

Совершенствование подготовки специалистов и повышение эффективности научных исследований являются главными задачами, стоящими перед высшей школой. В их решении все возрастающую роль играют средства вычислительной техники. В условиях бурного развития автоматизированных систем научных исследований и обучения с особой остротой встает вопрос их рациональной организации и унификации компонентов технического и программного обеспечения. Один из подходов к его решению заключается в выделении аппаратно-программного ядра, реализующего наиболее типичные (базисные) функции автоматизированных систем, ориентированных на различные предметные области. К таким функциям прежде всего следует отнести: связь с объектом, сбор и первичное преобразование информации, управление работой системы, моделирование различных процессов и явлений, вывод результатов измерений и пр. Использование микро, мини-ЭВМ и специализированных модулей для реализации базисных функций позволяет создавать проблемно-ориентированные комплексы, пригодные для массового применения [1].

В основу создания таких комплексов должен быть положен функциональный принцип - основные базисные функции реализуются в виде аппаратно-программных средств с унифицированными интерфейсами.

Второй принцип, используемый при создании комплексов - модульность организации технического обеспечения и мобильность программных средств, при этом обеспечивается возможность их развития и разработки унифицированного ряда комплексов, позволяющих создавать автоматизированные системы, конфигурации и характеристики которых наиболее соответствуют требованиям решаемых конкретных прикладных задач.

Учебно-исследовательский комплекс автоматизации должен соответствовать следующим основным требованиям:

обеспечивать возможность решения задач автоматизации научных исследований и обучения в широком спектре предметных областей в условиях компьютерной технологии;

обеспечивать возможность организации баз данных в соответствующих предметных областях;

располагать широкими выразительными возможностями для представления пользователям информации в требуемой форме (графической, табличной и т.д.);

иметь средства диалогового взаимодействия пользователей с компонентами комплекса на естественном (или близком к нему) языке; обладать гибкой, открытой к расширению структурой, обеспечивающей возможность перестройки комплекса в соответствии с требованиями его применения для обучения в различных предметных областях, определяемых перспективными направлениями развития науки и техники;

базируется на массовых средствах вычислительной техники (мини-, микроЭВМ), производящихся отечественной промышленностью, и легко адаптироваться к перспективным техническим средствам без кардинальной переработки накопленного программного обеспечения;

обеспечивать мобильность создаваемого для различных предметных областей прикладного программного обеспечения;

обладать невысокой стоимостью учебных рабочих мест, допускающей их массовое применение в учебном процессе вузов и исследовательских лабораториях.

Организация технического и программного обеспечения комплекса должна соответствовать принципу "развивающегося ядра", то есть средства комплекса реализуют набор базисных функций в виде аппаратно-программных модулей, взаимодействующих между собой по стандартному протоколу обмена. Каждая из базисных функций реализуется унифицированным рядом модулей, возможности которых должны перекрывать заданные классы задач, решаемых в соответствующей предметной области. "Развивающееся ядро" представляет собой полуфабрикат, в определенной степени инвариантный к предметным областям. Его адаптация к конкретным применениям обеспечивается введением в состав комплекса специализированных аппаратно-программных средств.

К настоящему времени в системе АН СССР и Минвуза РСФСР накоплен положительный опыт и реализовано значительное количество автоматизированных систем на базе мини- и микроЭВМ типа СМ-4, "Электроника-60" и аппаратуры КАМАК. Только в вузах Минвуза РСФСР уже эксплуатируется более 100 комплексов *Merax* I25/СМ-4 и более 300 комплексов *Merax* -60.

С учетом всех требований был проведен сравнительный анализ вариантов организации технических средств комплекса и предлагается следующая архитектура.

Техническое обеспечение комплекса

На рисунке представлена общая структура технического обеспечения учебно-исследовательского комплекса с условными обозначениями:

