

УДК 681.142.4

ЭВМ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В.К. Левин, О.Д. Жуков-Емельянов, А.П. Заморин

1. Общие замечания

Под вычислительной системой обычно понимается совокупность цифровых автоматических устройств, объединенных для реализации общего вычислительного процесса. Как правило, необходимость в вычислительных системах возникает в том случае, когда такие требования, предъявляемые к эксплуатационным характеристикам вычислительных устройств, как надежность и эффективность, экономичность и высокая производительность не могут быть реализованы отдельной электронной вычислительной машиной.

Можно отметить, что в процессе создания ЭВМ третьего поколения одновременно решались и многие из проблем организации вычислительных систем. Так, стремление повысить эффективность использования оборудования ЭВМ путем совмещения работы отдельных асинхронно-работающих устройств привело к созданию сложной системы прерываний, иерархической структуры управления, условной адресации и защиты информации.

С целью полной автоматизации процесса обработки и управления устройствами были созданы средства программной организации вычислительного процесса — операционные системы. В свою очередь, трудоемкость разработки математического обеспечения

определила требование программной совместимости отдельных моделей ЭВМ. Вследствие этого возник единый архитектурный принцип построения моделей, который определил необходимость унификации отдельных устройств, модульность конструкции, стандартизацию связей и т.п.

Можно говорить, что ЭВМ третьего поколения представляет собой комплекс отдельных автоматных устройств, своего рода вычислительную систему, решающую единую задачу.

Тем не менее в некоторых случаях появляется необходимость в объединении нескольких ЭВМ в единую вычислительную систему, чтобы получить некоторые новые эксплуатационные качества:

1. Возможность полной автоматизации сбора, обработки и обмена информацией между несколькими ЭВМ.

2. Повышение надежности как путем дублирования отдельных устройств, так и возможностью быстрой локализации неисправности при использовании работающей ЭВМ.

3. Требуемое увеличение производительности может быть получено распараллеливанием и одновременным решением задачи на нескольких ЭВМ.

4. Более эффективно может быть использована емкость памяти и пропускная способность каналов.

5. Может возникнуть необходимость использования общего массива внешней памяти (архивов, библиотек, словарей и т.п.).

В каждом отдельном случае применения может потребоваться определенная конфигурация вычислительной системы. Тем не менее можно выделить следующие основные уровни комплексирования ЭВМ третьего поколения:

вычислительная сеть — локальное и дистанционное комплексирование ЭВМ посредством каналов и линий связи;

многомашинная система — локальная связь нескольких ЭВМ посредством внешней системы обмена информацией;

многопроцессорные системы — связь нескольких ЭВМ с использованием внутренней системы обмена информацией.

В многопроцессорной системе, как правило, каждый из процессоров имеет доступ к любому из функциональных устройств системы.

2. Анализ структуры ЭВМ третьего поколения

В существующей архитектуре ЭВМ третьего поколения можно выделить основные функциональные устройства: процессор, оперативную память (основную и расширенную), селекторные и мультиплексорные каналы устройства внешней памяти и устройства ввода-вывода вместе с управляющими устройствами; аппаратуру связи с терминалами. Практически связь в систему может быть организована на уровне любого из упомянутых устройств. Так, средства прямого управления, имеющиеся в процессоре, позволяют нескольким процессорам непосредственно обмениваться сигналами управления и информацией.

Средства мультисистемной работы позволяют процессорам вести взаимный контроль неисправности, осуществлять взаимно процедуру первоначального запуска.

Использование общего поля оперативной памяти несколькими процессорами позволяет иметь большую вычислительную мощность, исключить процедуры перезаписи информации, дает экономию оперативной памяти за счет более эффективной загрузки памяти и использования единой операционной системы, которая в отдельной ЭВМ может занимать до половины объема оперативной памяти.

Связь между несколькими ЭВМ через селекторные каналы с использованием встроенного устройства типа адаптер канала позволяет производить перезапись информации из памяти одной ЭВМ в память другой со скоростью, допускаемой селекторным каналом.

Дальность передачи при данном виде связи определяется допустимой степенью затухания сигнала и при отсутствии специальных устройств практически ограничена до 50 метров. Тем не менее данное средство является достаточно эффективным при организации многомашинных систем (локальное комплексирование).

Использование переключателей на несколько направлений на входе каждого из устройств управления внешними устройствами позволяет создавать системы, использующие общие массивы внешней памяти, что необходимо при создании больших систем накопления и поиска информации.

