984 г.

Ученый секретарь Специализированного совета  
кандидат физико-математических наук

З. М. ИВАНЧЕНКО

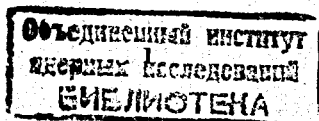
Актуальность. Возрастающая мощность средств вычислительной техники, доступность вычислительных машин стимулируют все более активное применение ЭВМ в народном хозяйстве. Потребности народного хозяйства в автоматизации управления производством, в автоматизации решения экономических проблем порождают широкий спектр задач, называемых ныне задачами класса АСУ. Такие задачи отличаются от традиционных задач численных расчетов, для которых и создавались первые ЭВМ, большим объемом обрабатываемой информации, более активным использованием внешней памяти ЭВМ, более интенсивным взаимодействием человека и машины в процессе решения задачи.

В настоящее время широкое применение получают индустриальные методы разработки программных систем для решения задач класса АСУ на основе использования пакетов прикладных программ (ППП). В общем случае ППП - это набор программных средств, позволяющий решать определенный класс задач или выполнять определенную совокупность функций. В этом классе программных средств особую роль играет так называемое инструментальное обеспечение - средство отображения логических функций программы на возможности конкретной ЭВМ и ее операционной системы (ОС).

От полноты набора инструментальных средств, от качества их интерфейса во многом зависят такие характеристики программных систем, как надежность, гибкость, эффективность, мобильность. Наличие хорошо документированного инструментального обеспечения позволяет разработчикам систем класса АСУ быстрее освоить технику и хороший стиль программирования на ЭВМ, что в конечном счете ускоряет темпы создания систем.

Большой вклад в разработку систем класса АСУ вносят ведущие научно-исследовательские центры, располагающие солидной вычислительной базой. В ОИЯИ начиная с 1975 г. ведутся интенсивные разработки автоматизированных систем обработки данных и работы по применению их к конкретным задачам управления. На ЭВМ БЭСМ-6 успешно функционируют автоматизированная система кадрового учета ОИЯИ<sup>1/1</sup>, система учета изобретений и рацпредложений<sup>2/2</sup>, автоматизированная система обработки данных энергосбыта<sup>3/3</sup>.

Опыт разработки этих систем показал актуальность проблемы создания инструментального обеспечения для задач класса АСУ.



Цель работы. Целью настоящей работы является создание комплекса инструментальных программных средств, предназначенных для эффективной реализации на ЭВМ БЭСМ-6 программного обеспечения задач класса АСУ. В этой работе можно выделить два основных этапа:

1. В 1976 г. по инициативе Дубненской электрической сети Мособлэлектро автору диссертации было предложено:

- провести исследования различных аспектов создания математического обеспечения системы обработки данных электросетевого предприятия;

- используя полученные результаты, разработать алгоритмы и создать соответствующие программы для ЭВМ БЭСМ-6.

2. В ходе первого этапа работ стало очевидно, что, во-первых, проектируемая система является типичной программной системой класса АСУ, во-вторых, средства поддержки таких разработок, существовавшие в рамках операционной системы "Дубна", явно недостаточны. В связи с этим и были сформулированы основные цели нашей работы:

- на основе анализа накопленного опыта разработки, а также анализа других систем класса АСУ, выяснить основные требования, предъявляемые такими системами к инструментальным средствам программирования;

- в соответствии с этими требованиями реализовать возможно более полный набор инструментальных средств в рамках ОС "Дубна" ЭВМ БЭСМ-6;

- в целях повышения эффективности использования некоторых инструментальных средств, а также для расширения их возможностей, провести значительную модернизацию операционной системы.

Научная новизна. Созданный диссертантом инструментальный комплекс включает как готовые программные решения большинства проблем, возникающих у разработчиков систем класса АСУ, так и средства поддержки самого процесса разработки. Использование инструментального комплекса позволяет на языках высокого уровня по-новому и эффективно решать как задачи класса АСУ, так и некоторые научно-технические задачи.

Введение новых возможностей в серийную версию ОС "Дубна" позволяет расширить круг задач, решаемых на ЭВМ БЭСМ-6.

В диссертации дан пример комплексного системного подхода к разработке типичной программной системы класса АСУ. Впервые в СССР на ЭВМ третьего поколения реализован комплекс программ расчета и оптимизации городских распределительных электрических сетей. Подход к решению проблемы характеризуется:

- широким использованием готовых инструментальных средств;
- использованием единой базы данных для всех расчетов;
- наличием диалогового режима работы;
- ориентацией на пользователя-непрограммиста.

