

УДК 681.31.323

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

В.А.Мелентьев

В последние годы как у нас в стране, так и за рубежом происходит крупномасштабное переоснащение производства с заменой специализированного оборудования универсальным программно-управляемым оборудованием. Это станки с числовым программным управлением (ЧПУ), обрабатывающие центры, загрузочно-ориентирующие устройства, транспортные устройства, накопители, манипуляторы, промышленные роботы и т.п. При этом в замкнутом технологическом цикле многие процессы управления каждым из подобных устройств должны быть взаимно синхронизированы и предикативно связаны. Совокупность указанных факторов привела к необходимости включения в технологическую схему производства средств, обеспечивающих:

- 1) эффективное управление программно-управляемым оборудованием;
- 2) автоматизацию административно-управленческой деятельности (планирование, диспетчирование, учет, контроль и т.д.);
- 3) автоматизацию технологической подготовки производства (проектирование, создание технологий и управляющих программ).

Отметим наиболее важные факторы, которые должны быть учтены при проектировании системы управления производством:

- 1) управление оборудованием основано на асинхронных процессах доступа к управляющей информации из некоторого множества единиц оборудования, взаимосвязанных, параллельно выполняемых процессах управления ими, а также процессах тестирования и диагностики;
- 2) децентрализованность (распределенность) средств управления и данных (расстояние между отдельными средствами может достигать нескольких сот метров);

3) полный отказ системы управления может привести к отказу всей производственной системы и, следовательно, к огромному материальному ущербу;

4) динамичность производства определяется как универсальностью оборудования, так и гибкостью (перестраиваемостью) структуры и развиваемостью системы управления.

Приведенные факторы однозначно согласуются с основными принципами построения вычислительных систем (ВС), сформулированными В.Г.Хорошевым при создании системы МИКРОС и принятыми за основу для описываемой системы.

I. Функциональная структура системы управления производством

Под функциональной структурой системы управления производством будем понимать совокупность множества пользовательских функций, рассмотренную в их информационной и логической взаимосвязи (рис.1). Выбор двухуровневой структуры обусловлен:

- экономическими соображениями - обеспечивается возможность совместного использования программных и информационных ресурсов;

- топологией и спецификой управления - службы обеспечения, подготовки, управления производством и производственное оборудование, как правило, находятся на значительных расстояниях. При этом автоматизация процессов подготовки и управления производством требует значительно больших вычислительных ресурсов, нежели процессы управления оборудованием;

- эксплуатационными требованиями к внешним запоминающим устройствам - микроклиматические и другие эксплуатационные требования в условиях производственных цехов, как правило, не обеспечиваются.

Исходя из вышесказанного, на нижнем уровне рассматриваемой системы управления следует разместить функции управления программно-управляемым оборудованием, а на верхнем уровне сосредоточить все остальные и прежде всего функции, требующие для своего выполнения наличия внешних запоминающих устройств. При этом может быть допущена имитация выполнения функций верхнего уровня снизу в режиме удаленного пользователя.

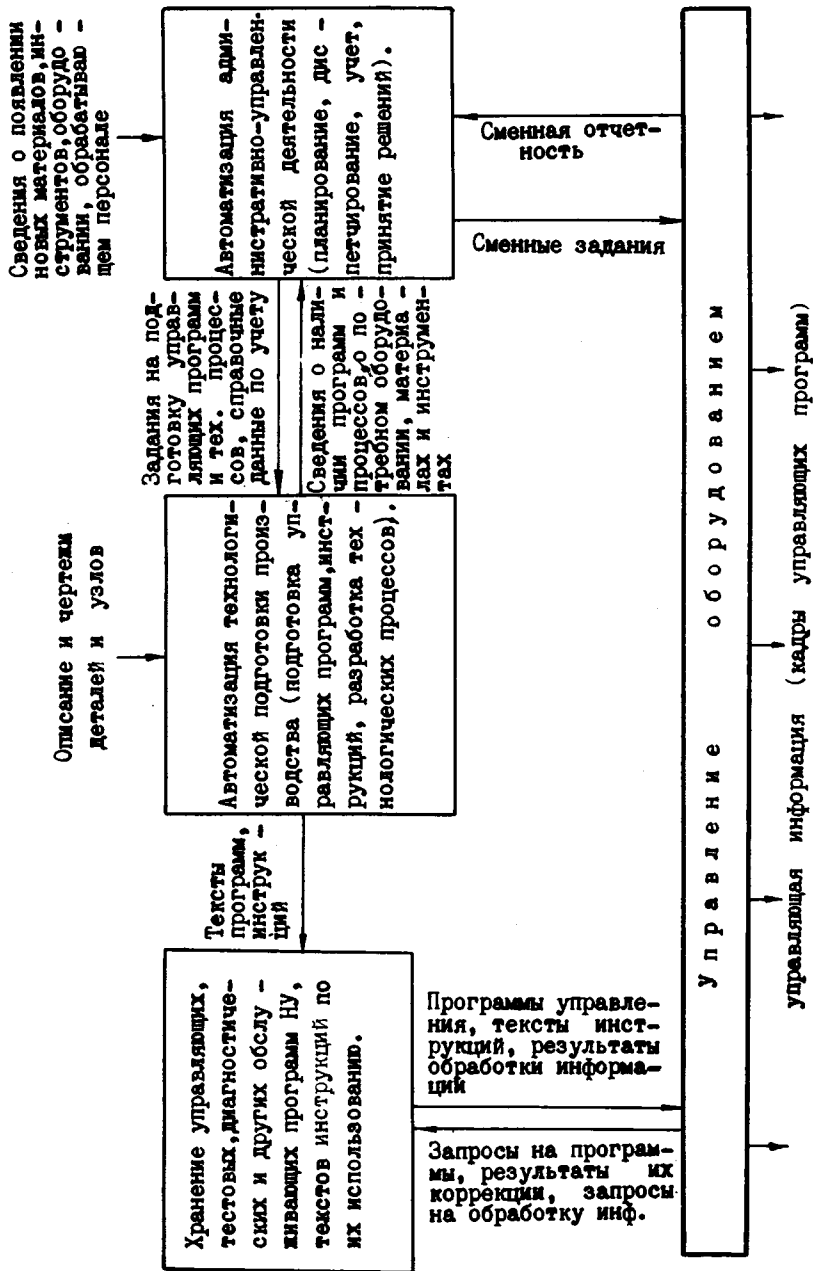


Рис. 1. Функциональная структура системы управления производством.

