

С-426
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На правах рукописи

Скачек Анатолий Владимирович

РАСРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
КОЛЛЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НА БАЗЕ ЭВМ СРЕДНЕГО КЛАССА

(на примере четырех институтов АН БССР)

Специальность 01.01.10

математическое обеспечение
вычислительных машин и систем

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна - 1979

Работа выполнена в Лаборатории автоматизации научных исследований Института технической кибернетики АН БССР.

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник Букат Г.М.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник Сильви Игорь Николаевич

кандидат технических наук Довгьяло Алексей Михайлович

Ведущая организация:

Институт электроники и вычислительной техники
АН Латвийской ССР, Рига

Защита состоится 26 апреля в 13⁰⁰ часов
на заседании Специализированного совета Д047.01.04
Лаборатории вычислительной техники и автоматизации
Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна,
Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической
библиотеке Объединенного института ядерных исследований

Автореферат разослан 23 марта 1979 г.

Ученый секретарь Специализированного совета
кандидат физико-математических наук

Ильин

З.М.Изагченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Наука в настоящее время стала непосредственной производительной силой. Решение вопросов автоматизации научных исследований (АНИ) на основе применения ЭВМ является важной задачей, направленной на повышение эффективности и сокращение сроков научных исследований. Особенностью использования ЭВМ в этой области является неопределенность и динамика требований конкретных услуг и действий ЭВМ, что объясняется поисковым характером процесса научных исследований. Вследствие этого наибольший эффект достигается при диалоговых методах общения с ЭВМ. Во многих случаях диалоговые системы являются системами коллективного пользования (СКП).

Анализ требований к современной организации систем автоматизации экспериментов показывает, что в рамках СКП должны быть решены не отдельные вопросы автоматизации, а обеспечиваться комплексное решение вопросов как съема, обработки и хранения экспериментальных данных, так и разработки, отладки, выполнения программ содержательной обработки и всего цикла промежуточных сервисных работ с активным диалогом исследователя с ЭВМ в процессе проведения эксперимента.

Вопросам программной организации СКП для комплексной автоматизации научных исследований и посвящена работа.

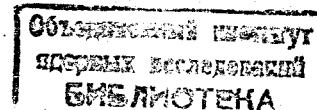
Цель работы заключалась в исследовании проблемы использования ЭВМ среднего класса в пределах ее возможностей для автоматизации экспериментальных спектроскопических исследований в системном плане и коллективном аспекте при обеспечении единства отдельных задач автоматизации в рамках одной системы, в анализе различных способов ее реализации и их эффективности, а также в разработке и создании программного обеспечения такой системы.

Объектом исследования являлись задачи автоматизации научных исследований, способы их решения, сама система и принципы ее реализации.

Методами исследования являются сравнительный и системный анализ, имитационное моделирование и программные измерения.

Практическая ценность результатов работы

С участием автора на базе ЭВМ "Минск-32" в 1972-1976 гг. создана СКП ГАММА, с помощью которой автоматизированы эксперименты в области инфракрасной спектроскопии, изучения параметров электрон-



ных приборов на основе анализа низкочастотных шумов, хроматографического анализа химических веществ и др., что позволило ввести в практику новые методики эксперимента, значительно ускорить получение результатов эксперимента и внедрение итогов исследований в производство. Возможность проведения перечисленных разнохарактерных экспериментов в рамках одной системы является следствием достаточной общности предложенных методов реализации подсистем и языка управления. Апробированные на действующей системе решения используются в настоящее время при создании системы АНИ для ряда институтов АН БССР на базе ЕС ЭВМ и мини-ЭВМ.

Научная новизна

В реализованной системе за счет системных средств основные задачи автоматизации экспериментальных исследований решены комплексно в рамках одной системы с учетом возможностей ЭВМ среднего класса и в коллективном аспекте, в связи с чем были выполнены исследования и разработка соответствующего языка управления, принципов реализации и отладки СКП подобного назначения, ее отдельных подсистем и способов их взаимодействия. При этом предложена своя методика создания операционной системы (ОС) СКП среднего класса, представляющей возможность активного использования диалоговых средств для управления сбором и обработкой экспериментальных данных. Сделан и обоснован выбор конкретного варианта системы. Для исследования характеристик системы в различных режимах работы и эффективности некоторых способов ее реализации разработана имитационная модель коллективной системы автоматизации научных исследований.

Личный вклад автора

Автор являлся ответственным исполнителем системного программного обеспечения СКП. Им разработаны принципы реализации системы и подсистем автоматизации эксперимента, написан ряд основных блоков и выполнена комплексная отладка СКП, реализована и исследована имитационная модель СКП.

Апробация работы. Результаты работы использованы в НИР, выполненной в соответствии с Постановлением ГКНТ СССР в лаборатории автоматизации научных исследований ИМ АН БССР, государственный регистрационный номер отчета № 74011093 от 22.01.76 г., и техническом проекте системы АНИ, разработанном в соответствии с заданием

0.80.16.02 ГКНТ СМ СССР.

Основные результаты этапов диссертационной работы докладывались и обсуждались на Всесоюзном совещании "Проблемы стандартизации информационно-вычислительной техники", Минск, 1972; Семинаре "Организация технических комплексов ЭВМ и их программное обеспечение. Проблемы организации систем коллективного пользования", Владимир, 1975; XI Всесоюзной школе по автоматизации научных исследований, Минск, 1977; Семинаре Кафедры кибернетики и прикладной математики МГУ, Москва, 1977; Семинаре лабораторий Института автоматизации и электротехники, Новосибирск, 1977; Семинаре "Диалоговые и обучающие системы" ИС АН УССР, Киев, 1978; Семинаре Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ, Дубна, 1978; Всесоюзной научно-технической конференции "Автоматизация экспериментальных исследований", Куйбышев, 1978; Научно-техническом семинаре Отдела вычислительной техники ИАЭ им. И.В.Курчатова, Москва, 1978.