Принципиально новым решением проблемы ввода в ЭВМ информации о структуре сети является предложенный в диссертации алгоритм интерактивного ввода, гарантирующий связность графа сети.

В рамках математической модели электросети предложен и обоснован алгоритм топологического упорядочения графа, а также эффективный алгоритм решения задачи Кирхгофа на графе. Оба алгоритма используют минимальное представление графа.

Практическая ценность. Инструментальный комплекс, созданный автором диссертации, включен в состав стандартного математического обеспечения ОС "Дубна" и используется к настоящему моменту более чем в 30 организациях СССР.

Отдельные программы комплекса широко используются в ОИТИ и сотрудничающих организациях в составе различных программных систем обработки результатов физических экспериментов.

На базе пакета программ моделирования виртуальной памяти создана новая версия пакета "ТЕХПРО" для проектирования печатных плат. При этом без заметных потерь эффективности на небольших платах обеспечено значительное увеличение предельно возможных размеров плат.

Предложенная в диссертации методика адаптации на БЭСМ-6 фор-ранных программ с других ЭВМ значительно уменьшает трудозатраты на освоение программ, получаемых ОИТИ из ЦЕРНа и других зарубежных физических центров. Средства для организации контрольных точек, разработанные автором, позволяют снизить потери машинного времени из-за сбоя ЭВМ в процессе счета больших задач.

В целом инструментальный комплекс предоставляет разработчикам систем класса АСУ и САПР богатый набор средств для реализации отдельных компонентов этих систем: языков описания данных, СУБД, генераторов отчетов и т.п. Как показал опыт эксплуатации, комплекс представляет определенный интерес для всех пользователей ЭВМ БЭСМ-6.

Созданный по заказу Дубненской электросети комплекс ПРОГРЭС - программ расчета и оптимизации городских распределительных электрических сетей, ныне используется для обработки данных всех электросетей Московской области, а также отдельных сетей в городах: Череповец, Смоленск, Новороссийск. Вся информация была введена в базу данных ПРОГРЭС сотрудниками Дубненской сети на основании электрических схем сетей-абонентов. Расход машинного времени на полный комплект расчетов для одной сети составляет не более 5 минут.

Комплекс ПРОГРЭС обеспечивает автоматизацию инженерных расчетов, ликвидирует рутинный труд. Мероприятия, проводимые в электросетях на основе анализа машинных расчетов, позволяют снизить потери электроэнергии при ее передаче. По данным Мособлэлектро, только за первый год эксплуатации ПРОГРЭС сэкономлено 1,2% годового потребления энергии, что в масштабах Московской области составляет несколько миллионов кВт/ч. Попутно высвобождается ежегодно около 1000 человеко-дней труда квалифицированных инженеров-электриков, затрачиваемых ранее на ручной расчет потерь.

Эти результаты получены при использовании только одной ЭВМ БЭСМ-6 ОИЯИ, без распространения ПРОГРЭС в другие организации. При этом расход машинного времени на нужды электросетей признан в ЛВТА ОИЯИ незначительным.

Идеи, методы, некоторые алгоритмы, использованные в ПРОГРЭС, могут быть с успехом применены в аналогичных задачах для сетей тепло-, водо- и газоснабжения.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на:

- Всесоюзной научно-технической конференции "Повышение эффективности городских электросетей в условиях роста уровня электрификации быта", Красноярск, 1978 г.;
- Всесоюзной научно-технической конференции "Опыт применения ЭВМ в городских электрических сетях", Киев, 1979 г.;
- Всесоюзной конференции "Математика и механика - народному хозяйству", Москва, 1980 г.

Комплекс ПРОГРЭС программ расчета и оптимизации городских распределительных электрических сетей в 1980 году отмечен серебряной медалью ВДНХ СССР.

Все результаты подробно докладывались на научных семинарах ЛВТА ОИЯИ.

Публикации. По результатам диссертации опубликовано 7 работ /7-13/.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 124 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 85 наименований.

#### Содержание диссертации

В первой главе рассматривается инструментальный комплекс программных средств в поддержку разработок систем класса АСУ. Комплекс создан автором диссертации в рамках стандартного математического обеспечения операционной системы "Дубна".