Наконец, использование аппаратуры передачи данных делает возможной связь нескольких удаленных ЭВМ. Дальность связи при этом практически неограничена. Максимальная скорость передачи

по телефонному каналу 4800 бод может оказаться достаточной в большинстве случаев применения такого рода систем.

Использование специальных линий и средств уплотнения позволит довести скорость передачи информации до 48 тысяч бод.

Передача может идти как по обычным коммутируемым, так и по специальным выделенным линиям связи.

Последние предпочтительнее, поскольку они имеют меньший уровень шума и допускают введение средств защиты и помехоустойчивого кодирования.

Разрабатываются некоторые специальные устройства для организации обмена внутри системы.

Канал памяти позволяет вести обмен полноразрядными информационными сообщениями со скоростью, допускаемой блоками памяти. При этом процесс обмена может быть совмещен с процессом обработки. Такой канал может быть использован, в частности, для обмена между основной и расширенной оперативной памятью системы.

Наконец, такие программные средства, как команды групповой пересылки с использованием оперативных регистров процессора, позволяют вести обмен в пределах прямо адресуемой памяти. Однако при этом исключается возможность одновременного выполнения арифметических операций в процессоре.

3. Варианты организации систем

Самая общая структура мультисистемной организации представлена на рис. 1. Она включает в себя как процессоры (ЦП), работающие на общем поле оперативной памяти, так и процессоры с автономными блоками памяти (ОП). Как правило, в системе предусматривается несколько возможных путей доступа к внешней памяти (ВЗУ) через переключатели (П) на несколько направлений.

Обмен между системой и автономной ЭВМ осуществляется через устройства типа адаптера канала (А).

Для сбора данных и их предварительной обработки (накопления, редактирования, компилирования) может оказаться желательным выделить отдельной ЭВМ, специализированной для данных задач.

Практическая реализация системы определяется конкретными

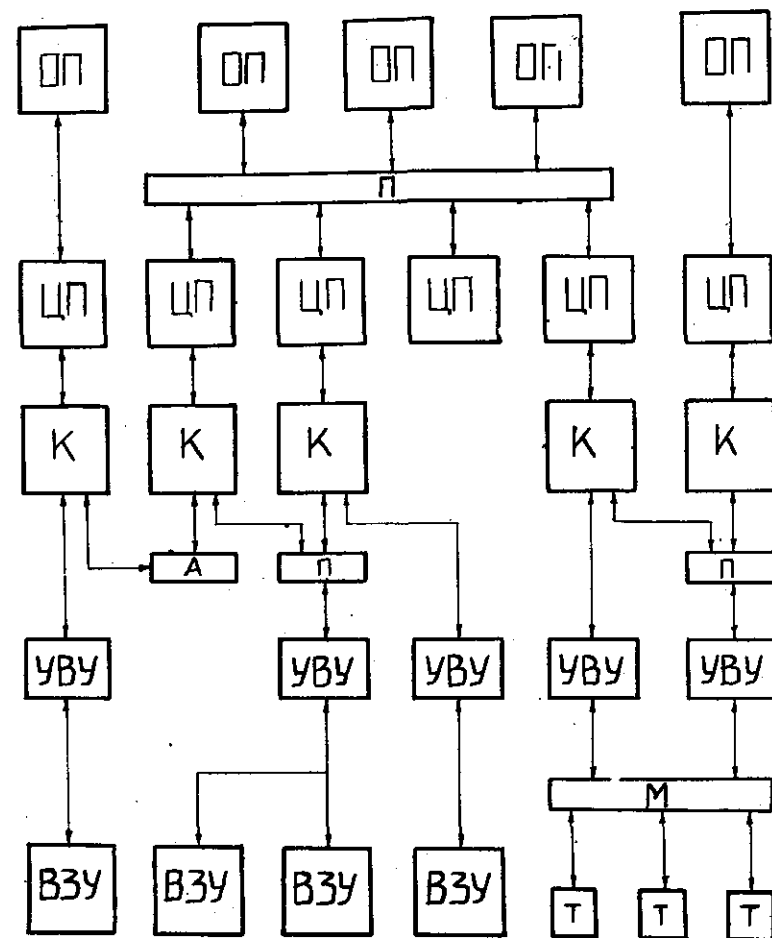


Рис. 1. Общая структура мультисистемной организации.

требованиями и условиями эксплуатации. Так, для систем сбора и обработки информации достаточно объединение на уровне внешней памяти. Для систем с разделением времени более предпочтителен вариант связи на уровне общей оперативной памяти.