Публикации

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 9 работах.

Структура и объем работы

Диссертационная работа изложена на 139 страницах машинописного текста, рисунков 6, таблиц 8, графиков 14, и состоит из введения, пяти глав и заключения, списка использованной литературы 153 наименований и 7 приложений.

В заключении приведены основные результаты работы. Приложения включают описание языка управления СКП, текст программных моделей СКП на языке моделирования GPSS на ЕС ЭВМ, акт о внедрении, расчет экономического эффекта, отзыв об опыте эксплуатации системы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена анализу способов реализации программного обеспечения систем автоматизации научных исследований и конкретизации задач исследования.

Автоматизацию научных исследований можно условно подразделить на автоматизацию теоретического класса задач и автоматизацию экспериментальных исследований.

В теоретических исследованиях для выполнения расчетов по устоявшимся алгоритмам успешно применяются ОС пакетной обработки. В поисковых исследованиях, для которых специфично отсутствие четкого алгоритма решения задачи, вследствие чего необходима постоянная "переналадка" программ, часто методом проб и ошибок, задачи могут быть решены наиболее эффективно, быстро, лишь при диалоговых методах общения с ЭВМ. Как правило, это диалог с СКП.

Автоматизация экспериментальных исследований позволяет:

- достигнуть большей загрузки экспериментального оборудования;
- повысить производительность труда исследователя;
- разработать новые методики исследования за счет возможности использования большего объема данных и т.д.

Возможно несколько путей автоматизации эксперимента.

Один из них - использование выделенных под конкретные эксперименты мини-ЭВМ - приводит к созданию разрозненных систем, дублированию работ и должно быть экономически оправдано. При этом мини-ЭВМ часто используются в минимальной конфигурации, что позволяет решить лишь часть задач автоматизации, в основном, накопление информации измерений, предварительную обработку. Для более глубокой обработки применяются большие ЭВМ, т.е. задачи автоматизации не решаются комплексно при использовании лишь мини-ЭВМ.

Подсоединение экспериментальных установок к более мощной ЭВМ для обычных лабораторных экспериментов экономически оправдано только при коллективном ее использовании. В такой СКП имеется возможность использовать более производительные и дорогие устройства ЭВМ для группы автоматизированных экспериментов, т.к. стоимость этих устройств распределяется между экспериментами и, что наиболее важно, здесь почти все задачи автоматизации могут быть решены в рамках одной системы - весьма привлекательное качество с точки зрения ее пользователей.

Наиболее часто автоматизация эксперимента осуществляется с помощью отдельных программ, автоматизирующих конкретные операции: сбор, обработку и т.д. Этот путь характерен для автоматизации отдельных экспериментов.

Из анализа различных видов экспериментов в институтах физического и химического профилей АН БССР и их классификации следует, что большинство из них является спектроскопическими (порядка

70-80%), не требующими управления экспериментальной установкой со стороны ЭВМ в процессе проведения измерений. Работа и посвящена исследованию способов построения в первую очередь систем автоматизации этого наиболее массового класса экспериментов на базе СКП. Следует также отметить большую однородность используемого оборудования и методик исследования в указанных институтах. Например, только в Институте физико-органической химии (ИФОХ) АН БССР используются свыше 70 хроматографов. Общность методов измерения, обработки и представления результатов, применяемых в лабораториях физического и химического профиля, неравномерность в требованиях на услуги ЭВМ позволяет решить основные задачи автоматизации сразу некоторого класса экспериментов путем введения в состав СКП директив экспериментатора, соответствующих наиболее общим функциям автоматизации эксперимента.

В такой системе на экспериментатора возлагаются близкие ему задачи планирования и проведения эксперимента, разработки программного обеспечения.

В связи с такой постановкой вопроса перед создателями СКП встанут задачи разработки языка управления экспериментом, способа взаимодействия системы с программами пользователя, управления экспериментальными установками, доступа к измерительной информации и другие. Этот путь решения задач автоматизации эксперимента является естественным продолжением тенденций включения в состав ОС наиболее общих функций, присущих многим программам пользователей или составляющих их эксплуатационное сопровождение, в данном случае соответствующих автоматизации экспериментальных исследований - одной из развивающихся областей применения ЭВМ. В ОС первых СКП за счет директив были автоматизированы процессы разработки и выполнения программ в диалоговом режиме.

Из факта, что понятия теоретических и экспериментальных исследований относительно динамичны и, в конечном счете, неразрывны, следует целесообразность решения всех задач автоматизации эксперимента в рамках одной СКП, представляющей возможность как оперативной обработки экспериментальных данных, так и диалогового программирования, т.к. экспериментатор часто выступает в роли разработчика алгоритмов.

Вторая глава посвящена вопросам разработки языка управления создаваемой СКП. Отметим отсутствие в этой области стандартизации, а также методики разработки и описания языков управления и языков СКП автоматизации научных исследований в частности. Из анализа языков управления известных СКП (например, MULTICS, TSO в OS/360) можно сделать вывод о том, что они преимущественно ориентированы на диалоговое программирование и управление алфавитно-цифровыми файлами, т.е. в них отсутствует возможность управления съемом и обработкой данных эксперимента. В связи с этим предлагается методика разработки языка, ориентированного на использование в коллективной АСНИ. Суть методики заключается в том, что вначале определяются наиболее общие функции, связанные с автоматизацией некоторого класса экспериментов, затем совокупность объектов воздействия этих функций и свойства объектов. После этого возможно определение алфавита языка в зависимости от используемых терминалов и описание грамматики языка.