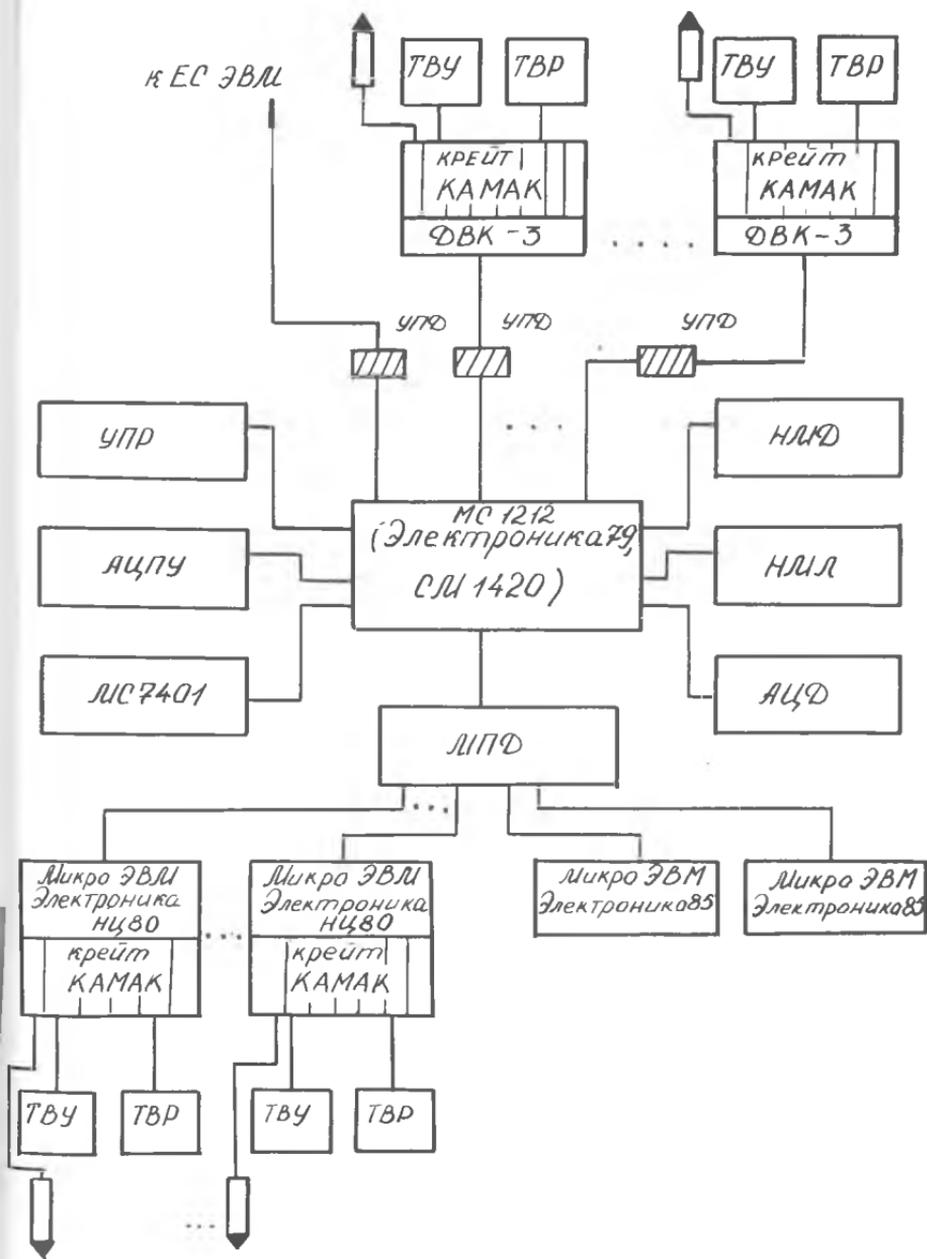
- УПР - устройство печати растровое СМП 6320,
- УПД - устройство передачи данных МС4101,
- НМД - накопитель на магнитных дисках,
- НМЛ - накопитель на магнитных лентах,
- АЦД - алфавитно-цифровой дисплей,
- МПД - мультиплексор передачи данных (оптоволоконная система информационного обмена МС8004.42),
- ИГМД - накопитель на гибких магнитных дисках,
- ТВУ - телевизионный монитор управляющий,
- ТВР - телевизионный монитор рабочий .

Комплекс в полном наборе представляет собой двухуровневый учебный класс на 12 рабочих мест с микроЭВМ на каждом из них, связанными с помощью стандартной аппаратуры передачи данных с ЭВМ верхнего уровня типа МС-1212 ("Электроника-79"), либо мини-ЭВМ класса СМ-4 (СМ-1420). ЭВМ верхнего уровня служит концентраторами вычислительной мощности локальной сети и, кроме того, обеспечивает работу пользователей с базой данных с каждого учебного места. База данных должна быть реализована на магнитных носителях с объемом памяти от 10 до 100 МБайт. При необходимости построения базы большего объема ЭВМ второго уровня может быть связана через канал передачи данных с ЭВМ единой серии (например, типа ЕС 1035, ЕС 1045).

Терминальный класс из 12 рабочих мест обеспечивает организацию учебного процесса для половины группы студентов.

Учебные места имеют разную целевую и функциональную направленность и должны быть укомплектованы различными стандартными и специализированными техническими средствами. Представляется целесообразным следующий набор учебных мест.