2. Структура ВС

Под структурой ВС понимают граф G , вершинам которого сопоставлены элементарные машины (ЭМ), а ребрам - линии связи между ними [1]. При формировании структуры ВС должны быть учтены следующие функциональные особенности системы управления:

1) двухуровневая структура, в которой верхний уровень информационно дополняет нижний;

2) отказ любого из уровней либо информационной связи между ними вызывает отказ всей системы управления в целом.

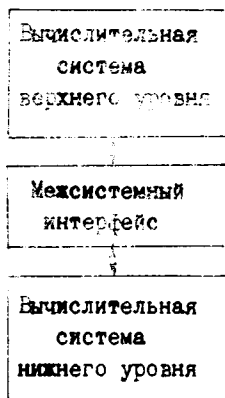


Рис.2

Макроструктура ВС, включенной в производственную систему в качестве управляющего звена, может быть представлена (рис.2) совокупностью двух ВС, реализующих функции верхнего и нижнего уровней и объединенных посредством интерфейса (назовем его межсистемным). Физически межсистемный интерфейс можно представить в виде программно-управляемых устройств, объединенных посредством каналов (в частном случае - линий) связи выполняющих ограниченный набор функций по обеспечению достоверности приема и передачи информации. Основное требование к межсистемному интерфейсу - обеспечение необходимого порядка живучести соединения систем в условиях возможных отказов системных

устройств и каналов связи. Под порядком живучести m здесь и далее понимается уменьшенная на единицу минимальная кратность отказов, при которой показатели, характеризующие работоспособность системы, становятся хуже допустимых. Если система сохраняет работоспособность в условиях одиночных отказов, то порядок живучести равен единице. Требуемый порядок живучести системы m обеспечивается наличием в ее составе $m+1$ компонентов, каждый из которых может выполнять минимально допустимый для сохранения работоспособности набор функций. Отсюда следует, что порядок m живучести интерфейса будет обеспечен наличием $m+1$ взаимонезависимых полюсов на каждой его стороне.

2.1. Выбор метода организации соединений внутри ВС. В настоящее время для организации соединений ЭМ в мультимикрокомпо -

терных системах используют следующие основные методы: организацию соединений посредством разделения памяти, разделяемые шины (шины с централизованным управлением, глобальные шины), петлевые структуры (петли Ньюхолла, Пирса, структуры с введением задержки), центральные переключатели (звездообразные структуры) [3] и организацию соединений с распределенным переключением. При построении развиваемых живучих ВС наибольший интерес представляет последний из перечисленных методов организации соединений. Сравнительная характеристика методов приведена в таблице, где под параметром структуры понимается количество каналов между точками ветвления.

2.2. Структура ВС верхнего уровня. Структура ВС определяется объемом, составом и временными характеристиками реализуемых функций, минимально допустимым набором функций и требованиями к живучести, а также требованиями к развиваемости.

Функциональное назначение ВС верхнего уровня ясно из структуры на рис.1. Под живучестью ВС верхнего уровня в данном случае следует понимать способность выборки требуемой информации и предоставление последней в распоряжение межсистемного интерфейса при возможных отказах вычислительного и периферийного оборудования. При этом очевидно, что порядок живучести m будет обеспечен наличием в системе $(m+1)$ -й конструктивно независимой копии каждого из минимально допустимого набора компонентов информационного, программного и технического обеспечения. При этом должен быть обеспечен тот же порядок живучести для соединений между копиями информационного и программного обеспечения в целях устранения их неоднозначности при использовании в процессе модификации.

Следовательно, минимальная конфигурация ВС верхнего уровня должна включать объединенные посредством внутреннего интерфейса ЭМ, каждая из которых связана с межсистемным интерфейсом (рис. 3, а $m = 1$). Увеличение порядка живучести возможно посредством соответствующего увеличения числа ЭМ, подключенных к межсистемному интерфейсу, причем внутренняя структура ВС также должна соответствовать требуемому порядку живучести. Так, структура ВС из 3-х ЭМ (рис.3, б: ВИС - внутренний интерфейс ВС; $m = 2$) обеспечивает устойчивость к двойным отказам, т.е. порядок живучести равен 2.

Число ЭМ в ВС верхнего уровня определяется также количеством и характеристиками решаемых на этом уровне задач, но, как правило, невелико. Поэтому развиваемость системы обеспечивается самим методом организации соединения.