При описании языка для записи синтаксических определений использовалась модифицированная форма Бэкуса-Наура (повторяющиеся комбинации либо выбор объектов обозначаются $\{ \}$, где

i - минимальное, а j - максимальное число допустимых повторений). Ниже на рис. I приведен синтаксис основных директив реализованного языка управления. Из него видно, что язык управления системы в сравнении с существующими языками управления СКП имеет как общие черты, так и свои, что вызвано наличием подсистем обработки экспериментальных данных, отраженных в языке управления соответствующими директивами.

$\langle \text{сеанс} \rangle ::= \langle \text{директива включения} \rangle \langle \text{директива} \rangle_0^n \langle \text{директива отключения} \rangle$

$\langle \text{директива} \rangle ::= \langle \text{директива манипулирования алф.-цифр. файлами} \rangle | \langle \text{директива издания алф.-цифр. файлов} \rangle | \langle \text{информационно-справочная директива} \rangle | \langle \text{директива языковых подсистем} \rangle | \langle \text{директива связи} \rangle | \langle \text{директива управления обработкой данных эксперимента} \rangle$

$\langle \text{директива включения} \rangle ::= \text{ВКЛЮЧИТЬ} \langle \text{имя абонента} \rangle \text{ (ВК)}$

$\langle \text{директива отключения} \rangle ::= \text{ОТКЛЮЧИТЬ} \text{ (ВК)}$

$\langle \text{директива манипулирования алф.-цифр. файлами} \rangle ::= \text{СОЗДАТЬ} \langle \text{иф} \rangle \text{ (ВК)} \{ \langle \text{нумерованная строка} \rangle \}_0^n | \text{ЗАНЕСТИ} \langle \text{иф} \rangle \text{ (ВК)} \{ \langle \text{нумерованная строка} \rangle \}_0^n | \text{ЛАТАТЬ} \langle \text{иф} \rangle \text{ (ВК)} \{ \langle \text{нумерованная строка} \rangle \}_0^n | \text{КОПИРОВАТЬ} \langle \text{иф} \rangle \text{ (ВК)} | \text{СОХРАНИТЬ} \langle \text{иф} \rangle \langle \text{иф} \rangle \text{ (ВК)} | \text{СТЕРЕТЬ} \langle \text{иф} \rangle \text{ (ВК)} | \text{ОБНОВИТЬ} \langle \text{иф} \rangle \text{ (ВК)}$

$\langle \text{директива издания алф.-цифр. файлов} \rangle ::= \text{ЛИСТ} \langle \text{иф} \rangle \{ \langle \text{номер строки} \rangle \}_0^2 \text{ (ВК)}$

$\langle \text{информационно-справочная директива} \rangle ::= \text{АБОНЕНТОВ} \text{ (ВК)} | \text{СТАТУС} \text{ (ВК)} | \text{ФАЙЛЫ} \{ \langle \text{иф} \rangle \}_0^n \text{ (ВК)}$

$\langle \text{директива языковых подсистем} \rangle ::= \text{ЯЗЫК} \langle \text{имя подсистемы} \rangle \text{ (ВК)}$

$\langle \text{директива связи} \rangle ::= \text{ПОСЛАНИЕ} \langle \text{текст. оператору системы} \rangle \text{ (ВК)}$

$\langle \text{директива управления обработкой данных эксперимента} \rangle ::= \text{РЕЗЕРВИРОВАТЬ} \langle \text{иф} \rangle \langle \text{длина входного буфера} \rangle \langle \text{длина буфера результатов} \rangle \text{ (ВК)} | \text{ПУЛЬТ} \langle \text{спецификация формата} \rangle \text{ (ВК)} | \text{ОБРАБОТАТЬ} \langle \text{имя программы} \rangle \text{ (ВК)} | \text{ПАРАМЕТРЫ} \{ \langle \text{параметр} \rangle \}_0^n \text{ (ВК)} | \text{ВВОД} \{ \langle \text{номер экспериментального устройства} \rangle | \langle \text{имя магнитной ленты} \rangle \}_0^1 \langle \text{имя файла измерений} \rangle \{ \langle \text{номер измерения в файле} \rangle \}_0^1 \{ \langle \text{количество измерений} \rangle \}_0^1 \text{ (ВК)} | \text{АРХИВ} \langle \text{имя магнитной ленты} \rangle \langle \text{имя файла измерений} \rangle \{ \text{ВХОДНОЙ} | \text{РЕЗУЛЬТАТ} | \text{ОБА} \} \text{ (ВК)} | \text{ПОМЕСТИТЬ} \{ \text{ВХОДНОЙ} | \text{РЕЗУЛЬТАТ} \} \langle \text{имя массива в программе на языке Бейсик} \rangle \{ \langle \text{длина измерительной информации} \rangle \}_0^1 \text{ (ВК)}$

$\langle \text{иф} \rangle$ - имя файла, (ВК) - возврат каретки, признак конца директивы.

Рис. I. Формальный синтаксис языка общения

Третья глава посвящена исследованию вопросов реализации системы. Каждому j -му пользователю системы соответствует процесс

$$P_j = \{P_{ij}, D_{ij}, S_j\},$$

где P_{ij} - i -я процедура, соответствующая j -му процессу, D_{ij} - данные, над которыми выполняется процедура P_{ij} , S_j - состояние процесса (S_j^{4n} - состояние центрального процессора (ЦП), информация о динамике процесса и используемых ресурсах).