3-1. Связь на уровне оперативной памяти

Такой вид связи между процессорами при построении высокопроизводительных и высокоэффективных по использованию систем кажется нам наиболее перспективным, поскольку он подразумевает не только возможность быстрого обмена массивами информации, но и непосредственное использование процессором информации, находящейся в памяти других процессоров системы, по обычным командам, имеющим обращение в оперативную память. Это может быть достигнуто введением в структуру команды признаков обращения в ОП других процессоров.

В целях общности можно предположить, что каждый процессор имеет возможность объединения в π - процессорную систему. Однако при больших π существенно усложняется структура процессора и возрастает количество его внешних связей.

Для построения гибких и надежных систем с возможностью неограниченного наращивания числа процессоров в системе, оказывается достаточным (как будет показано далее), чтобы один процессор мог обращаться в ОП трех других процессоров. Для удобства построения систем было предусмотрено, что в ОП каждого процессора могут обращаться до трех других процессоров, т.е. единственный модуль системы-процессор с собственной ОП, будет симметричным по входам и выходам.

3-2. Компоненты системы

Рассмотрим принципы построения многопроцессорной системы, имеющей связи только на уровне ОП. Очевидно, что такая система может быть дополнена всеми другими видами связей - на уровне каналов, разделенных внешними устройствами и т.д.

Для построения системы предлагается использовать два типа модулей: активный и пассивный.

Пассивный модуль включает устройство управления оперативной памятью и саму ОП. Введение пассивного модуля возможно потому, что устройство управления ОП, входящее в состав процес-

сора, выполняется конструктивно независимо.

Активный модуль включает один или несколько процессоров с собственными ОП. Активные модули могут быть двух уровней, различающихся вычислительной мощностью (числом процессоров): модуль первого уровня, включающий один процессор и один пассивный модуль ОП, и модуль второго уровня, включающий три процессора и три модуля ОП. Рассмотрим их более подробно.

Активный модуль первого уровня (рис. 2), как уже было сказано, включает один процессор

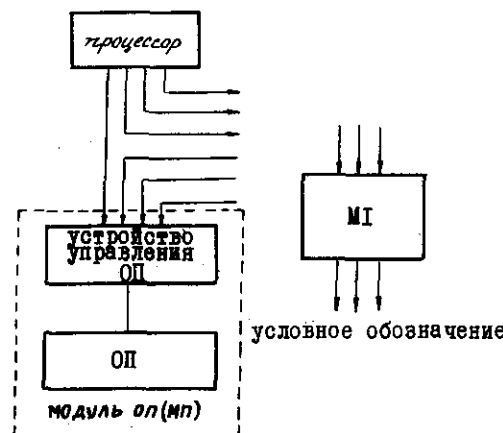


Рис. 2. Активный модуль I уровня.

и один пассивный модуль ОП, причем имеется возможность наращивания ОП модуля подключением к одному процессору до 4 пассивных модулей ОП. Необходимо заметить, что основной активный модуль первого уровня симметричен по входам и выходам, а при подключении к нему дополнительных модулей ОП он становится несимметричным (рис. 3). Подключение 4-х модулей ОП к одному процессору дает нам однопроцессор-

ную систему, частично замкнутую по выходам.

Определим понятие замкнутого, разомкнутого и частично замкнутого модуля или системы.

Замкнутый активный модуль (система) предполагает, что все входы во все пассивные модули ОП заняты и все выходы всех процессоров модуля (системы) задействованы.

Разомкнутый активный модуль (система) предполагает, что имеется по крайней мере хотя бы по одному свободному входу и выходу.

Активный модуль второго уровня (рис. 4) включает три процессора и три пассивных модуля

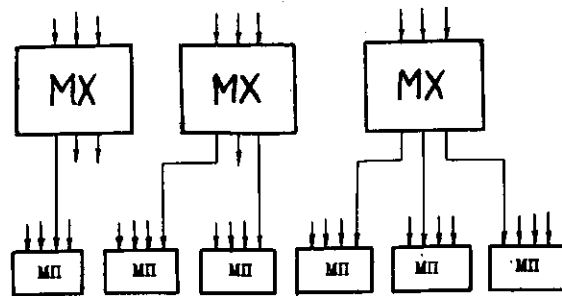


Рис. 3. Расширение поля памяти активного модуля

ОП. Предполагается, что весь объем ОП активного модуля пред-

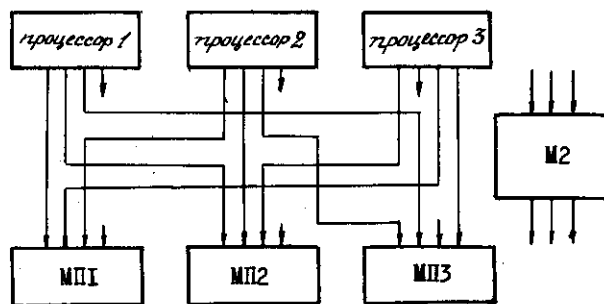


Рис. 4. Активный модуль II уровня.

