

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ им. С.А. ЛЕБЕДЕВА АН СССР

Н.Е. Балакирев, С.А. Зельдинова, В.Ф. Тюрин

ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДИСПАК
ДЛЯ ЭВМ "ЭЛЬБРУС-1-Б12"

Препринт № 12 за 1982 г.

Москва

Работа заняла 3-е место на конкурсе научных работ молодых специалистов Института в 1981 году.

ВВЕДЕНИЕ

Многопроцессорный вычислительный комплекс (МВК) "Эльбрус" /1/, состоящий из нескольких разнородных процессоров, работающих на общей оперативной памяти, имеет в качестве одного из центральных процессоров специальный процессор, совместимый по системе команд с ЭВМ БЭСМ-6, который будем называть интегральной БЭСМ-6.

Наличие процессора, воспроизводящего систему команд ЭВМ БЭСМ-6, потребовало создания для него операционной системы, способной управлять всем комплексом устройств.

В основу этой операционной системы был положен ДИСПАК, который получил наибольшее распространение и обладает лучшими параметрами по сравнению с другими операционными системами.

Особенности многопроцессорного комплекса потребовали проведения целого ряда работ по переработке математического обеспечения БЭСМ-6. Перед разработчиками операционной системы встала дилемма: либо разработать новую ОС, либо доработать существующую ОС ДИСПАК /2,3/. Был выбран второй путь, причем переработка производилась

таким образом, чтобы новая версия ОС позволяла использовать ее и на ЭВМ БЭСМ-6.

Этому способствовало почти полное совпадение системы команд ЭВМ БЭСМ-6 и процессора СВС (интегральной БЭСМ-6). Тем не менее особенности многопроцессорного комплекса потребовали определенных новых доработок ОС ДИСПАК. Перечислим эти особенности.

Обмен с внешними устройствами в МВК осуществляется через специальный процессор ввода-вывода (ПВВ) /4/. С каждым устройством, подключенным к ПВВ, связана очередь заказов на обмен, которую должен формировать центральный процессор.

Таким образом, в отличие от БЭСМ-6 все обмены с внешними устройствами интегральная БЭСМ-6 осуществляет так же, как и другие процессоры, через ПВВ.

Физическая оперативная память в интегральной БЭСМ-6 имеет модульную структуру и может наращиваться до 1024К слов /1/. Для обеспечения доступа к максимально допустимому объему физической памяти в СВС была увеличена разрядность регистров приписки. Кроме того, были введены системные регистры приписки, которые позволяют перемещать программы операционной системы по физической памяти. Для режима операционной системы был введен еще ряд команд, расширяющих ранее существующие возможности и позволяющих работать в рамках МВК "Эльбрус".

Все это обусловило необходимость разработки в ОС ДИСПАК нижнего уровня работы системы с внешними устройствами МВК. При этом внешний интерфейс с пользователем

со стороны операционной системы ДИСПАК практически не претерпел изменений, а все сделанное на БЭСМ-6 в области программного обеспечения переносится на интегральную БЭСМ-6. Таким образом, подобная организация ОС позволяет говорить об ОС для ЭВМ типа БЭСМ-6.

1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОС ДИСПАК КАК ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ЭВМ ТИПА БЭСМ-6

Специфика различных режимов использования операционной системы позволяет полностью автоматизировать процесс прохождения задач пользователя и, следовательно, позволяет предъявить общее требование высокоэффективного использования вычислительной системы. Это общее требование сводится к ряду требований, которые состоят в следующем:

- а) обеспечить возможно быстрое прохождение задачи через вычислительную систему и обработку пакета в целом;
- б) обеспечить эффективную эксплуатацию центральной части и устройств ввода-вывода ЭВМ типа БЭСМ-6 с учетом конструктивных особенностей;
- в) обеспечить оператора ЭВМ достаточным набором средств и возможностей для простой и оперативной работы на терминалом;
- г) обеспечить высокую надежность работы вычислительной системы в целом и отдельных ее компонентов, а также простоту в эксплуатации;
- д) обеспечить пользователя средствами отладки программ и управления решением своей задачи;