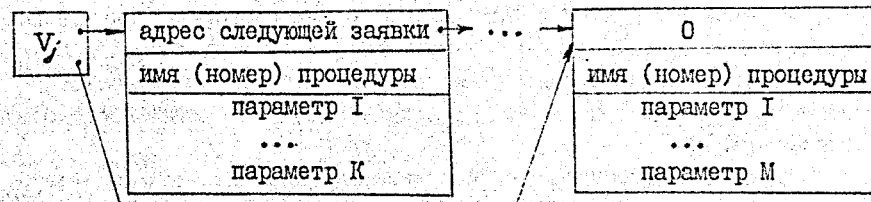
Если $P_{i\ell} = P_{im}$, $D_{i\ell} = D_{im}$ ($\ell \neq m$) абоненты используют ту же процедуру, если $D_{i\ell} = D_{im}$ - те же данные. Элемент $S_\ell \neq S_m$ обеспечивает независимость функционирования пользователей в системе. Указанная тройка $\{P, D, S\}$ позволяет полностью отобразить динамику СКП.

Важным является вопрос взаимоисключения процессов при доступе к общим ресурсам. Взаимоисключение процессов в системе достигается за счет изменения приоритета процессов при доступе к общим данным. Здесь диспетчер естественно включен в контур координации процессов, т.к. немислимо продвижение процессов без методов их диспетчеризации.

Среди используемых структур наиболее важен дескриптор процесса V_j , который дает полную информацию о состоянии процесса j -го пользователя.

Совокупность системных процедур СКП $P = \{P_i\}$ составляют ее статический супервизор. Для описания динамического супервизора пользователя, реализующего текущую директиву как последовательность системных процедур $P_i \in P$ предложен и использован метод программных заявок, в котором каждая процедура системы, подлежащая выполнению в динамическом супервизоре пользователя, описывается заявкой на ее выполнение. Вопрос реализации динамического супервизора пользователя СКП приобретает особую остроту в связи с ограниченностью объема основной памяти ЭВМ среднего класса, вследствие чего в памяти присутствует, как правило, лишь одна из процедур, реализующая директиву, и необходимо решить вопросы обмена информацией между цепочкой процедур и передачи управления. Имеется несколько способов его описания: с помощью шкал, карт состояний, векторов обработки, с помощью методов теории конечных

автоматов и т.д. Предложенный метод учитывает, с одной стороны, необходимость в гибкости описания возникающих динамических ситуаций в СКП, и, с другой стороны, наглядность описания реализации директив и эффективность отладки. Метод включает способ описания процедур, т.е. структуру заявок, так и возможные способы манипулирования заявками и их параметрами. Каждая заявка имеет такой вид и связь с другими заявками:



Адреса первой и последней заявок, реализующих текущую директиву пользователя, указаны в дескрипторе процесса V_j .

Номер процедуры фактически является комбинацией величин, указывающих класс процедуры (управления ресурсами, директивы, вспомогательные), номер процедуры в классе, вид (рентабельность). Параметрами являются имена файлов, адреса областей, информация о точке входа в процедуру и т.п. в зависимости от заявки.

Над множеством заявок динамического супервизора пользователя W определены функции $F_i: F_i \times W \rightarrow W'$, реализованные одной программой.

В данном методе описание иерархии программ и порядка их следования при выполнении отдельно от самих программ, что представляет определенные преимущества при отладке СКП. В этом аспекте метод подобен используемому в ОС ЕС описанию программ с помощью блоков заказов (RB). Но благодаря наличию в параметрах заявок всей информации об особенностях выполнения программ для выяснения большинства причин отказа СКП в предложенном методе достаточно отобразить лишь сгруппированную компактно информацию W , не прибегая к отображению разбросанных по памяти параметров обращения процедур. Кроме того, набор функций F_i здесь позволяет не только создавать или уничтожать заявки, но и изменять их параметры, выполнять вставки заявок и другие операции над W , необходимые для отображения динамичности СКП.

Заявки оказались удобным инструментом разработки, документирования и реализации системы, т.к. практически обсуждение реализации конкретных директив происходило на уровне обсуждения соответствующих заявок.

Выполнение процедур, описанных заявками, осуществляется с помощью программы СТАРТ, которая получает управление и адрес текущего V_j от супервизора процессов при выделении пользователю очередного кванта времени.

Супервизор процессов выполняет функции распорядителя времени центрального процессора, организует подсчет использованного времени, осуществляет свопинг по истечении кванта времени, осуществляет продолжение или запуск процедур, соответствующих процессам пользователей.

По своему назначению программные заявки можно подразделить на заявки-драйверы устройств, заявки управления ресурсами, заявки процедур-директив, вспомогательные заявки. С их помощью осуществляется реализация всех директив.

Здесь же изложены принципы реализации подсистем обработки эксперимента. Каждому экспериментатору в системе поставлена в соответствие своя область памяти, называемая областью экспериментатора, которая создается динамически и длина которой определяется после набора соответствующих директив. Схематично движение измерительной и управляющей информации изображено на рис. 2. Из приведенного рисунка видно, что благодаря включению в состав системы общих средств управления экспериментами, доступных с помощью языка управления и принятых методов реализации, экспериментатор может сосредоточить свои усилия на разработке алгоритмов программ содержательной обработки на языке диалогового программирования, отработке новых методик, вести обработку данных эксперимента по ранее созданным программам на языке ФОРТРАН, вести накопление данных и результатов обработки в архиве системы. Экспериментатор избавлен от необходимости знания особенностей организации диалога, управления устройствами, способов хранения и организации информации и т.п. Все эти вопросы решены в едином системном плане за счет возможностей СКП и доступны посредством набора соответствующих директив.

