

3.4. Архитектурно-функциональные принципы построения ЭВМ

Основополагающие принципы цифровой ЭВМ (Джон фон Нейман, 1946 г.):

1. Принцип использования двоичной системы исчисления для представления информации в ЭВМ.
2. Принцип программного управления ЭВМ.
3. Принцип условного перехода.
4. Принцип хранимой программы.
5. Принцип иерархичности запоминающих устройств ЭВМ.

В цифровых вычислительных устройствах все операции (математические и логические) производятся над числами (величинами), представленными в кодовом выражении. Причём в данном случае все операции производятся в одном и том же узле. Большинство задач цифровой обработки может быть решено при помощи устройств, математическая структура которых изображена на рис. 2.

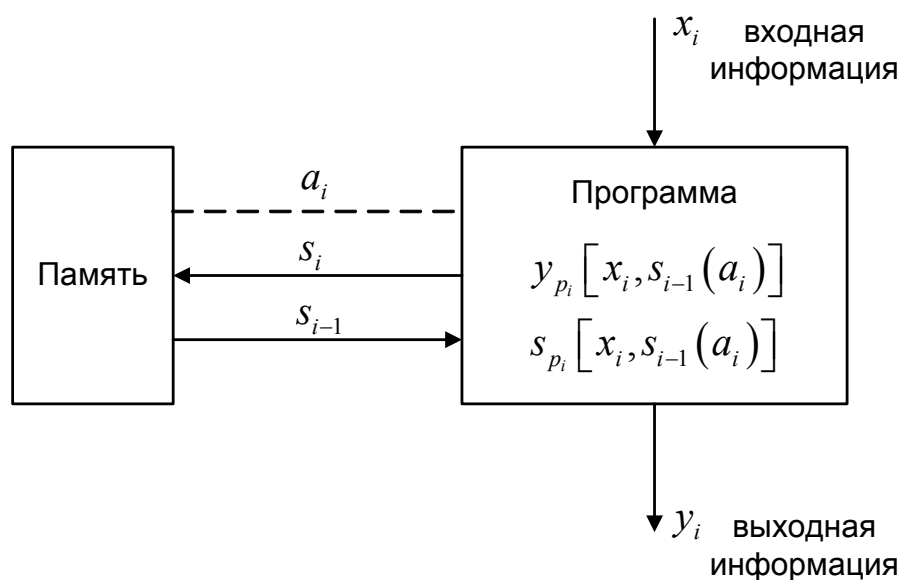


Рис. 2. Схема конечного автомата фон Неймана

На вход данного устройства (рис. 2) подаётся массив входной информации

$$x_i = \{a_i, p_i, x_i^{(0)}, x_i^{(1)}, \dots, x_i^{(n)}\}, \quad (1)$$

где a_i – адресная часть массива, указывающая ячейку (ячейки) памяти, содержание которой $s_{i-1}(a_i)$ необходимо для обработки информации; p_i – номер программы (адрес программы), по которой должна быть произведена обработка; $x_i^{(0)}, \dots, x_i^{(n)}$ – множество входных величин, наиболее полно и точно отражающее входную информацию величины x .

В ходе обработки получается выходной массив

$$y_i = y_{p_i} [x_i, s_{i-1}(a_i)], \quad (2)$$

где y_i – выходной массив, который образуется путём обработки x_i программой p_i по адресу $s_{i-1}(a_i)$.

Выходной массив y_i представляется через множество выходных элементов

$$y_i = (y_i^{(0)}, \dots, y_i^{(n)}). \quad (3)$$

В память ЭВМ помещается массив

$$s_i = s_{p_i} [x_i, s_{i-1}(a_i)], \quad (4)$$

т. е. новый массив памяти.

3.5. Структура типовой ЭВМ (персонального компьютера)

3.5.1. Основные блоки ПК и их назначение

Архитектура компьютера обычно определяется совокупностью ее свойств, существенных для пользователя. Основное внимание при этом уделяется структуре и функциональным возможностям машины, которые можно разделить на основные и дополнительные.

Основные функции определяют назначение ЭВМ: обработка и хранение информации, обмен информацией с внешними объектами. *Дополнительные* функции повышают эффективность выполнения основных функций: обеспечивают эффективные режимы ее работы, диалог с пользователем, высокую надежность и др. Названные функции ЭВМ реализуются с помощью ее компонентов: аппаратных и программных средств.

Структура компьютера – это некоторая модель, устанавливающая состав, порядок и принципы взаимодействия входящих в нее компонентов.