Метод организации производственного процесса	Методы повышения эффективности	Х и в у ч е с т ь	Развиваемая - мость	Параметр	Распределенность
Разделение памяти	Дублирование печатки и дублирование	Плохая: отказ комплекта памяти значительно повышает время сборки информации	Ограничена числом входов в память	$N \cdot (m+1)$	Единицы метров
Разделенные шины	Дублирование шин и связного оборудования	Плохая: отказ одной из шин значительно повышает среднее время доставки информации	Ограничена пропускной способностью шин	$(N-1) \cdot (m+1)$	Десятки и сотни метров
Петлевые структуры	Дублирование петель и связного оборудования	Плохая: отказ петель приводит к значительному увеличению загрузок работоспособных петель и повышает среднее время доставки	Ограничена пропускной способностью петель	$N \cdot (m+1)$	Десятки и сотни метров
Центральное переключение	Дублирование центрального переключателя и связного оборудования	Плохая: отказ переключателя значительно увеличивает загрузку исправных и увеличивает время доступа	Ограничена характеристиками переключателя	$N \cdot (m+1)$	Сотни метров
Распределенное переключение	Увеличение степени связности, вынос оптимизированных структур из каталога [2,5,7] или аналитический [6]	Очень хорошая: отказ канала связи или ЭИ несущественно сказывается на функционировании системы	Практически не ограничена	$\frac{N \cdot (m+1)}{2} = \frac{N \cdot m}{2}$	Не ограничена

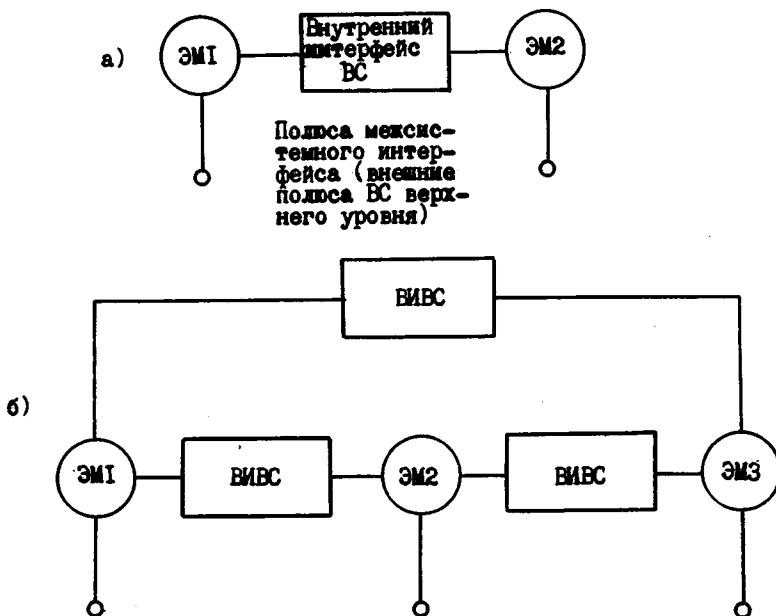


Рис. 3

2.3. Структура ВС нижнего уровня. Под живучестью ВС нижнего уровня следует понимать обеспечение возможности:

- а) доступа каждой ЭМ к межсистемному интерфейсу в условиях возможных отказов вычислительного и связного оборудования;
- б) организации связанных подсистем из конкретных ЭМ для размещения в них взаимосвязанных процессов в условиях возможных отказов связного оборудования.

Следует отметить, что в настоящей статье не рассматривается проблема обеспечения живучести на уровне программно-управляемого оборудования, так как отказ той или иной единицы программно-управляемого оборудования может быть устранен только с участием человека, равно как отказ управляющей микро-ЭВМ может быть без значительных затрат в приемлемое время устранен заменой либо самой микро-ЭВМ, либо входящих в ее конфигурацию отказавших устройств.

Очевидно, что для обеспечения порядка живучести m в состав ВС нижнего уровня должны входить $m+1$ ЭМ, связанных с межсистем-

ным интерфейсом. При этом каждая из них может выполнять также функции управления программно-управляемым оборудованием. Из определения живучести ВС нижнего уровня вытекают два следствия.

1. В ВС должно быть обеспечено соединение любой управляющей ЭМ с любым из $m+1$ полюсов межсистемного интерфейса. При этом не предъявляется никаких требований по обеспечению устойчивости к отказам каждого из отдельно взятых соединений, но подмножества ЭМ, образующих эти соединения, не должны пересекаться. Имеется в виду, что так как число полюсов межсистемного интерфейса - $(m+1)$, то даже при отказе соединений любой ЭМ с внешними полюсами ВС (полюсами межсистемного интерфейса) сохранится соединение по меньшей мере с одним из них. Отсюда следует, что степень v связности ЭМ должна быть адекватной требуемому порядку живучести m , т.е. $v \geq m+1$.

2. Порядок живучести любой подсистемы, образованной из любого набора машин системы, автоматически обеспечивается выполнением условия $v \geq m+1$ и требованием независимости v соединений внутри множества соединений каждой ЭМ с внешними полюсами системы. Действительно, для любых i и j , $i \neq j$, i -я ЭМ, принадлежащая множеству I машин в ВС, имеет по меньшей мере $m+1$ непересекающихся соединений с множеством M машин, выделенных в структуре для межсистемной связи, причем $|M| = m+1$, и j -я ЭМ имеет такое же количество независимых соединений с тем же множеством ЭМ. Тогда и ЭМ _{i} с ЭМ _{j} имеет по меньшей мере множество из $m+1$ непересекающихся соединений.

Из сравнительной оценки структур с различными методами организации соединений ЭМ (см. таблицу) и с учетом вышеприведенных замечаний следует необходимость применения для рассматриваемой ВС однородных структур. Число ЭМ в такой системе определяется количеством единиц обслуживаемого оборудования, коэффициентом многостаночности обслуживания, технологической схемой производства и может достигать нескольких десятков. В связи с этим структура должна обеспечивать возможности простого изменения количества ЭМ в системе без коренной перекоммутации уже имеющихся связей и с учетом обеспечения требуемого порядка живучести.

В качестве однородных структур, удовлетворяющих условию развиваемости, представляет интерес применение для рассматриваемой ВС оптимальных КАИС-структур с двоичной адресацией, или D_n -графов [1-2, 4-7]. D_n -граф имеет параметрическое описание: $(N; w_0, w_1, \dots, w_n)$, где N и n - соответственно порядок и размерность

графа; числа w_k таковы, что две вершины с номерами i и j соединены ребром, если выполняется $i-j \equiv w_k \pmod N$; $i, j \in \{0, 1, \dots, N-1\}$, $k = 0, n-1$.