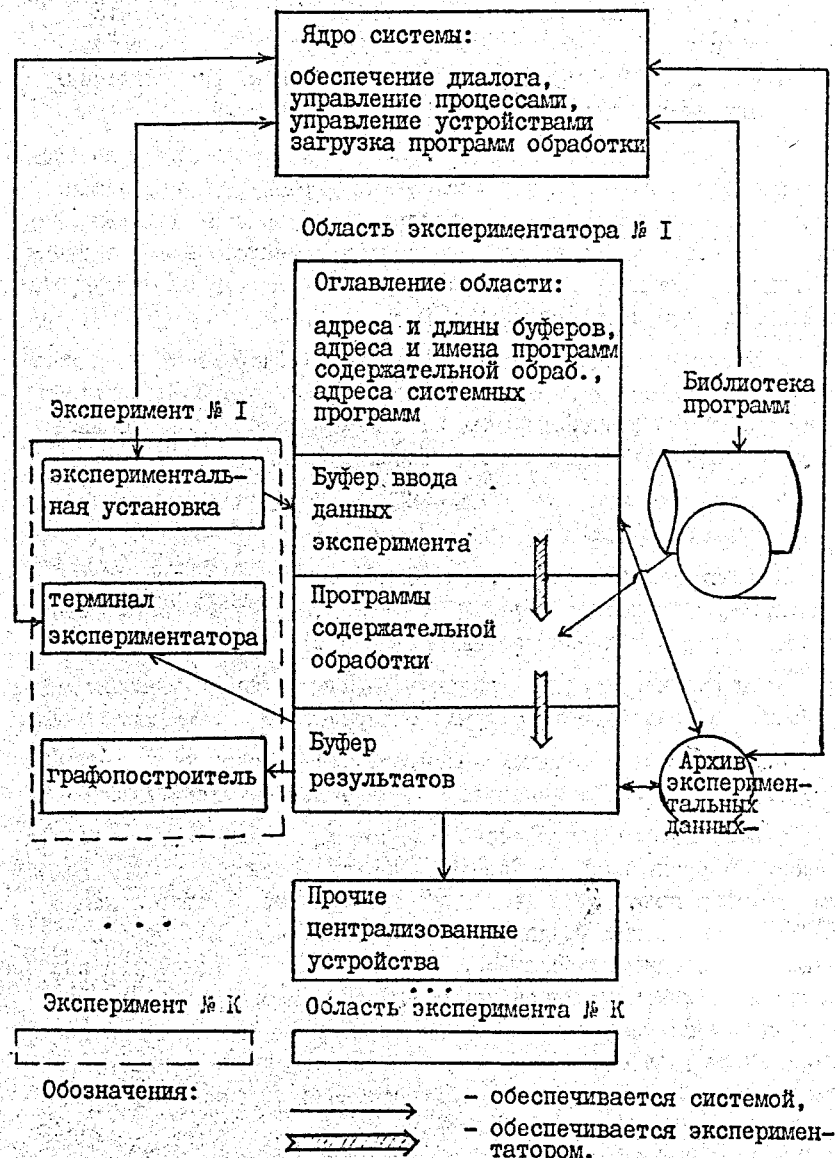


Рис. 2. Схема движения управляющей и измерительной информации при автоматизации эксперимента

Принятая организация подсистем обработки эксперимента позволила в режиме непосредственного доступа к ЭВМ Института математики АН БССР экспериментальных установок, расположенных в соседних институтах решить, например, следующие задачи:

В Институте физики АН БССР (лаборатория молекулярного спектрального анализа) – вопросы исследования структуры и свойств полимеров методом инфракрасной спектроскопии, в частности, изофазных переходов важного природного полимера целлюлозы под влиянием различного рода химических и физических воздействий, моделирующих технологические процессы производства.

В Институте физико-органической химии (лаборатория радиационных каталитических процессов) система применялась для автоматизации хроматографического анализа в жидкой фазе, т.е. анализа состава продуктов в химических исследованиях.

В Институте электроники АН БССР (лаборатория электрических и магнитных измерений) решаются задачи:

– анализа статистических особенностей шумовых процессов в электронных приборах (биполярные и полевые транзисторы, микросхемы, узлы и блоки электронных устройств);

– оценка надежности и прогнозирование отказов электронных приборов по низкочастотным шумовым параметрам – критериям и др.

Система внедрена также в Центральной аэрологической обсерватории ГОСКОМГИДРОМЕТА для автоматизации летных экспериментов.

В этой же главе приведены результаты исследования вопросов создания операционной среды в СКП для диалоговых языковых подсистем, которые включают в настоящее время интерпретатор с языка БЕЙСИК и контекстный редактор. Автор также принимал участие в создании последней подсистемы. Произведенное на основании анализа способов взаимодействия системы с подсистемами разделение функций между ядром системы и подсистемами (см. рис. 3) решено на достаточно общем уровне и позволяет легко подсоединять новые подсистемы без изменений ядра системы. Состояние подсистемы для каждого пользователя описывается некоторым контекстом, который хранится либо в основной памяти (в так называемом сменном поле), либо на накопителе на магнитном барабане. Ядро СКП обеспечивает для всех

подсистем свопинг; учет и квантование времени; формирование регистров для возможности доступа подсистемы к контексту конкретного пользователя, что обеспечивает реентерабельность подсистем; обмен с терминалом; доступ к подсистеме управления файлами и т.п. С помощью системной директивы ПОМЕСТИТЬ экспериментатор имеет возможность добавить к контексту интерпретатора измерительную информацию, что позволяет в интерактивном режиме обрабатывать алгоритмы содержательной обработки или выполнять обработку данных экспериментов на языке подсистемы.