е) обеспечить эксплуатационный персонал возможностью производить тестировку всей аппаратной системы и отдельных ее устройств в режиме обычной работы вычислительной системы;

ж) обеспечить оперативную выдачу сообщений об отказах аппаратуры системы;

з) обеспечить возможность использования языков и трансляторов, разработанных ранее;

и) обеспечить регистрацию, обработку и выдачу статистической информации о работе пользователей и аппаратуры;

к) обеспечить сохранение программной преемственности по отношению к огромному программному заделу, накопленному за время эксплуатации ЭВМ БЭСМ-6;

л) обеспечить достаточно простое включение в состав операционной системы новых возможностей и замену отдельных ее компонентов более совершенными, то есть ОС ДИСПАК должна допускать свое развитие.

II. СТРУКТУРА И СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Операционная система представляет собой совокупность большого числа служебных программ, связанных между собой в единый иерархический комплекс.

По функциональным и организационным принципам в структуре этого комплекса можно выделить четыре основные части: супервайзер, управляющую программу, монитор, блок обработки экстракодов.

Каждая из этих частей в свою очередь есть совокупность согласованных между собой служебных программ. Часть служебных программ размещается постоянно в оперативной памяти, образуя резидент ОС, остальные части хранятся во внешней быстрой памяти (магнитный барабан), образуя нерезидент ОС, и вызываются в оперативную память по мере надобности.

Супервайзер обслуживает систему аппаратных прерываний и каналы связи с устройствами ввода-вывода (процессор ввода-вывода). Супервайзер состоит из следующих составных частей: программы обмена с внешними устройствами (магнитными барабанами, магнитными дисками и магнитными лентами); блока обработки вводных устройств (устройств ввода с перфокарт, с перфоленты), планировщика обслуживания реальных устройств вывода (АЦПУ, устройство вывода на перфокарты, на перфоленту).

Управляющая программа направляет и контролирует работу всех служебных программ операционной системы. Управляющая программа состоит из следующих основных частей: планировщика задач, блока вызова нерезидентных частей ОС, планировщика центрального процессора, бюджетной системы, блоков обработки событий и синхронизации процессов, блока передачи сообщений между задачами, блока ОС обработки и синхронизации главной и подчиненных задач, блока сбора статистических данных о работе задач пользователей и аппаратуры, диалоговых средств системы, отладочных средств системы.

Монитор организует, управляет и связывает задачи пользователя с ОС.

Монитор состоит из следующих основных частей: блока выбора задач в процессор, блока упорядочивания задач, блока включения задачи в решение, блока обработки конца задачи, блока обработки аварийных ситуаций, блока динамического перераспределения внешней памяти.

Блок обработки экстракодов интерпретирует макрокоманды, встречающиеся при выполнении программ в режиме пользователя.

Иерархическая структура ОС означает наличие нескольких уровней подчиненности служебных программ. Это определяется рядом обстоятельств и, в частности, тем, что:

- ОС выполняет ряд функций по управлению оборудованием вычислительной системы, организация которого имеет иерархическую структуру;

- ОС осуществляет функции по распределению ресурсов ИВМ между конкурирующими задачами, в число которых входят задачи пользователя и служебные задачи самой ОС, используя некоторые приоритетные принципы.

В резидентную часть ОС входят также некоторые информационные и буферные поля.

При этом внешний интерфейс с пользователем со стороны ОС ДИСПАК практически не претерпел изменений, а все созданное и создаваемое программное обеспечение на ЭСМ-6 на ОС ДИСПАК на версиях до 99 и далее переносится на интегральную ЭСМ-6. Таким образом, подобная организация ОС позволяет говорить об ОС для ЭВМ типа ЭСМ-6.

III. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЭСМ-6 МВК "ЭЛЬБРУС"

Разработка операционной системы ДИСПАК для интегральной ЭСМ-6 МВК "Эльбрус" была ограничена сроками, что заставило пойти по пути минимальных переделок, а новые возможности вводить без существенных изменений старых модулей ОС. Все модули ОС, связанные с внешними устройствами (физический уровень интерфейса), были изменены и теперь не производят непосредственного обмена с устройством, а выходят на блок, обеспечивающий связь с ПВВ. При этом протокол связи с данными был строго определен блоком.