Четыре рабочих места предназначены для проведения сложных исследований физических объектов. Эти места оборудованы диалоговыми вычислительными комплексами ДВК-3 (ДВК-4) с видеоконтроллером



Р и с. Структура технического обеспечения учебно-исследовательского комплекса

И5ИЭ-00-01ЭМ, телевизионным монитором, стандартной клавиатурой, АЦПУ, термопечатью И5ВВП-80-002, накопителями на гибких магнитных дисках типа "Электроника ГМД-70М", графопостроителем. Кроме того, в состав этих учебно-исследовательских мест включены крейты КАМАК с набором специализированных модулей, реализующих функции измерения, сбора, отображения и т.д. Магистраль крейта через интерфейс связана с общей шиной ДВК-Э, что позволяет процессору ДВК (ИЦ 80-01Д) управлять работой модулей КАМАК. Набор модулей как стандартных, так и специализированных определяется классом задач, решаемых на рабочем месте и может оперативно изменяться. При выполнении сложных вычислений и необходимости обращения к базе данных процессор рабочего места по каналу передачи сообщений (ИС 4101Д) обращается к ЭВМ второго уровня. Эти учебно-исследовательские места оборудуются расширенными комплектами специализированных модулей КАМАК (световой клавиатуры, аналогового моделирования, графики и т.д.) [1].

Шесть учебно-исследовательских мест должны быть построены на базе одноплатной микроЭВМ "Электроника ИЦ 80.01Д", установленной в корпусе ДВК, в котором размещены также специализированные модули, реализующие базисные функции. В отличие от рабочих мест с крейтами КАМАК, в данном случае набор модулей ограничен (не более пяти в одном корпусе). Состав модулей определяется заранее (при создании рабочего места) с учетом решаемого класса задач и не меняется в процессе эксплуатации (конструктив ДВК не предназначен для оперативной смены плат). Тем не менее, включение в состав рабочего места пяти специализированных модулей, каждый из которых представляет из себя функциональный микропроцессорный блок, позволяет создавать высокопроизводительные автоматизированные системы.

Такие учебно-исследовательские места более специализированы, но при этом объем оборудования (и стоимость при серийном производстве) существенно уменьшаются. Кроме того, повышается быстродействие системы в целом. Таким образом четыре из двенадцати рабочих мест позволяют проводить весьма сложные эксперименты и решать практические задачи, являясь одновременно учебными подсистемами с богатыми выразительными возможностями. Наконец, еще два рабочих места организируются на базе персональных ЭВМ "Электроника-85", обеспечивающих решение широкого класса задач.

Необходимо отметить, что на любом рабочем месте методика работы, организация учебного процесса, прикладное программное обеспечение и технология решения задач автоматизации исследований и

обучения должны быть едины, независимо от используемых технических средств.

Таким образом, программное обеспечение учебного процесса по разным дисциплинам должно строиться на единой основе так, чтобы методические материалы и учебные задания могли быть широко тиражируемы для использования прежде всего в вузах — разработчиках учебно-исследовательских комплексов. Эти требования являются определяющими при создании комплексов.

Программное обеспечение комплекса

В основу программного обеспечения учебно-исследовательского комплекса автоматизации прежде всего должны быть положены требования обеспечения мобильности. В противном случае модернизация как системы межпроцессорных связей, так и базовых ЭВМ (вплоть до применения ЭВМ иной архитектуры) становится невозможной или крайне затруднительной. Между тем современные темпы развития вычислительной техники таковы, что, вероятно, возможность улучшения технического обеспечения комплекса может представиться еще до завершения разработки всех компонентов методического и программного обеспечения.

Вторым центральным моментом концепции программного обеспечения является систематичность [2]. Этот принцип широко применяется в структурном программировании и, по сути, состоит в том, что разработка или анализ программной системы сводится к разработке и анализу составляющих подсистем. Причем, процедуры анализа и синтеза носят единообразный, независимый от уровня рассмотрения системы характер. Систематичность разработки достигается итеративным применением типизированных процедур проектирования ко все более и более детализованным уровням программной системы.

Важным следствием систематичности является стирание грани между системным и пользовательским уровнем разработки программного обеспечения. Современные тенденции таковы, что еще на ранней стадии проекта системные программисты попадают в те же технологические условия, что и пользователи системного программного обеспечения (СПО) [3]. Таким образом, разработка прикладного программного обеспечения (ППО) есть не что иное, как продолжение разработки системного программного обеспечения, только с учетом специфики проблемных применений. Такой подход делает системное программное обеспечение комплек-

са открытой системой, пригодной для поэтапного создания и дальнейшей модернизации. Методическое обеспечение комплекса ПАК становится применимым при создании СПО. Более того, по-видимому, методическое обеспечение не имеет смысла создавать заранее, опережая создание СПО. Эти два процесса должны развиваться параллельно и практика создания СПО найдет отражение в методическом обеспечении, которое в дальнейшем послужит "технологическими направляющими" развития проблемного программного обеспечения.