Таким образом, автором решены вопросы использования интерпретатора БЕЙСИК в составе СКП для диалоговой обработки данных эксперимента на этом языке.

В главе IV рассматриваются вопросы отладки управляющих программ СКП. Следует отметить, что отладка управляющих программ – один из наиболее сложных вопросов создания СКП. Например, в одной из первых СКП МАС, находившейся в эксплуатации уже более года, происходило в среднем по аппаратным и программным причинам три-четыре отказа в сутки. В одной из новейших СКП CYBER 175 вероятность завершения 20 сеансов по 20 минут по состоянию на 1977 г. была только 80%. Из этого видно, что проблемы отладки СКП по-прежнему остаются узким местом. В диссертации анализируются трудности отладки СКП, которые вызваны ошибками программирования операций взаимного исключения, т.е. взаимовлиянием одних процессов на другие; наличием терминальных активных устройств; недетерминированностью поведения пользователей, обуславливаемых психологическими факторами и видами решаемых задач; сложностью воспроизведения событийных ситуаций. СКП используют более интенсивно и полно по сравнению с пакетной обработкой как различные устройства ЭВМ, так и компоненты ОС, в которых могут быть обнаружены ошибки, трудно отличимые от ошибок программирования реализуемой СКП. Достаточно сказать, что лишь при использовании ЭВМ IBM 7094 в качестве базовой для СКП МАС были выявлены ошибки в логике ЭВМ, до того использовавшейся в режиме пакетной обработки. Трудности отладки также сопряжены со сложностью СКП, над реализацией которой работает группа разработчиков, в том числе территориально удаленных от ЭВМ; требуемой длительностью устой-

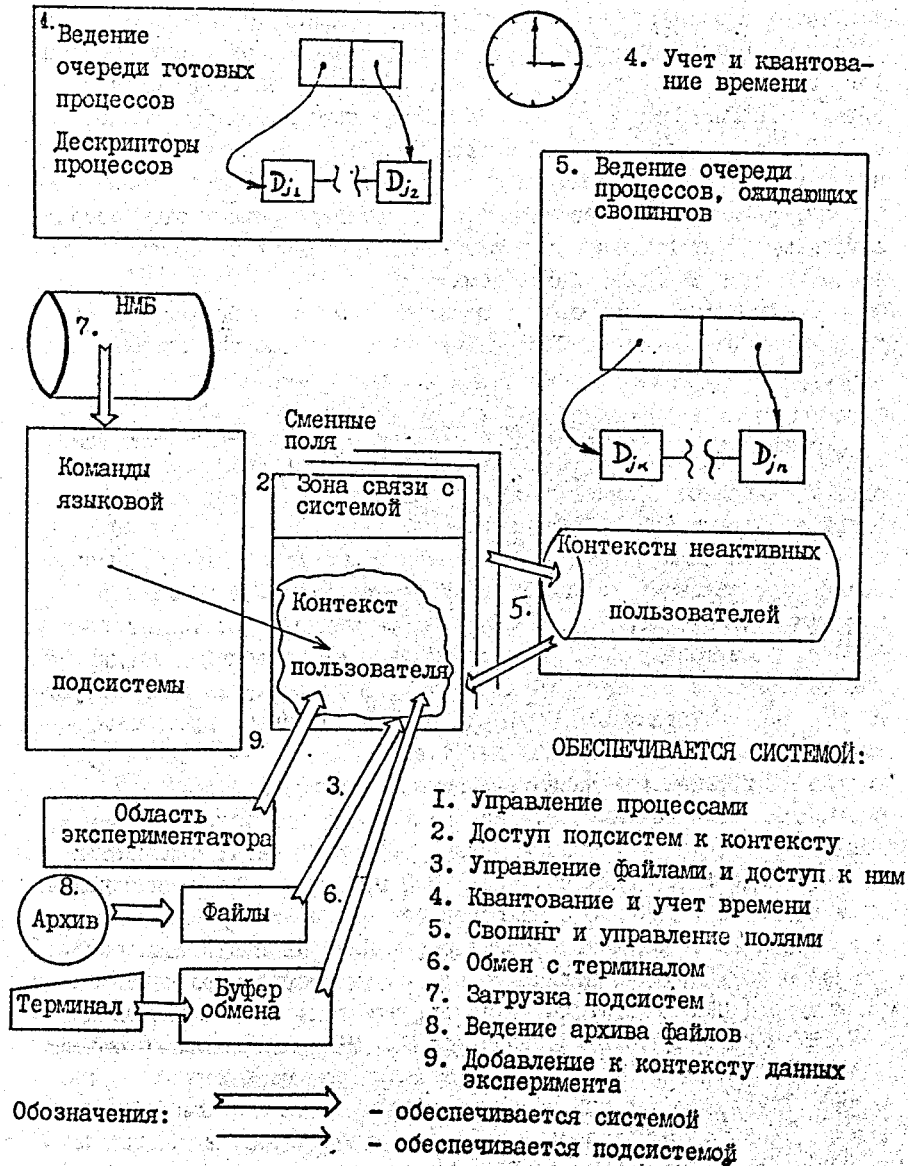


Рис. 3. Обслуживание системой языковых подсистем

тивного функционирования СКП независимо от отказов для отдельных пользователей, при которой продолжающие работу после сбоя одного процесса процессы других пользователей безвозвратно погребают причину сбоя. Вставки операций отображения не всегда полезны, т.к. они искажают скорости процессов, и следовательно, общую картину их взаимодействия.

Изучение, анализ и экспериментальная проверка показала целесообразность для отладки СКП выделения таких этапов, как:

- отладка ядра, отладка системных программ, отладка директив.