Из множества D_n -графов порядка N выделим предельные D_n -графы, обладающие минимально возможным диаметром и средним диаметром в классе всех D_n -графов этого порядка. В работе [6] показано, что для любого натурального N предельный D_2 -граф порядка N существует и имеет параметрическое описание вида $\{N; k, k+1\}$, где $k = \lceil ((\sqrt{2N-1}-1)/2) \rceil$, а $\lceil x \rceil$ - ближайшее целое x . Там же показано, что для предельных D_2 -графов оказывается возможным сохранение свойства оптимальности при наращивании числа вершин ценой минимальной перестройки структуры связей. При этом отношение числа изменяемых аппаратно связей к общему числу связей D_2 -графа равно $(k+1)/2N$, не превосходит величины $(k+1)/(2k^2 - 1)$ и при $N \rightarrow \infty$ стремится к нулю, как $1/\sqrt{N}$.

При необходимости в качестве оптимальных структур может быть использован более общий класс оптимальных $\Delta(N, v, g)$ -графов [7] с числом вершин N , степенями v вершин и величиной обхвата g , допускающих изменение числа машин без коренной переконмутации имеющихся межмашинных связей.

Таким образом, задача синтеза структуры ЕС нижнего уровня может быть решена либо путем выбора структуры с требуемыми характеристиками из каталога оптимальных D_n -графов [2], либо аналитически для D_2 -графов. Остается в полученной структуре определить множество ЭМ мощности $n+1$ используемых для организации межсистемных связей. Задача определения этого множества ЭМ может быть сформулирована следующим образом: в структуре, заданной графом G , определить множество M вершин мощности $|M| = v = n+1$, среднее расстояние между которыми максимально, а среднее расстояние каждой вершины до остальных вершин минимально.

Для решения этой задачи может быть предложен следующий алгоритм:

1. $k := 0$.

2. Найти центр графа, считая длины ребер равными. Центр графа - это любая вершина, расстояние наиболее удаленной от нее вершины минимально. Центр отыскивается как один из элементов матрицы D , значение i, j -го элемента которой - $d(i, j)$ - определяет кратчайшее расстояние от вершины i к вершине j . Эле -

менты матрицы могут быть вычислены с помощью алгоритма Флойда или алгоритма Данцига [8].

3. Модифицировать граф удалением центра и инцидентных ему ребер.

4. Если $k = m+1$, то выполнить 5, иначе - 2.

5. Конец.

Внешние полюса ВС нижнего уровня

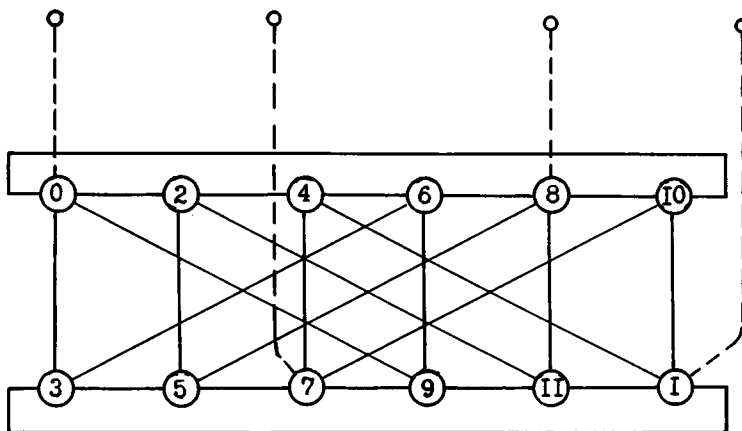


Рис. 4

На рис. 4 приведен пример структуры ВС нижнего уровня из 12 ЭМ, заданный порядок живучести который - $m = 3$. Предельный D_2 -граф, взятый из каталога [2], имеет параметрическое описание - $\{12, 2, 3\}$. Для обеспечения порядка живучести $m = 3$ его степень связности $v = 4$, число внешних полюсов $p = 4$, внутренний диаметр $d = 2$, максимальное расстояние от межсистемного интерфейса $l = d = 2$, а при отказе 3-х из 4-х ЭМ, организующих межсистемную связь, - $l = 3$.

К очень важным требованиям структурной организации ВС следует отнести также требование обеспечения функционирования ВС вне зависимости (от некоторых) внешних факторов, в частности, от организации их питания. Способность системы сохранять уровень работоспособности не ниже допустимого в условиях воздействия внешних факторов, приводящих к отказу отдельных ЭМ и связанного оборудования, назовем внешней живучестью ВС. Из множества внешних факторов, влияющих на функционирование ЭМ, можно выделить 2 непересекающихся

ся подмножества: T – множество необходимых внешних факторов, отсутствие любого из которых прекращает функционирование ЭМ; F – множество мешающих внешних факторов, наличие любого из которых прекращает функционирование ЭМ. Следовательно, ЭМ будет неработоспособна, если $\left(\bigcap_{i=1}^{|T|} t_i \right) \cup \left(\bigcup_{j=1}^{|F|} f_j \right) = 1$, где t_i, f_j – функции, принимающие дискретные значения 1 или 0 при наличии или отсутствии соответствующих элементов множеств T, F . Множество T необходимых для функционирования ЭМ факторов обязательно содержит фактор обеспеченности ЭМ питанием, остальные факторы, равно как и множество F , могут присутствовать или отсутствовать в силу специфических условий использования ЭМ.