Наконец, очевидно СПО комплекса должно обеспечивать создание программ реального времени и быть реализуемым на базовом варианте ПАК.

С учетом рассмотренного здесь перечня естественных требований предлагается следующая структура программного обеспечения комплекса. Центральный узел его образуется операционной системой *UNIX* [4]. С центральным *UNIX*-узлом связываются терминальные узлы:

- 1) дисплей программиста-оператора;
- 2) комплекс, не использующий дисковую память терминального узла;
- 3) система РАФСС, использующая дисковод терминального узла (для обеспечения совместимости с предшествующими разработками);
- 4) любая другая система.

На дисплее программиста (узел типа 1) обеспечен полный сервис *UNIX*. Терминалы других типов предоставляют пользователю еще большие возможности.

В узле типа 2 находится ЭВМ, лишенная собственной дисковой памяти. Она может работать в трех режимах:

- а) прозрачном - как рабочий дисплей *UNIX* ;
- б) автономном - программа загружается из ЭВМ второго уровня и выполняется на данной ЭВМ без использования дисковой памяти;
- в) асинхронном - программа загружается из ЭВМ верхнего уровня и выполняется асинхронно с некоторой задачей центральной машины, если эта задача эмулирует дисковую файловую систему терминальной машины, то появляется возможность использовать ресурсы накопителей на магнитных дисках ЭВМ второго уровня, в т.ч. для загрузки и выполнения операционных систем в терминальной ЭВМ.

В узле типа 3 находится ЭВМ с собственной дисковой памятью, с которой может загружаться операционная система:

- прозрачный режим;
- автономный - при этом программа загружается как из ЭВМ вто-

рого уровня, так и с местного дискового;

асинхронный – в данном случае не имеет смысла эмулировать терминальную файловую систему, но есть необходимость производить обмен данными (или программами) между терминальной и центральной машинами.

Работа узла типа 4 в общем случае организуется аналогично работе узла типа 3.

Предложенная схема взаимодействия компонент программного обеспечения удовлетворяет критериям мобильности. Мобильность комплекса в данном случае базируется, во-первых, на использовании мобильной операционной системы *UNIX*, которая не зависит от типа используемой ЭВМ, во-вторых, за счет типизации взаимодействия ЭВМ второго уровня и процессоров терминальных ЭВМ в известной степени достигается независимость от аппаратного и программного обеспечения рабочих мест. В целом предложенная структура программного обеспечения инвариантна по отношению к используемым средствам технического обеспечения операционным системам ЭВМ рабочих мест.

На уровне *UNIX* – узлов локальной сети учебно-исследовательского комплекса – сетевые функции обеспечиваются соответствующим сетевым пакетом, построенным на базе *UNIX* и, следовательно, обладающим мобильностью.

Применение *UNIX* как системы для разработки естественным образом удовлетворяет свойству систематичности. *UNIX* является системой, специально предназначенной для целей поддержки программных разработок и организованной с учетом совмещения системного и пользовательского уровней программирования.

UNIX не является исполняющей системой для программ реального времени, но может использоваться для разработки и отладки таких программ, которые выполняются под управлением РАФОС или в автономном режиме.

Таким образом, возникает следующее распределение функции между операционными системами учебно-исследовательского комплекса.

Операционная система ЭВМ второго уровня в основном служит для:

разработки программного обеспечения;

выполнения сетевых функций и связей в комплексе;

концентрации общих данных и программ (организация базы данных).

Операционные системы рабочих мест применяются как исполняющие системы и для любых других специальных целей. Прозрачный режим

терминального узла обеспечивает доступ к функциям центральной машины и сети в целом.

Рассмотренные средства технического и программного обеспечения учебно-исследовательского комплекса автоматизации целесообразно использовать в качестве типовых при создании и развитии в вузах экспериментально-лабораторной базы для обеспечения учебного процесса и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке совместимых автоматизированных систем на уровне современных требований.

Литература

1. Виттих В.А., Петров О.М., Сабилло В.И., Томников Г.Н. автоматизация научных исследований и обучения. - Изд. Саратовского университета, 1986, 156с..
2. Вирт Н. Систематическое программирование. Введение. М.: Мир, 1977. 336с.
3. Бабаян Б.А., Сахин Ю.Х. Система "Эльбрус". - Программирование, 1980, № 6, с. 72-86.
4. Кристиан К. Введение в операционную систему *UNIX*. - М.: Финансы и статистика, 1985. - 318с.