В I.2 описывается общая организация комплекса, классификация инструментальных средств по проблемным разделам, способ документирования программ комплекса.

В I.3.1 обсуждаются вопросы организации ввода-вывода в системах, предусматривающих как пакетный, так и интерактивный режимы работы. Предлагается универсальная процедура для организации диалога.

В I.3.2 рассматривается набор процедур для обработки символьной информации и лексического анализа. Приводятся примеры, иллюстрирующие стиль программирования на фортране с использованием этих процедур.

В I.3.3 содержится описание процедуры динамического заказа ресурсов внешней памяти. Обосновывается необходимость динамического заказа ресурсов в задачах класса АСУ.

В I.3.4 обсуждаются вопросы программного моделирования виртуальной памяти. Дается краткий обзор работ<sup>5,6/</sup> по этой проблеме, проведенных на ЭВМ БЭСМ-6. Описывается созданный автором диссертации пакет программ для моделирования виртуальной памяти. Предлагается методика адаптации на БЭСМ-6 фортранных программ, перенесенных с ЭВМ, имеющих большую прямо адресуемую память. Описывается реализованная в ОС "Дубна" идея расширения адресного пространства задачи за счет виртуальных трактов МБ, продолжающих математическую память БЭСМ-6.

В I.3.5 описывается универсальная процедура внутренней сортировки. В основу процедуры положен алгоритм Шелла. Размеры сортируемых записей, а также способ сравнения их ключей, являются входными параметрами процедуры.

В I.3.6 рассматриваются средства для запоминания состояния программы в процессе счета. Описывается способ организации контрольных точек, не требующий изменений в тексте программы.

В I.3.7 перечислены разработанные автором программные средства для обмена информацией между БЭСМ-6 и другими ЭВМ.

В I.3.8 обсуждается набор инструментальных средств для поддержки процесса разработок программных систем. Подробно описана программа-архивариус, выполняющая функции хранения, модификации, документирования программного хозяйства пользователя ЭВМ.

Далее в диссертации описывается разработанная автором на основе широкого применения готовых инструментальных средств система для решения важной народнохозяйственной задачи - учета и анализа потерь энергии в электрических сетях. Опыт разработки этой системы позволил полнее осознать проблемы инструментального обеспечения задач класса АСУ.

Во второй главе дается краткий обзор и приводится анализ проблем математического обеспечения в задачах управления энергосистемами. Приводится классификация электрических сетей, состав их технического оборудования.

Описывается математическая модель распределительной электрической сети среднего напряжения. Модель использует понятия теории графов. Вводится понятие топологической упорядоченности вершин и ребер графа сети. Предлагается алгоритм топологической сортировки графа, заданного списком ребер. Для графа из  $N$  ребер алгоритм осуществляет за  $n^2$  операций.

- сортировку вершин и ребер графа по степени их близости к вершине-источнику;

- установку регулярной ориентации ребер;

- тестирование графа на замкнутость и связность;

- для графов с циклами - получение набора сбалансированных токоразделов.

Задача вычисления значений токов на ребрах графа сводится к системе уравнения Кирхгофа на основном дереве графа. Предлагаются эффективные алгоритмы решения этой системы, а также расчета напряжений в узлах сети. Приводятся формулы для всех электрических расчетов, производимых комплексом ПРОГРЭС. При расчете потерь мощности и энергии в сети используется методика, рекомендованная АКХ им. Памилова /14/.

В третьей главе описывается комплекс ПРОГРЭС программ расчета и оптимизации городских распределительных электрических сетей. В состав ПРОГРЭС входят следующие блоки:

- диалоговый монитор;

- блок формирования модели электросети;

- блок электротехнических расчетов;

- справочник характеристик элементов;

- управление базой данных;

- редактор модели сети;

- сервисный блок.

Обсуждаются проблемы организации диалога ЭВМ с пользователем-непрограммистом. Рассматриваются отдельные блоки ПРОГРЭС, язык описания данных, методы представления данных в памяти ЭВМ.

Большое внимание уделено психологическим аспектам диалога, вопросам обеспечения надежности системы, способам повышения достоверности входной информации. Предлагается оригинальный алгоритм ввода в ЭВМ информации о структуре сети, гарантирующий связность графа сети.