Был разработан блок ОС ДИСПАК, который обслуживает ПВВ и выполняет заявки на обмен с внешними устройствами. Логический уровень обменов остался прежним, поэтому пользователи ЭСМ-6 при работе на интегральной ЭСМ-6 могут использовать ранее введенные экстракоды обмена. Это позволило обеспечить простоту переносимости системы программирования и задач пользователей с ЭСМ-6 на интегральную ЭСМ-6 без переделок программ, то есть обеспечить их полную совместимость.

Для сохранения преемственности новых возможностей, разрабатываемых в ОС ДИСПАК, было принято решение иметь единые автокодные тексты для обоих направлений развития ОС ДИСПАК. Такая версия операционной системы была создана, получила очередной номер 95 и легла в основу всех последующих версий ОС ДИСПАК. Основные изменения тек-

ство производится на БЭСМ-6, в том числе и подготовка
основных программ (загрузка).

Для переноса подготовленных программ с одной БЭМ
на другую использовался интерфейс переноса информации
на магнитных лентах БМД ЭС-5017, а на интегральной
БЭСМ-6 был разработан комплекс обслуживающих программ,
который позволяет считывать информацию с ленты в память
и записывать ее на магнитный диск.

Параллельно с подготовкой программ для интеграль-
ной БЭСМ-6 велась работа по освоению ПЭВ и новых уст-
ройств, обслуживаемых этим процессором. Все это дало
возможность в кратчайшие сроки перейти к комплексной
отладке ОС ДИСПАК и быстро отладить ее без изменения
основной логической структуры системы. Были разработа-
ны также средства по отображению внешнего поля БЭСМ-6
на внешнее поле МК "Эльбрус", чтобы сохранить принци-
пы работы с внешними устройствами, характерные для
БЭСМ-6.

I. Организация работы с внешними устройствами через ПЭВ в ОС ДИСПАК

Основным процессом, решающим по-новому задачу об-
мена с внешними устройствами, стал процесс, концентри-
рующей все связи с ПЭВ, при этом по возможности сохра-
нялся интерфейс обмена БЭСМ-6. Данный процесс, получив
заявку от драйвера, работающего с тем или иным устрой-
ством, включает ее на исполнение, а драйверу сообщает
о том, что данная запись принята. Если драйвер может

продолжить работу, то он ее продолжает, в противном слу-
чае - закрывается до поступления сообщения об окончании
обмена. Заявка на обмен с устройством после соответст-
вующего оформления обрабатывается ПЭВ после получения ко-
манды на обмен от интегральной БЭСМ-6. После завершения
обмена заявка поступает в очередь выполнения работ,
о чем может быть сообщено процессору, заказавшему
обмен. Убедившись, что обмен закончен, процесс сообщает
об этом драйверу и активизирует его, если он закрыт.
Таким образом, обеспечивается параллельность работы
внешних устройств с работой интегральной БЭСМ-6. Рас-
смотрим логику работы ОС с различными типами внешних
устройств.

Обмен с магнитными барабанами

При обмене с магнитными барабанами (МБ) имеется
возможность вести обмен с МБ, объем которого 512 К 72-
разрядных слов. На БЭСМ-6 имеются барабаны объемом в
32 К 48-разрядных слов. Было решено отображать на
один МБ МК "Эльбрус" 14 барабанов БЭСМ-6. При этом
48-разрядное слово БЭСМ отображается в 64-разряд-
ное слово ПЭВ с 8-разрядным триггером БЭСМ-6.

Объем барабана МК "Эльбрус" позволяет разместить
путем уплотнения все 16 барабанов БЭСМ-6, но этот спо-
соб работы с МБ требует значительных затрат процессор-
ного времени. Для МБ интегральной БЭСМ-6 наряду с аппа-
ратным контролем была сохранена идеология проверки пра-
вильности обмена, которая существовала на БЭСМ-6: ис

контрольной сумме, по координатам записи. Получаемая для этого информация была размещена в неиспользуемых 16-разрядных словах.