Можно указать четыре пути повышения внешней живучести ВС:

1) включение в состав системы подсистем, обеспечивающих выполнение условия $\bigcap_{n=0}^{N-1} \left[\left(\bigcap_{i=1}^{|T_n|} t_i \right) \cap \left(\bigcup_{j=1}^{|F_n|} f_j \right) \right] = 1$, где N – число ЭМ в ВС;

2) включение в состав каждой ЭМ ВС средств, обеспечивающих выполнение условия $\forall n \in \{0, 1, \dots, N-1\}, \left(\bigcap_{i=1}^{|T_n|} t_i \right) \cap \left(\bigcup_{j=1}^{|F_n|} f_j \right) = 1$;

3) организацию такой структуры ВС, что исчезновение любого фактора из множества T_n или появление любого фактора из F_n повлечет за собой лишь отказ группы ЭМ и (или) каналов связи, но не приведет к отказу всей ВС в целом;

4) применение указанных выше методов в любой комбинации.

Методы и характер реализации первых двух путей определяются специфическими особенностями, присущими различным условиям эксплуатации, и носят скорее конструктивный характер, нежели организационный, и не входят в предмет рассмотрения в настоящей статье.

В качестве примера для иллюстрации 3-го пути рассмотрим пример структурной организации ВС, обеспечивающей порядок m внешней живучести, где в качестве необходимого внешнего фактора выступает наличие питания. Очевидно, что число независимых сетевых фидеров, питающих ВС, должно быть равно $m+1$. Эти фидеры должны быть распределены по ЭМ таким образом, чтобы отказ m фидеров не вызвал отказ всей системы в целом. Задача размещения независимых источников питания может быть сформулирована нижеследующим обра-

зом. Пусть BC задана графом $G(V,R)$, где V - множество вершин, а R - множество связей между ними, или ребер; множество $M \in V$ представляет собой множество вершин, подключенных к межсистемному интерфейсу. Необходимо произвести разбиение V таким образом, чтобы образовалось $m+1$ непересекающихся подмножеств вершин таких, что удаление любых m из этих подмножеств вершин и инцидентных им ребер не влечет за собой потери связности образующегося подграфа, содержащего по меньшей мере одну вершину из множества M .

Из условия задачи следует, что любое из $m+1$ подмножеств включает в себя по меньшей мере одну вершину из множества M , т.е. задача имеет решение лишь при $m \leq |M|$. Для различных типов структур могут быть предложены свои методы решения задачи, поэтому в рамках данной статьи эти методы не рассматриваются. Для примера структуры, представленной на рис. 4, при $m = 2$ такое разбиение включает в себя следующие подмножества вершин: $\{0,2,3,5\}$, $\{4,6,7,9\}$, $\{1,8,10,11\}$.

3. Архитектура элементарной машины BC для управления производством

Под архитектурой элементарной машины BC здесь понимается прежде всего совокупность ее физической и логической структур, обеспечивающих функционирование ЭМ в составе BC , обладающей конкретными функциональными характеристиками. Поэтому средства, присущие каждой автономной ЭМ, их структура и состав в данной статье не рассматриваются.

3.1. Физическая структура ЭМ. Состав ЭМ в BC с программируемой структурой может быть варьирован в широких пределах: от минимальной конфигурации, состоящей из процессора с памятью, до максимальной конфигурации, включающей в себя внешние запоминающие устройства, терминалы, устройства ввода/вывода и т.п. [9]. Общим свойством любой ЭМ BC является наличие системных (программных и технических) средств, адекватных структуре системы.

В качестве базовых машин для BC верхнего уровня используется мини-ЭМ "Электроника 100-25", а для нижнего уровня микро-ЭМ "Электроника-60М". Выбор ЭМ продиктован прежде всего их наличием, характеристиками, соответствующими функциональной структуре системы управления, и их программной совместимостью.

Физическая структура ЭМ верхнего уровня представлена на рис.5. Кроме минимального набора устройств, комплекта ЭМ "Элект-

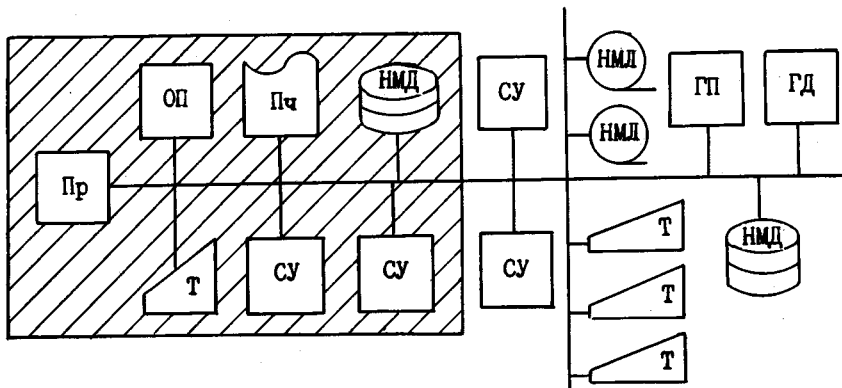


Рис.5. Физическая структура элементарной машины ВС верхнего уровня: Пр - процессор; ОП - оперативная печать; Пч - печатающее устройство; НМД - накопитель на магнитном диске; НМЛ - накопитель на магнитной ленте; Т - терминал; СУ - системной устройстве; ГП - графопостроитель; ГД - графический дисплей.

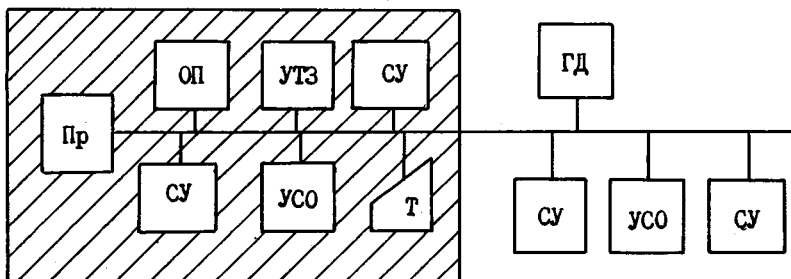


Рис. 6. Физическая структура элементарной машины ВС нижнего уровня: УТЗ - устройство телезагрузки; УСО- устройство связи с объектами управления.