ставляет собой единое поле памяти трех процессоров. Под этим понимается такая организация адресации памяти, при которой по одному и тому же адресу любой процессор попадает в одну и ту же ячейку памяти независимо от того, в каком из процессоров был выработан этот адрес.

Каналы обмена информацией, принадлежащие одному активному модулю, работают также на общее поле памяти данного модуля. При

этом возможен обмен информацией между удаленными модулями через линии связи, адаптеры каналов и общее поле внешней памяти.

Объем оперативной памяти активного модуля второго уровня может быть расширен, как и для модуля первого уровня, но необходимо заметить, что подключение нескольких дополнительных модулей ОП означает расширение единого поля ОП не всего модуля в целом, а только единого поля ОП каждого отдельно взятого процессора. Можно расширить единое поле памяти всего модуля, подключив только один дополнительный пассивный модуль ОП (рис.5), в который обращаются все процессоры модуля.

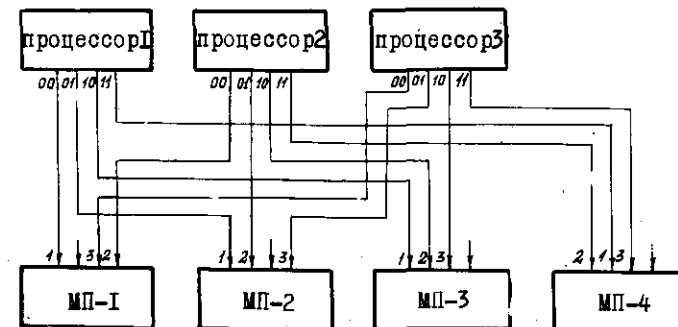


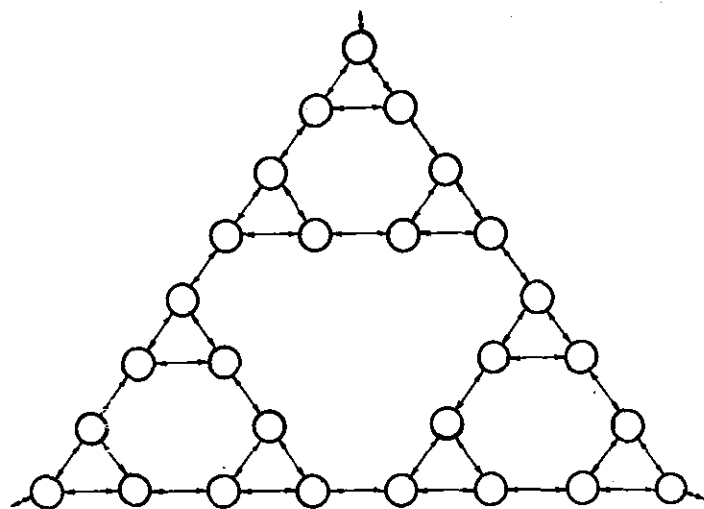
Рис. 5. Расширение единого поля оперативной памяти активного модуля II уровня.

3-3. Примеры построения мультисистем

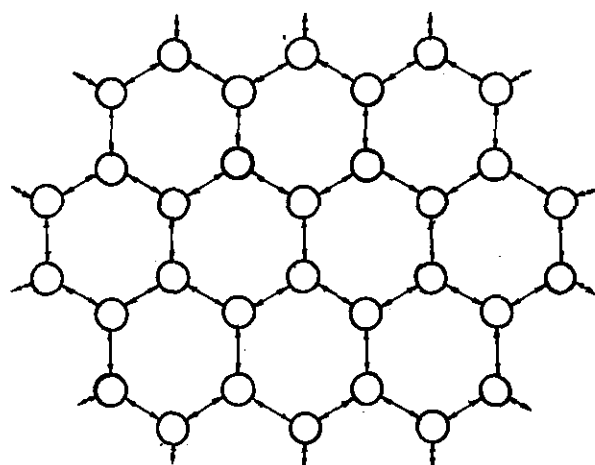
Из сравнения двух предложенных уровней активных модулей видно, что модули каждого уровня имеют одинаковые внешние данные: количество входов и выходов и их характеристики. Следовательно, при построении многопроцессорной системы можно использовать модуль любого уровня в зависимости от требуемой вычислительной мощности, при этом принципы построения системы не меняются.