Обмен с магнитными дисками

Для магнитных дисков (МД) был сохранен существующий на БЭСМ-6 принцип контроля по дорожкам, по контрольной сумме и по ключу. Но в отличие от МБ для обеспечения аналогичного объема для дисков емкостью 7,25 мтб (1744 зоны) было решено уплотнить информацию из 48-разрядного слова в 64-разрядное слово. При этом был создан алгоритм, в котором основной цикл упаковки помещается на быстрых регистрах. Это существенно снизило накладные расходы на обмен. При аппаратном подключении 29 мтб дисков на МБК "Эльбрус" имеется возможность работы с ними без изменения в программном обеспечении /5/. Разметка (аппаратная) дисков на ПБВ отличается от разметки на БЭСМ-6. Поэтому на разметку, обеспечиваемую ПБВ, накладывается формат разметки, принятой на БЭСМ-6 (программным путем).

Обмен с магнитными лентами

На интегральной БЭСМ-6, так же как и на БЭСМ-6, обеспечиваются два режима работы с лентами: режим ЕС с последовательным доступом по файлам и режим БЭСМ-6 с произвольным доступом. При этом информация в отличие от МД совершенно идентично записывается и считывается как на

интегральной БЭСМ-6, так и на БЭСМ-6 в обоих режимах. Поэтому любая лента, записанная на БЭСМ-6 на ИМЛ ЕС 5017, будет обрабатываться и на интегральной БЭСМ-6, и наоборот. Таким образом, возможно переносить информацию с БЭСМ-6 на интегральную БЭСМ-6 на магнитных лентах, и это может быть основным способом переноса информации. При реализации режима БЭСМ-6 на магнитном носителе ЕС, так же как и на МД, пришлось использовать способ записи информации с уплотнением.

Обмен с терминалами

В качестве терминальных устройств в МБК "Эльбрус" используются в настоящее время пишущие машинки (ПМ) и алфавитно-цифровые дисплеи ЕС 7066. Эти устройства в отличие от V T-340 имеют менее развитый сервис, что обуславливает некоторые ограничения при работе с дисплеями на интегральной БЭСМ-6. Например, при наборе информации необходимо набирать символ начала информации (>), а по завершению информации символ конца информации (ВВ). В качестве пустой посылки пришлось ввести символ (!).

Во всем остальном работа на терминальном устройстве аналогична работе на БЭСМ-6, то есть действует все экстракоды обмена с терминалами. Внутренний код системы для терминалов УПШ, в качестве кода устройства используется код ДСОИ.

Обмен с аналогово-цифровым печатающим устройством

На интегральной БЭСМ-6 в отличие от БЭСМ-6 нет возможности непосредственного управления процессом печати каждого символа. ЦВМ может производить обмен с АЦПУ по строкам. Перед выдчей на АЦПУ производится перекодирование внутреннего кода в код ДКОИ, после чего производится выдча строки на АЦПУ.

Обмен с устройством ввода с перфокарт

При вводе перфокарт с БЭСМ-6 вводится образ перфокарты. При этом сохраняется преемственность: все перфокарты с БЭСМ-6 вводится и на интегральной БЭСМ-6. Возможен ввод перфокарт, подготовленных на устройствах ЭС-6012 как с построчной, так и построчной подготовкой.

Обмен с устройствами вывода на перфокарты, перфоленду, графопостроитель, с устройством ввода с перфоленды

Вывод на перфокарты осуществляется через устройство ЭС-7010. При этом выводить можно как в построчной, так и в построчной кодировках. Массив (максимально в 42 перфокарты) обрамляется картой, соответствующей цифру (первые 4 цифры цифра пользователя), а в конце специальной картой конца. Вывод на перфоленду производится на устройство ЭС-7022. Ввод с перфоленды производится у устройства ЭС-6022.

Для подключения графопостроителя ЭС-7052 потребо-

вались аппаратные доработки, связанные с реализацией печати команды для подключения в стандартному каналу ЭС на ЦВМ. Изменения коснулись и программы низкого уровня ОС, обслуживающей графопостроитель. Сами инструменты работы с графопостроителем остались без изменений, поэтому существующие системы ТРАСА, ТРАСАР, СМЛТ будут на интегральной БЭСМ-6 без всяких изменений.