Каждый этап должен быть разбит на подэтапы отладки в режиме одного пользователя и одновременной работы нескольких пользователей.

При отладке системы использованы как стандартные приемы отображения памяти и трассировки, так и предложены и апробированы развивающие их методы, учитывающие особенности отладки СКП, а именно:

- упорядочение событий, сохранение истории существенных переменных, меченые процессы, инварианты, имитация.

Основой отладки является возможность

- доступа к требуемой информации, контроля динамики процессов, как с точки зрения хода управления, так и изменения в данных, прерываний процессов, воспроизводимости состояния процессов.

На основе анализа возможностей распространенных и достаточно специфичных для ЭВМ среднего класса систем отладки ДЭС ЕС и ЭВМ "Минск-32" показано, что эти системы отладки не полностью удовлетворяют особенностям отладки СКП по возможностям доступа, контроля, воспроизводимости, форматам отображения и способам подключения отладочных средств. В работе предлагается расширение возможностей существующих программ отладки в указанном плане, которые облегчили бы отладку СКП и других сложных программ.

Глава У посвящена исследованию вопросов эффективности СКП, допускающей диалоговое программирование и оперативную обработку экспериментальных данных, загрузки оборудования ЭВМ в различных режимах ее эксплуатации, критических значений некоторых параметров, характеризующих подобные системы, т.к. исследование перечис-

ленных вопросов чрезвычайно важно для практики. При выборе методики исследования предпочтение было отдано имитационному моделированию, т.к. оно позволяет решить на модели, сколь угодно близкой к реальной системе, перечисленные задачи, причем возможно их логическое разбиение и последовательное изучение. Моделирование осуществлялось на языке имитационного моделирования GPSS на ЕС ЭВМ, имеющего некоторые преимущества для описания подобных систем, по сравнению с другими языками программирования, рассмотренные в диссертации.

Накопление данных для моделирования осуществлялось с помощью построенной программы замеров на созданной СКП. Для подключения ее в требуемых точках и выдачи результатов замеров использовалась существующая отладочная программа, что уменьшило трудоемкость разработки программы замеров.

В работе моделировались такие элементы системы, как подсистема диалогового программирования, управление файлами, накопление, обработка экспериментальных данных, диспетчер.

Общая структура модели изображена на рис. 4.

Опишем кратко технику построения модели.

Каждый процесс пользователя (P_j) представлен в модели транзактом, причем параметры транзакта описывают приоритет абонента, тип выполняемой для него директивы, количество использованных ресурсов, характеристики создаваемых или интерпретируемых файлов, интенсивность и объемы экспериментальной информации и т.д. Транзакты движутся в модели от блока к блоку, причем каждый блок моделирует определенное действие реальной системы или абонентов: набор новой директивы, обдумывание, диспетчеризацию и т.п. После прохождения транзактом блока, моделирующего набор директивы, в соответствии с эмпирическими функциями распределения генерируются числа, описывающие директивы, виды моделируемой деятельности и т.п., после чего транзакт направляется к блокам, моделирующим реализацию конкретных директив. Общую координацию процессов выполняет диспетчерский транзакт.



Рис. 4. Общая структура модели

Исследовались четыре метода реализации свопинга диалоговых систем интерпретирующего типа, а также влияние некоторых факторов, количества абонентов, в частности, на эффективность системы. В качестве частных критериев эффективности использовались $K_{цп}$, $K_{кн}$ — коэффициент использования процессора и канала, соответственно,

W_j — среднее время ожидания в j -ой очереди, вероятность потери информации при буферизации данных, общий объем памяти для буферов и другие.

На приведенных ниже графиках рис. 5.1–5.4 изображены некоторые результаты имитационного моделирования.

Основные результаты работы:

1. Разработана и исследована организация диалога экспериментатора с СКП для управления автоматизацией обработки эксперимента и реализован специализированный язык управления, ориентированный на некоторый класс экспериментов.

2. Предложен способ организации подсистем обработки экспериментальных данных в режиме непосредственного доступа экспериментального оборудования к ЭВМ, являющихся частью СКП, позволяющий за счет системных решений осуществлять основные этапы работ автоматизации эксперимента, облегчающий создание конкретных подсистем.

3. Предложен и апробирован достаточно общий принцип организации взаимодействия диалоговых языковых подсистем с ядром СКП, который может быть использован при реализации подобных систем.

4. Предложен способ реализации динамического супервизора пользователя в СКП, учитывающий динамику СКП, эффективность отладки и организацию СКП на ЭВМ среднего класса.

5. Предложена и испытана методика отладки управляющих программ СКП, предложены способы совершенствования средств отладки с учетом особенностей операционной обстановки СКП.

6. Построена на языке моделирования GPSS имитационная модель СКП, учитывающая наличие подсистем диалогового программирования и обработки эксперимента, и проведено исследование некоторых способов реализации СКП подобного типа.

7. На ЭВМ среднего класса с участием автора создано программное обеспечение СКП комплексной автоматизации научных исследований, позволяющей автоматизировать одновременно до 16 экспериментов.