роника 100-25" и одного системного устройства, входящих в состав минимальной конфигурации ЭМ (заштрихованная часть рисунка), ЭМ может включать в свой состав также дополнительно несколько системных устройств, а также набор периферии, обусловленный составом решаемых задач. Каждое системное устройство выполнено в виде конструктивно и функционально самостоятельного модуля, обеспечивающего взаимодействие со смежной ЭМ или с ВС нижнего уровня по дуплексному каналу связи. Под конструктивной и функциональной самостоятельностью здесь понимается следующее: множества составных элементов, определяющих функционирование каждого системного устройства не пересекаются ни конструктивно, ни функционально. Это позволяет обеспечить полную независимость их работоспособности от отказа какого-либо из них или их группы, т.е. повышает живучесть системы, а также обеспечивает развиваемость ВС.

В расширенный комплект ЭМ вычислительной системы верхнего уровня могут входить также дополнительные устройства внешней памяти (накопители на магнитных дисках и лентах), устройства формирования, ввода, обработки и вывода графической информации, терминалы и т.д. Общее число обобществленных устройств различного назначения определяется из условия, что при заданной кратности неисправностей в системе [10] среди исправных ЭМ найдется по крайней мере один комплект, включающий в себя устройство данного типа, выполняющее требуемые функции в необходимом объеме.

Минимальная конфигурация ЭМ на нижнем уровне ВС (заштрихованная часть рис.6) с требуемым порядком живучести, кроме процессора и памяти, содержит $m+1$ системных устройств, обеспечивающих организацию заданной структуры, устройства связи с объектами управления, устройство телезагрузки и системный терминал. Системные терминалы в ВС этого уровня не имеет смысла обобществлять для совместного использования, так как в силу специфических особенностей производства пункт управления группой единиц программно-управляемых объектов должен быть расположен вблизи (желательно в центре) обслуживаемой группы. Устройство телезагрузки представляет собой аппаратный носитель программы, иницируемой при включении ЭМ и осуществляющей (через программно-настраиваемую сеть связи) взаимодействие с удаленной ЭМ верхнего уровня с целью загрузки и инициации в своей ЭМ операционной системы или монитора связи с оператором. В составе ЭМ, ответственной за организацию межсистемного интерфейса, обязательно наличие соответствующего системного уст -

ройства. Здесь также сохраняется актуальность требование конструктивной и функциональной самостоятельности системных устройств.

3.2. Логическая структура ЭМ. Под логической структурой здесь понимается описание свойств, характеристик и функций программного обеспечения, реализующих конструкцию логических взаимозависимостей между множеством его функциональных компонентов.

Логическая структура ВС для управления производством, так же как и физическая структура, базируется на трех основных принципах, составляющих основу концептуальной модели коллектива вычислителей [2]: параллельности выполнения операций, программируемости структуры, конструктивной однородности. При этом отдельные функциональные компоненты, составляющие логическую структуру ВС, в зависимости от специфики назначения ВС, могут присутствовать в отдельных ЭМ, группах ЭМ или распределены по всем ЭМ ВС.

Параллельность выполнения операций основана на возможности выполнения взаимосвязанных процессов одновременно на нескольких ЭМ системы и реализуется посредством введения в логическую структуру ВС компонента, отвечающего за синхронизацию процессов. Если этот компонент присутствует только в одной ЭМ ВС, то имеет место централизованное статическое управление синхронизацией, присущее звездообразным структурам ВС с центральным переключателем. При этом задача размещения модуля синхронизации процессов в конкретной ЭМ решается на уровне проектирования структуры ВС. Модуль синхронизации может быть установлен динамически в процессе формирования подсистемы. В этом случае размещение его определяется структурой задачи и выделенной для ее решения подсистемы. Наличие компонента синхронизации в нескольких ЭМ характеризует распределенное управление синхронизацией параллельно протекающих процессов. При этом множество ЭМ, в которых запускается процесс синхронизации, может быть задано статически, исходя из особенностей решения задачи, или динамически - на основе отображения структуры задачи на выделенную подсистему. Динамическое размещение на ЭМ модулей управления совместным выполнением параллельно протекающих и взаимодействующих процессов более полно отвечает принципу программируемости структуры.

Программируемость структуры коллектива вычислителей позволяет на протяжении всей реализации параллельной программы сохранять адекватность структуры коллектива (графа связей вычислителей)

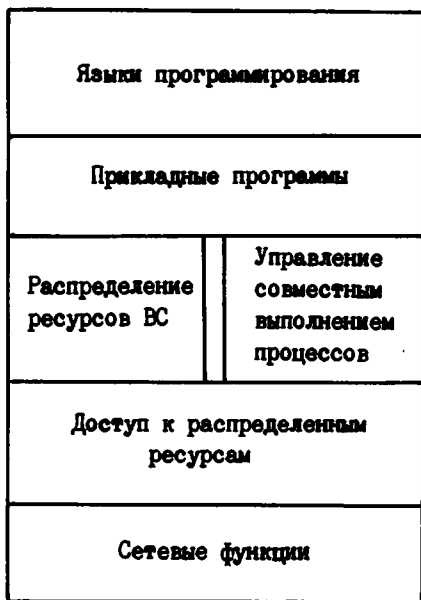
структуре (графу информационных и логических связей) решаемой задачи [9]. Для реализации указанного принципа в логической структуре ВС должен присутствовать модуль, ответственный за размещение - выделение обобществленных ресурсов. Совместно используемые ресурсы могут быть размещены в системе статически (программы, данные, уникальные периферийные устройства) и динамически (промежуточные результаты вычислений, машины и т.д.). Статическое размещение характерно для распределенных баз данных, процессов управления уникальным оборудованием и определяется на этапе проектирования ВС в соответствии с ее структурой и спецификой. Динамическое размещение, характерное для организации подсистем в соответствии с текущим состоянием ВС, может осуществляться как на прикладном уровне - на этапе проектирования задачи, так и на системном уровне - путем настройки на выделенное для подсистемы число ЭМ. Задача размещения как обобщенный ресурс также может быть распределена в ВС статически (на одной или группе ЭМ) и динамически. В первом случае ее размещение производится на этапе структурного проектирования ВС.