1. Замкнутая 4 - модульная система (рис. 6).

В такой системе каждый модуль имеет возможность обратиться в ОП всех других модулей. Единое поле памяти всей системы может быть получено при построении системы только из модулей



а)



б)

Рис. 8. Системы сетевого типа .

первого уровня. Организация адресации должна быть такой же, как

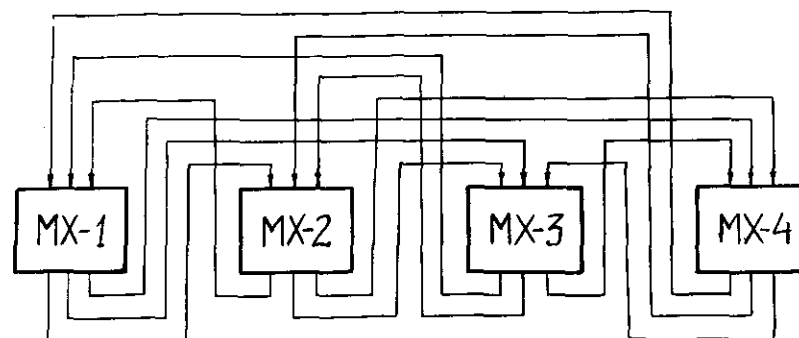


Рис. 6. Замкнутая 4 - модульная система.

в единичном модуле второго уровня. В этом случае модули системы могут взаимно резервировать друг друга.

2. Замкнутая система кольцевого типа (рис. 7).

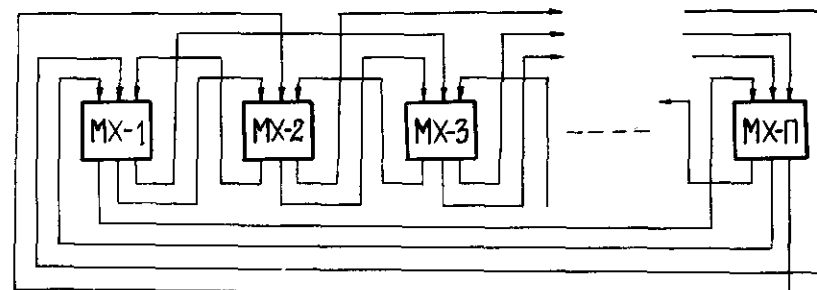


Рис. 7. Замкнутая система кольцевого типа

Такая система может включать неограниченное число модулей. Как видно из рисунка, каждый n -й модуль имеет возможность обратиться в ОП трех модулей: $(n-1)$ -го, $(n+1)$ -го и $(n+2)$ -го. При такой организации сохраняется работоспособность системы в случае выхода из строя одного из модулей, так как в этом случае кольцо не разрывается. Кроме того, каждый модуль может по-

лучить или записать информацию в память любого модуля либо путем непосредственного обращения, либо транзитом через память промежуточных модулей. При этом информация по кольцу может передаваться как в ту, так и в другую сторону, а следовательно, имеется возможность выбора оптимального пути передачи информации. Для двух соседних модулей, если они оба первого уровня, имеется возможность организации единого поля памяти.

3. Разомкнутая система сетевого типа (рис. 8)

Представлены только две возможные конфигурации системы, использующие все входы и выходы каждого модуля. Система сетевого типа имеет более широкие возможности выбора оптимального пути передачи информации по сравнению с системой кольцевого типа. Кроме того, и надежность системы сетевого типа выше, так как для разрыва кольца достаточно выхода из строя двух соседних модулей, а выход из строя еще двух последовательных модулей дробит систему на локальные, не связанные между собой участки. Подразумевалось, что в предложенных вариантах систем число процессоров в системе равно числу пассивных модулей ОП. Введение в систему дополнительных модулей ОП дает более гибкие возможности построения систем.

4. Частично замкнутая система кольцевого типа с выделенными пассивными модулями обмена (рис. 9).