В заключении приводятся основные результаты диссертации:

1. Разработан и реализован на ЭВМ БЭСМ-6 комплекс инструментальных программных средств, обеспечивающих потребности системного программиста в таких операциях, как:

- организация диалога;

- форматные преобразования;

- лексический анализ;

- динамический заказ ресурсов;

- управление данными во внешней памяти;

- сортировка;

- организация контрольных точек;

- обмен информацией с другими ЭВМ;

- сервисное обеспечение программных разработок.

2. Предложена методика адаптации на БЭСМ-6 программ, перенесенных с ЭВМ, имеющих большую прямо адресуемую память. Методика основана на идеях программного моделирования виртуальной памяти.

3. В рамках ОС "Дубна" реализован аппарат, позволяющий без интенсивного замещения страниц производить счет задач, имеющих рабочий набор до 100 страниц.

4. Разработана математическая модель распределительной электрической сети среднего напряжения, основанная на понятиях теории графов.

5. Предложен и обоснован алгоритм топологического упорядочения вершин и ребер графа сети по степени их близости к вершине-источнику. Разработан алгоритм решения системы  $n$  уравнений Кирхгофа на упорядоченном графе за  $n$  операций. Алгоритм использует только последовательное представление информации.

6. Предложен оригинальный алгоритм ввода в ЭВМ информации о структуре сети, гарантирующий связность графа сети. Все перечисленные алгоритмы могут быть с успехом применены также для решения задач тепло-, водо- и газоснабжения.

7. Разработан и реализован на ЭВМ БЭСМ-6 комплекс программ расчета и оптимизации городских распределительных электрических сетей (ПРОГРЭС). Его отличают следующие принципиальные особенности:

- используется единая база данных для всех электрических расчетов;

- работа происходит в интерактивном режиме. Используется стратегия диалога с инициативой у программы;

- комплекс ориентирован на эксплуатацию пользователем-непрограммистом. Общение с пользователем происходит в терминах предметной области.

При разработке ПРОГРЭС была впервые использована и опробована большая часть созданного диссертантом инструментального комплекса программных средств поддержки разработок систем класса АСУ. С другой стороны, опыт разработки ПРОГРЭС, достаточно типичной системы класса АСУ, чрезвычайно полезен для дальнейшего развития инструментального комплекса.

### Литература

1. Говорун Н.Н. и др. ОИЯИ, IO-IO95I, Дубна, 1977.
2. Говорун Н.Н. и др. ОИЯИ, BI-IO-I2976, Дубна, 1979.
3. Лебедев С.С., Мазный Г.Л. ОИЯИ, IO-8490, Дубна, 1975.
4. Амосов А.В. и др. Единая система автоматизированного проектирования и изготовления радиоэлектронной аппаратуры (ЕСАПИ-26). В сб.: ЭВМ в проектировании и производстве /под ред. Г.В.Орловского/ Л., "Машиностроение", 1983, с.254-261.
5. Коновалов Н.А., Крюков В.А., Любимский Э.З. Управляемая виртуальная память. Программирование, № I, 1977.
6. Карначук В.И., Шустов Г.В. Система виртуальной памяти. Ин-т теоретической и прикладной механики. Препринт № 6, Новосибирск, 1978.
7. Гусев А.В., Ломидзе О.Н., Сапожников А.П., Силин И.Н. Новые возможности ОС "Дубна". В сб.: Проблемы повышения эффективности БЭСМ-6. Иркутск, СЗИ СО АН СССР, 1976.
8. Лебедев С.С., Сапожников А.П. Применение ЭВМ на электросетевых предприятиях для решения задач минимизации потерь электрической энергии. Промышленная энергетика, 1979, № 12.
9. Каданцев С.Г., Мазный Г.Л., Сапожников А.П., Семашко Г.Л. ОИЯИ, IO-IO850, Дубна, 1977.
10. Мазный Г.Л., Сапожников А.П. ОИЯИ, I8-II85I, Дубна, 1977.
11. Сапожников А.П. ОИЯИ, IO-80-22I, Дубна, 1980.
12. Сапожников А.П., Федюшкин Е.Д. ОИЯИ, BI, II-83-792, Дубна, 1983.
13. Сапожников А.П. ОИЯИ, BI, II-83-793, Дубна, 1983.
14. Методические указания по определению потерь электроэнергии и их снижению в городских электрических сетях напряжением IO(6) - O,4 кВ. Изд.-во АКХ им. Памфилова, М., 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел  
13 декабря 1983 года.