

2.2. МОДЕЛЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЯ

Какова семантика слова вычислитель (Computer или Calculator – калькулятор)? “Вычисл(я)тель – кто вычислять что-либо. Вычислитель также механический снаряд для вычисления” (В.И. Даль “Толковый словарь живого великорусского языка”). Приведенное определение свидетельствует о дуализме понятия “вычислитель”. Нас интересует это понятие с позиций вычислительной техники.

В технике “вычислитель” – это средство обработки информации (например, арифмометр, электронный калькулятор, процессор, ЭВМ), работа которого основывается на примитивной имитации деятельности человека, занятого расчетами. Процесс обработки информации на вычислителе требует участия человека–оператора. Чем шире функциональные возможности вычислителя, чем выше уровень или механизации, или автоматизации вычислений, тем ниже частота взаимодействий между ним и оператором. Среди вычислителей, как технических средств, наивысшей степенью автоматизации счета обладает ЭВМ (Computer – компьютер).

Итак, состав устройств и структура ЭВМ есть результат технической интерпретации функциональной организации человека–вычислителя. Процесс обработки информации (решения задач) на ЭВМ по сути сводится к имитации вычислительной деятельности человека. Следовательно, концептуальную основу конструкции ЭВМ и ее функционирования (или же основу автоматизации вычислений на ЭВМ) должна составить модель вычислителя.

Модель вычислителя есть пара:

$$c = \langle h, a \rangle, \quad (2.1)$$

где h и a – описания конструкции ЭВМ и алгоритма ее функционирования при обработке информации (или коротко: h – конструкция вычислителя, a – алгоритм его работы).

Конструкция вычислителя допускает следующее представление:

$$h = \langle U, g \rangle, \quad (2.2)$$

где $U = \{u_i\}$ – множество устройств u_i , $i = \overline{1, k}$ ($k = 5$ для концептуальной машины Дж. фон Неймана); g – описание структуры (или просто: структура) сети связей между устройствами u_i . Говоря иначе, структура вычислителя – это граф, вершинам которого сопоставлены устройства u_i , а ребрам – линии связей между ними. В основу конструкции вычислителя кладутся следующие три принципа:

- 1) последовательная обработка информации т.е. (последовательное выполнение:
 - операций на множестве U устройств u_i , взаимодействующих через связи структуры g ;
 - микроопераций в пределах устройств u_i , $i = \overline{1, k}$);
- 2) фиксированность (автоматическая неизменность) структуры (и g , и микроструктуры устройств $u_i \in U$);
- 3) неоднородность составляющих устройств ($u_i \in U$, $i = \overline{1, k}$) и связей между ними (структуры g).

Алгоритм работы вычислителя обеспечивает согласованное функционирование всех устройств (множества U) и связей между ними (структуры g) в процессе обработки информации или, говоря иначе, при решении задач. Для решения любой задачи вычислитель должен иметь исходные данные D и программу P или запись алгоритма вычислений (на одном из возможных языков). Поэтому алгоритм a допускает представление в виде суперпозиции:

$$a(p(D)). \quad (2.3)$$

Для заданных D и P алгоритм (2.3) должен приводить к однозначному результату. Степень универсальности алгоритма работы вычислителя определяется разнообразием классов решаемых задач.

Итак, на основании (2.1) и (2.2) модель вычислителя –

$$c = \langle U, g, a(p(D)) \rangle, \quad (2.4)$$

где U – множество устройств, обеспечивающих ввод, обработку, хранение и вывод информации; g – структура связей между устройствами; a – алгоритм работы вычислителя или алгоритм управления вычислительными процессами при реализации программы P обработки данных D . В модель вычислителя вкладывается каноническая ЭВМ Дж. фон Неймана.

Следует отметить, что описанные три принципа конструирования ЭВМ были адекватны лишь 50-м годам 20 столетия, и они позволили создать первые технико-экономически эффективные электронные машины. В последующих ЭВМ, основанных на новой элементной базе, технико-экономическая эффективность машин была достигнута уже за счет совмещения операций во времени их выполнения, ручной реконфигурируемости структур, возможности изменения (upgrade) составов машин. Каждый новый проект ЭВМ характеризовался очередной модификацией принципов построения, смена поколений ЭВМ сопровождалась все большим отходом от трех первоначальных принципов. В конце концов создатели средств обработки информации пришли к необходимости применения диалектических противоположностей названных здесь принципов.

Итак, мы можем дать еще одно определение: *средство обработки информации, основанное на модели вычислителя, называется ЭВМ*. Процесс проектирования ЭВМ включает в себя выбор системы счисления и форм представления данных D ; определение средств для написания программ P вычислений; подбор состава U вычислительных устройств и системы операций, реализуемых ими; формирование структуры g и разработку микроструктуры (“логический” синтез) устройств $u_i \in U$; выбор элементной базы и конструирование устройств $u_i \in U$; построение такого алгоритма a функционирования вычислителя c , который обеспечивал бы реализацию и программ P , и, в частности, операций как последовательности микроопераций.

Допустимы аппаратурные, аппаратурно-программные и программные реализации модели вычислителя (2.4). Аппаратурное исполнение c предопределяет каноническая ЭВМ Дж. фон Неймана; такое исполнение соотносится с первыми ЭВМ (первым поколением ЭВМ). Однако, здесь уместно заметить, что даже в этих машинах имели место эволюционные модификации. Так, в машине JONIAS, в отличие от EDVAC, уже осуществлялась параллельная обработка всех разрядов слова (что может рассматриваться как “параллельное выполнение микроопераций”). В последующих разработках ЭВМ закладывалась и возможность совмещения операций.

Аппаратурно-программная реализация c , включая конструкцию h и алгоритм a (если учесть микропрограммное управление), сопоставляется с современными ЭВМ. Имеет место тенденция к вложению функций системного программного обеспечения в аппаратуру. Последнее поддерживается непрерывным совершенствованием технологии БИС, удешевлением элементной базы (в современных условиях: микропроцессоров).

Программное исполнение c следует воспринимать как машинный имитатор средства обработки информации, основанного на модели вычислителя (2.4). Говоря иначе, при программном исполнении модели вычислителя порождается виртуальная ЭВМ (или машинная модель ЭВМ).

Развитие вычислительной техники по пути создания ЭВМ (как аппаратных или аппаратно-программных реализаций модели вычислителя или функциональной структуры машины Дж. фон Неймана) может осуществляться в ограниченных пределах, обусловленных, в частности, конечностью скоростью распространения сигналов в физических средах (конечностью скорости света, которая в вакууме равна $299792 \pm 0,4$ км/с).