2. Динамическое перераспределение трехуровневой памяти

При разработке средних версий ОС ДИНАК учитывался многолетний опыт работы системы на различных конфигурациях ЭВМ БЭСМ-6. Несколько раз пересматривались алгоритмы распределения внешней и оперативной памяти. В последних версиях ОС ДИНАК были введены новые алгоритмы распределения трехуровневой памяти. Это позволило на тех же ресурсах вычислительной системы решать на 3-4 задачи больше, чем это было в более ранних версиях системы.

Разработанный алгоритм позволил повысить эффективность всей системы в целом, а также значительно уменьшить число обращений к магнитным дискам за счет увеличения числа обращений к магнитным барабанам и более равномерной их загрузки.

При функционировании операционных систем возникает задача, какую страницу перемещать из внешней памяти в оперативную, то есть проблема стратегии подкачек. Если придерживаться определений, введенных в работе /6/, то перемещение страницы из внешней памяти до того, как на

нее в процессе вычислений фактически встретится ссылка, называется опережающей подкачкой. Пересылка же страниц в оперативную память только в том случае, когда ссылка приводит к прерыванию из-за отсутствия страницы, называется подкачкой по запросу или по требованию.

Если известно, что какую-то страницу надо переместить из внешней памяти в оперативную, то нужно решить проблему, какую страницу надо убрать, чтобы освободить место для новой. Существует множество стратегий вытеснения. В ОС ДИСПАК было проверено использование нескольких стратегий. В последних версиях применена комбинированная стратегия, которая позволила обеспечить приемлемое время ответа для пользователей, работающих за терминалами, а также избежать режима "тряски" операционной системы, когда замена страниц в оперативной памяти слишком интенсивна, и усилившееся движение страниц может привести к опасному вырождению системы. Стратегия, реализованная в ОС ДИСПАК, использует аппарат запросов и требований. Опережающая подкачка страниц бывает полезна главным образом в тех случаях, когда известна какая-то логическая связь между страницами.

3. Объединенный буфер ввода-вывода в системе

При использовании ОС ДИСПАК в вычислительных центрах в различных обстановках и на разнообразных классах задач стояла проблема расширения буфера ввода и буфера вывода. При работе вычислительной системы часто возникала ситуация, когда не хватало места на буфере ввода, в то время как на буфере вывода было свободное простран-

ство. Поэтому появилась необходимость объединить буфер ввода и буфер вывода. Такая возможность сглаживает недостаток в распределении дискового пространства между буферами ввода и вывода, а также существенно уменьшает время ответа вследствие резкого сокращения перемещения головок по различным цилиндрам.

При разработке программного обеспечения были также учтены недостатки малой емкости буфера. Общая емкость увеличена до 20008 зон. При использовании ОС ДИСПАК на многомашинных комплексах под буфер ввода-вывода можно выделять отдельный пакет, а при использовании 29 мгб дисков требуемый буфер можно задавать при генерации ОС.

4. Планировщик задач в системе

При разработке и эксплуатации ОС ДИСПАК большое внимание было уделено созданию эффективной системы планирования. По мнению авторов, такая задача в основном была выполнена. Планирующая система в процессе эксплуатации постоянно совершенствовалась, учитывая опыт работы системы в различных обстановках, при различной конфигурации устройств, при эксплуатации системы малоопытными кадрами и т.д.

Планирующая система всю входную очередь подразделяет на классы задач. Каждому классу задач выделяется определенный ресурс-программный канал. Приоритет устанавливается как классам, так и внутри класса. Перераспределение каналов и приоритетов может происходить автоматически и по директиве оператора.

Использование бюджетной системы /7/, разработанной в ОС ДИСПАК, позволяло проводить контроль за используемыми ресурсами и более эффективно фильтровать поток задач во входной очереди. Выделение специального класса для задач реального времени и использование бюджетной системы позволило обеспечить гарантированное время для решения этих задач и эффективнее использовать вычислительную систему.