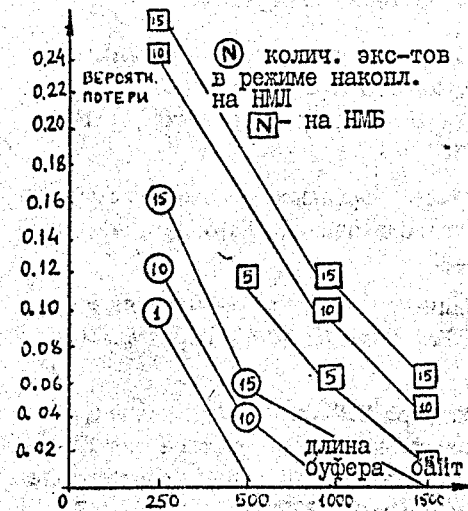


Рис. 5.1. Вероятность потери данных в режиме накопления как функция длины буфера и количества экспериментов

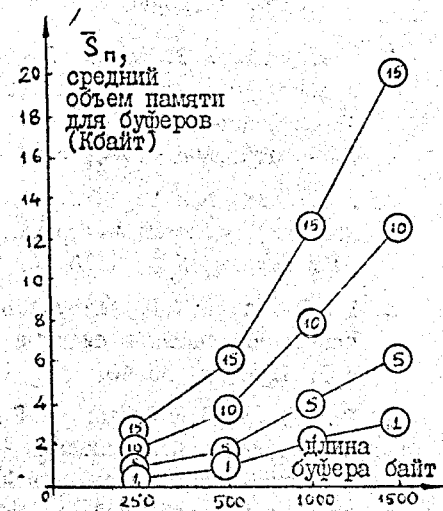


Рис. 5.2. Средний объем динамически требуемой памяти для буферов в режиме двойной буферизации

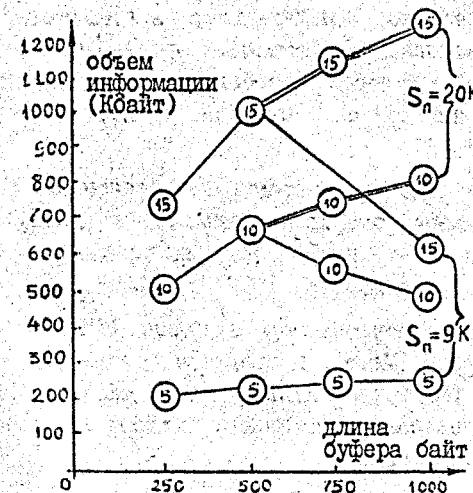


Рис. 5.3. Общий объем накопленной информации как функция объема памяти для буферов S_n , длины буфера и количества экспериментов

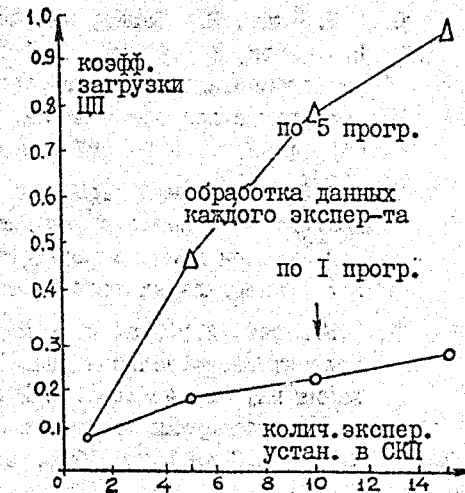


Рис. 5.4. Коэффициент загрузки ЦП как функция количества экспериментаторов и количества программ обработки

Список опубликованных работ по теме диссертации:

1. Г.М.Букат, А.В.Скачек. Язык общения и принципы организации системы коллективного пользования ЭВМ "Минск-32". В сб. "Электронно-вычислительная техника и программирование", вып. 6, М., Статистика, 1974, с. 19-25.
2. Г.М.Букат, Н.Н.Дорошко, А.В.Скачек. Организация программ общего доступа в системе коллективного пользования. Управляющие системы и машины, № 4, 1976, с. 59-63.
3. Г.М.Букат, Н.Н.Дорошко, А.В.Скачек. Язык управления и язык программирования в системе ГАММА. Изв. АН БССР, серия ф.-м.н., № 1, 1976, с. 33-40.
4. Г.М.Букат, Д.К.Буслов, Р.Г.Жбанков, Н.П.Савик, А.В.Скачек, А.В.Пчелкин, В.Г.Куховец. Автоматизированная система для ИК-спектроскопии. (Материалы XI Всесоюзной школы по автоматизации научных исследований. г. Минск, октябрь 1977 г.), Минск, ИТК АН БССР, 1978, с. 106-109.
5. А.В.Скачек. Об отладке управляющих программ систем разделения времени. Препринт ИМ АН БССР № 6(22), 1977.
6. Г.М.Букат, В.А.Зайка, Л.А.Мелещенко, В.П.Мельников, А.Г.Махнач, Н.П.Савик, А.В.Скачек, Т.Ф.Титкова, М.А.Шамрило. Организация экспериментальных исследований шумовых процессов в электронных приборах с помощью человеко-машинной системы. Изв. АН БССР, сер. ф.-м.н., № 2, 1977, с. 55-61.
7. А.В.Скачек. Опыт разработки и отладки программного обеспечения коллективной системы автоматизации экспериментальных исследований. Тезисы докладов Всесоюз. н.-т. конф. "Автоматизация экспериментальных исследований", Куйбышев, 1978, с. 62-63.
8. Г.М.Букат, А.В.Скачек. Некоторые вопросы моделирования АСНИ коллективного пользования. В сб. "Методы и средства автоматизации научных исследований". (Материалы XI Всесоюзной школы по автоматизации научных исследований. г. Минск, октябрь 1977г.), Минск, ИТК АН БССР, 1978, с. 135-138.
9. Г.Н.Азаренок, Н.Д.Камендова, А.В.Скачек. Ведение архива измерительной информации в АСНИ, там же, с. 132-134.

АТ 2 N 01596 Подписано к печати 20.02.79
Формат 60x84 1/16. Объем печ.л. 1.0. Тираж 100 экз. Заказ 71
Бесплатно. Отпечатано на ротапринте Института технической кибер-
нетики АН БССР. Минск, Типографская 6.