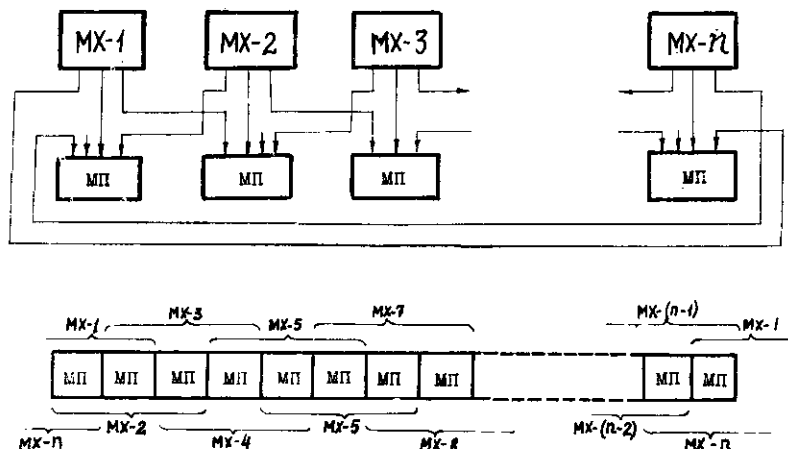


Рис. 9. Система кольцевого типа с выделенными пассивными модулями обмена.

Дополнительные пассивные модули используются в данном случае только как внешняя память с малым циклом обращения для целей обмена информацией между модулями системы. При таком построении системы поля оперативной памяти соседних модулей расположены с перекрытием.

5. Система с выделенными модулями обмена (рис. 10).

В каждой из двух подсистем, составляющих систему, выделяется один модуль первого уровня с малым объемом ОП для целей обмена (М1-1, М1-2), а основные модули имеют расширенную оперативную память, причем они могут быть первого или второго уровня.

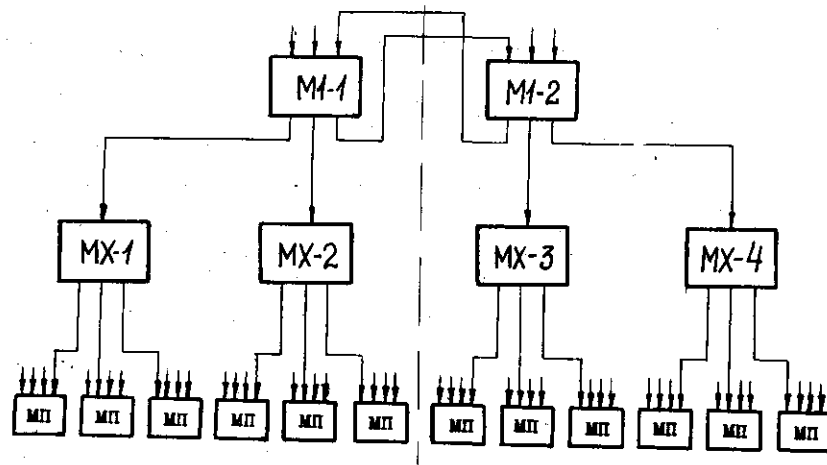


Рис. 10. Система с выделенными активными модулями обмена.

Очевидно, что практическая реализация подобных систем будет определяться технологическими трудностями и возможностями математического обеспечения. Внедрение больших интегральных схем (БИС) позволяет создавать достаточно компактные устройства. Есть предпосылки к успешному решению проблемы математического обеспечения.

4. Заключение

Из рассмотрения принципов организации связей на уровне ОП, рассмотренных выше, видно, что они обладают рядом преимуществ по сравнению с системой *JBM* - 360.

В системе 360, как известно, предлагается связь не более чем двух процессоров на уровне ОП (организация общего поля памяти). Объем общего поля памяти не может превышать объема, доступного для одного процессора. Для увеличения числа процессоров, входящих в многопроцессорную систему, необходимо либо значительное усложнение устройства управления памятью, входящего в каждый процессор, либо введение в систему некоторого коммутационного устройства. Для увеличения объема памяти системы необходимо расширение адресной сетки. И все-таки применение этих средств не дает возможности дальнейшего наращивания системы как по числу процессоров, так и по объему ОП.

Эти трудности обойдены введением незначительных отличий в адресации памяти и введением дополнительного оборудования, составляющего по приблизительной оценке менее 5% общего оборудования процессора. Объем оперативной памяти такой мультисистемы может в 4 раза превышать максимальный объем ОП одного процессора при введении дополнительно двух пассивных модулей ОП.

Предлагаемая модульная структура позволяет строить гибкие и надежные системы с возможностью неограниченного наращивания процессоров и ОП в системе без изменения структуры самих модулей.