Рассмотренные выше принципы построения ВС требуют выделения в логической структуре ЭМ модулей, обеспечивающих доступ к распределенным ресурсам, и сетевые функции.

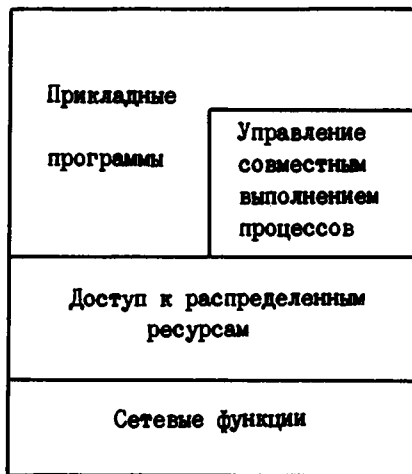
Система управления производством имеет особенности, определяющие некоторое различие логических структур ЭМ различных уровней ВС (рис.7), а именно:

- 1) статическое распределение технологического оборудования по управляющим ЭМ нижнего уровня;
- 2) обобщенные информационные ресурсы присутствуют только в ЭМ верхнего уровня;
- 3) совместно протекающие процессы могут быть распределены только между ЭМ одного уровня;
- 4) доступ к распределенной информационной базе может осуществляться вертикально (между ЭМ разных уровней) и горизонтально только на верхнем уровне;
- 5) требования живучести, сформулированные при описании структуры ВС, остаются в силе.

Отсюда и из функциональной структуры системы управления следует, что для ВС, управляющей производством, может быть принята следующая логика управления (см. рис.7):



а) ЭМ верхнего уровня



б) ЭМ нижнего уровня

Рис. 7

1) размещение информации носит распределенный характер, статическое и с избыточностью (дублировано);

2) распределение вычислительных ресурсов децентрализовано и осуществляется на ЭМ верхнего уровня, статическое для процессов управления и может быть динамическим для задач вычислительного характера;

3) управление совместным выполнением параллельно протекающих процессов децентрализовано, статическое для процессов управления и может быть динамическим для задач вычислительного характера;

4) в любой ЭМ должна быть обеспечена возможность доступа к распределенным ресурсам;

5) сетевой процесс должен обеспечивать возможности организации транзитов и поиска обходных путей.

В соответствии с вышеизложенным логические структуры ЭМ верхнего и нижнего уровней представлены на рис. 7,а и 7,б соответственно. Данная логическая структура конструктивно не выделяет мо-

Дуль обеспечения живучести системы, исходя из предположения, что эта функция реализуется взаимодополняющими компонентами, распределенными по уровням, начиная с уровня прикладных программ. В совокупности эти компоненты должны обеспечить выделение контролирующей и контролируемой подсистем, реализацию в последней процессов тестирования и диагностики, представленных в последовательной и параллельной формах, а также осуществлять реконфигурацию при обнаружении отказов.

4. Реализация ВС для управления производственными процессами

В настоящее время в целях обработки основных программных и технологических компонентов системы, а также в целях апробирования и демонстрации возможностей двухуровневого управления технологическим оборудованием реализована двухуровневая ВС, физическая структура которой приведена на рис.8 (сокращения те же, что на рис. 5,6). На верхнем уровне используется мини-ЭВМ "Электроника 100-25", соединенная с удаленными на расстоянии порядка 250 м и размещенными в цехе двумя микро-ЭВМ, управляющими группами токарных и фрезерных станков с числовым программным управлением. В качестве базового используется семейство операционных систем реального времени - RSX-IIM(OC PB) и RSX-IIS(MOC PB), имеющее возможности многопользовательского режима, эффективные средства динамического распределения оперативной памяти, развитую файловую систему и допускающее работу с различными базами данных.

Подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ производится на мини-ЭВМ с помощью многопользовательской (до 4) системы автоматизации программирования "Техтран". Разрабатываемые технологические программы помещаются в каталоги (на диск в кодах станка), соответствующие типам станков, на которых детали могут быть обработаны. Оператор - станочник, манипулируя с терминалом микро-ЭВМ, имеет возможность вызвать необходимую управляющую программу по идентификатору и запустить работу станка под ее управлением. При необходимости вся информация по описанию детали, установке заготовки, используемым режимам, инструменту и оснастке может быть также вызвана на терминал оператора-станочника.

Устройство телезагрузки после включения микро-ЭВМ обеспечивает подключение ее к мини-ЭВМ в режиме удаленного терминала. Порядок загрузки операционной системы определяется штатным протоколом вхождения в систему.