5. Тестирование оборудования

В процессе создания операционной системы велась работа по освоению аппаратуры с помощью тестирующих программ. Особое внимание тестированию пришлось уделить также ввиду большого количества аппаратуры и большого числа взаимодействующих аппаратных модулей.

В основу тестирования был положен комплексный подход: производится тестирование не только отдельно взятых устройств, но и их взаимодействия. Вначале тестируется центральный процессор и память, а затем устройства ввода-вывода.

Весь набор тестов запускается через монитор, который может вызывать тесты в необходимой последовательности и количестве. В функции монитора входит также пополнение и изменение тестов, входящих в комплекс, причем информация может быть записана и считана как с диска, так и с ленты, а также может размещаться на барабане.

Тесты работают без участия операционной системы и имеют в своем составе подпрограмму, позволяющую перейти

к вызову системы. Таким образом, имеется возможность перед работой операционной системы провести предварительную проверку используемого оборудования.

Литература

1. Бурцев В.С. Принципы построения многопроцессорных вычислительных комплексов "Эльбрус". М., ИТМ и ВТ им. С.А.Лебедева АН СССР, 1977, 53 с.
2. Зельдинова С.А., Кошкина Л.В., Озеркин Ю.В., Турин В.Ф., Шулепов Н.И. Структура и функционирование ОС ДИСПАК. Сб. научных трудов № 136, Челябинский политехнический институт им. Ленинского комсомола. Челябинск, 1973 г.
3. Турин В.Ф. Операционная система ДИСПАК. Труды семинара "Проблемы повышения эффективности ЭСМ-6." Материалы по математическому обеспечению ЭВМ. Вильнюс, 1974, с.3-18.
4. Пшеничников Л.Е., Сахин В.Х. Архитектура многопроцессорного вычислительного комплекса "Эльбрус". М., ИТМ и ВТ им. С.А.Лебедева АН СССР, 1977, 53 с.
5. Зельдинова С.А. Программные средства для работы с 29 мгб дисками. М., ИИМ СССР, 1979, 7 с.
6. Цикритзис Д., Бернштейн Ф. Операционные системы. М., Мир, 1977, 336 с.
7. Балакирев Н.Е., Михайлов А.П., Турин В.Ф. Бюджетная система для ОС ДИСПАК. М., ИИМ АН СССР, 1977, 42 с.

Содержание

	стр.
Введение	3
I. Основные требования к ОС ДИСПАК как операционной системе ЭВМ типа БЭСМ-6	5
II. Структура и составные части операционной системы	6
III. Основные принципы построения операционной системы для интегральной БЭСМ-6 МК "Эльбрус"	9
I. Организация работы с внешними устройствами через ПЭВ в ОС ДИСПАК	10
Обмен с магнитными барабанами	11
Обмен с магнитными дисками	12
Обмен с магнитными лентами	12
Обмен с терминалами	13
Обмен с алфавитно-цифровым печатающим устройством	14
Обмен с устройством ввода с перфокарт ...	14
Обмен с устройствами вывода на перфокарты, перфоленту, графопостроитель, с устройством ввода с перфоленты	14
2. Динамическое перераспределение трехуровневой памяти	15
3. Объединенный буфер ввода-вывода в системе	16
4. Планировщик задач в системе	17
5. Тестирование оборудования	18

Николай Евгеньевич БАЛАКИРЕВ

Светлана Александровна ЗЕЛЬДИНОВА

Владимир Федорович ТЮРИН

ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДИСПАК ДЛЯ ЭВМ "ЭЛЬБРУС-1-Б12"

Отв. за подготовку рукописи к изд. Н.Г.ЕМЕЛИНА
Корректор О.И.МИРОНОВА

Сдано в набор 2.03.1982 г.
Под к печати 16.04.1982 г. Т-09536

Формат 60x90/16. Ротапринт
Усл.-печ.л. 1,31 Уч.-изд.л. 0,81 Тир. 300
Зак.1494 Цена 9 коп.

ИТМ и ВТ АН СССР, 117333, Москва, Ленинский пр., 51