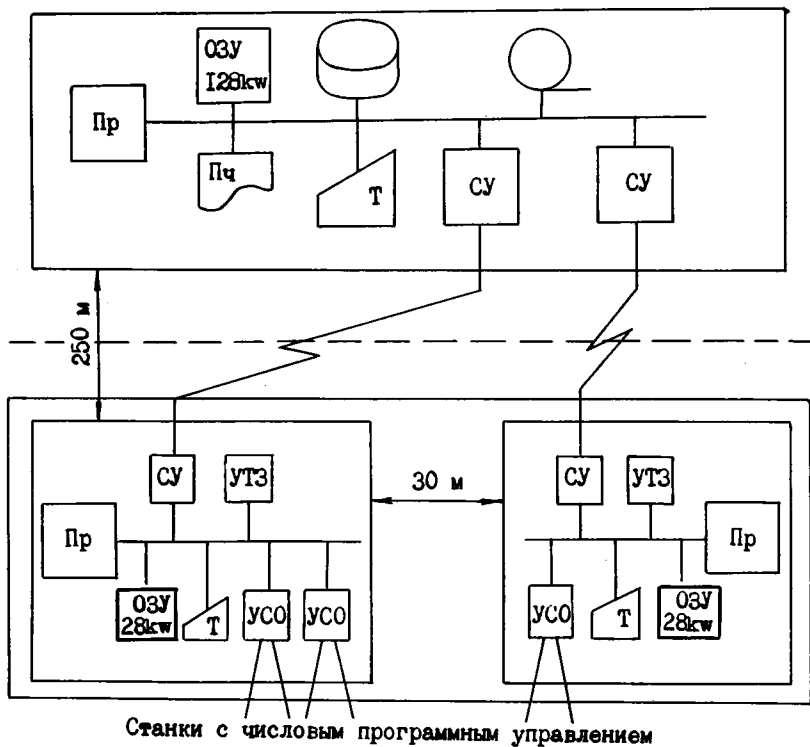


Рис. 8

Межсистемный интерфейс обеспечивается использованием системных устройств, работающих по двум радиочастотным кабелям на расстоянии до 500 м. Таким образом, между смежными ЭВМ обеспечивается дуплексный физический канал связи с побайтным контролем четности и пословным кватрированием, скорость обмена до 2 Мбит/с. Основой программного обеспечения межсистемного интерфейса является драйвер, части которого находятся как в ЭВМ верхнего, так и нижнего уровней. Одна физическая линия связи представляется драйвером как 8 независимых логических каналов, три из которых являются служебными и используются программами удаленного терминального и файлового доступа, а остальные 5 могут быть использованы прикладными программами. Доступ к файлам ЭМ верхнего уровня осуществляется с помощью пакета подпрограмм, используемых прикладными программами

и взаимодействующих с программой удаленного файлового доступа. Возможности динамической загрузки нерезидентных задач на микро-ЭВМ, а также выгрузки образа задачи на диск мини-ЭВМ осуществляется программой-загрузчиком, взаимодействующей с программой доступа к удаленным файлам.

Связь микро-ЭВМ с обслуживаемым оборудованием - дуплексная последовательная; линия связи имеет гальваническую развязку, что важно в условиях близкого действия мощных сильноточных переключаемых процессов; скорость обмена - от 75 до 9600 бит/с. Асинхронный режим и достоверность передачи информации обеспечивается программно-аппаратным протоколом с побайтным контролем на четность и квитированием путем возвращения переданного байта. Предполагается использование такой связи для организации связной структуры ВС нижнего уровня.

Таким образом, цели первого этапа практической реализации описываемой в настоящей статье ВС для управления производством были достигнуты, техническая и программная база организации ВС созданы. Дальнейшее развитие системы производится путем наращивания числа ЭМ на обоих уровнях ВС, расширения сетевых функций введением путевых процедур, разработки средств обеспечения живучести и средств параллельного программирования.

Л и т е р а т у р а

1. ХОРОШЕВСКИЙ В.Г. Вычислительная система МИКРОС. - Новосибирск, 1983. - 52 с. (Препринт/ИМ СО АН СССР: №38).
2. ДИМИТРИЕВ Ю.К., ХОРОШЕВСКИЙ В.Г. Вычислительные системы из мини-ЭВМ. - М.: Радио и связь, 1982. - 304 с.
3. ВЕЙЦМАН К. Распределенные системы мини- и микро-ЭВМ. - М.: Финансы и статистика, 1983. - 382 с.
4. КОРНЕЕВ В.В., ХОРОШЕВСКИЙ В.Г. Архитектура вычислительных систем с программируемой структурой. - Новосибирск, 1979. - 48 с. (Препринт/ИМ СО АН СССР: ОВС-10).
5. КОРНЕЕВ В.В., ХОРОШЕВСКИЙ В.Г. Структура и функциональная организация вычислительных систем с программируемой структурой. - Новосибирск, 1979. - 48 с. (Препринт/ИМ СО АН СССР: ОВС-11).
6. МОНАХОВА Э.А. Об аналитическом задании оптимальных двумерных диафантовых структур однородных вычислительных систем. - В кн.: Однородные вычислительные системы (Вычислительные системы, вып. 90). Новосибирск, 1981, с. 81-91.

7. КОРНЕЕВ В.В., МОНАХОВ О.Г. Графы межмашинных связей однородных вычислительных систем. - В кн.: Вопросы теории и построения вычислительных систем (Вычислительные системы, вып. 73). Новосибирск, 1978, с. 93-106.

8. МАЙНИКА Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. - М.: Мир, 1981. - 323 с.

9. ДИМИТРИЕВ Ю.К., ХОРОШЕВСКИЙ В.Г., КОРНЕЕВ В.В. Вычислительная система с программируемой структурой МИКРОС. - В кн.: Вычислительные системы с программируемой структурой (Вычислительные системы, вып. 94). Новосибирск, 1982, с. 3-15.

10. ДИМИТРИЕВ Ю.К., ЗАДОРОВНИЙ А.Ф., КОРНЕЕВ В.В. Элементарная машина вычислительной системы с программируемой структурой МИКРОС. - Там же, с. 16-32.

Поступила в ред.-изд.отд.
16 октября 1984 года