Персональный компьютер (ПК) – это настольная или переносная ЭВМ, удовлетворяющая требованиям общедоступности и универсальности применения.

Достоинствами ПК являются:

- малая стоимость, находящаяся в пределах доступности для индивидуального покупателя;
- автономность эксплуатации без специальных требований к условиям окружающей среды;
- гибкость архитектуры, обеспечивающая ее адаптивность к разнообразным применениям в сфере управления, науки, образования, в быту;
- "дружественность" операционной системы и прочего программного обеспечения, обуславливающая возможность работы с ней пользователя без специальной профессиональной подготовки;
- высокая надежность работы (более 5 тыс. ч наработки на отказ).

Структура типовой ЭВМ представлена на рис. 3.

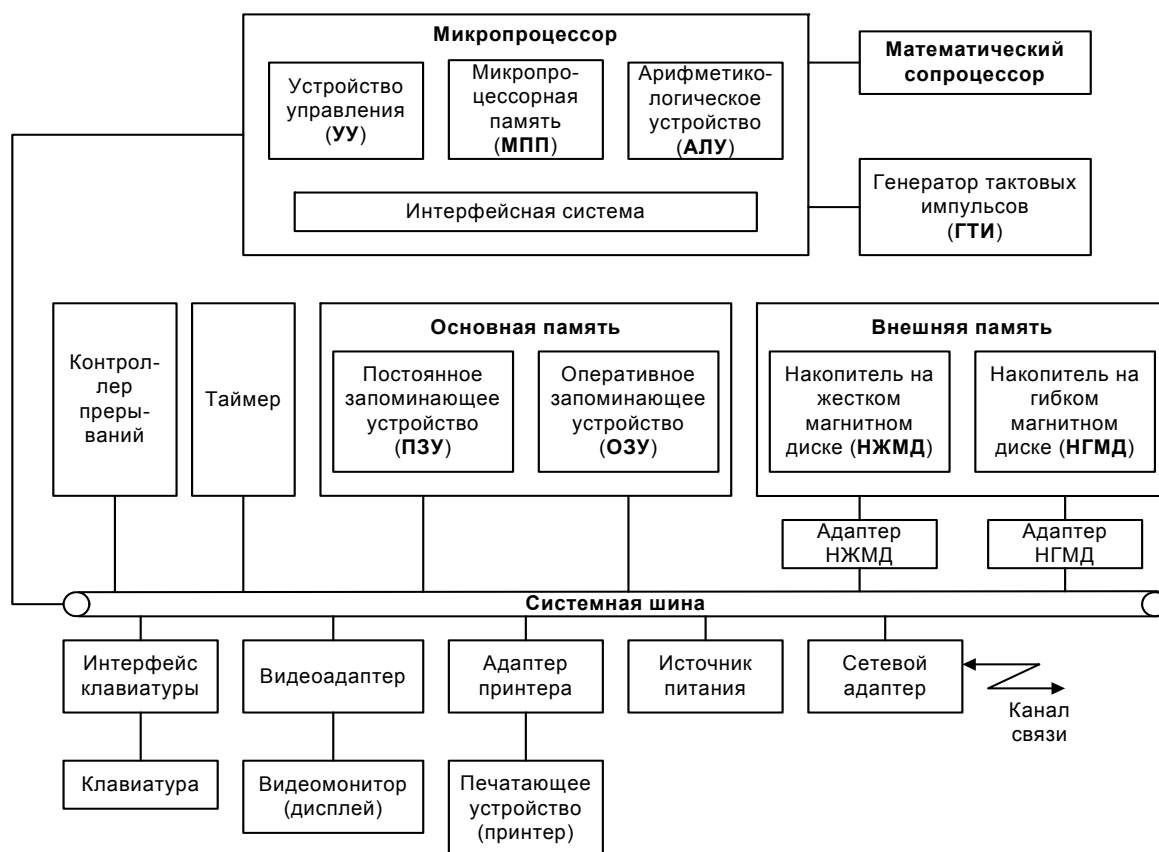


Рис. 3. Структура типовой ЭВМ

Микропроцессор (МП) – это центральный блок ПК, предназначенный для управления работой всех блоков машины и для выполнения арифметических и логических операций над информацией.

В состав микропроцессора входят:

- *устройство управления (УУ)* – формирует и подает во все блоки машины в нужные моменты времени определенные сигналы управления (управляющие импульсы), обусловленные спецификой выполняемой операции и результатами предыдущих операций; формирует адреса ячеек памяти, используемых выполняемой операцией, и передает эти адреса в соответствующие блоки ЭВМ. Опорную последовательность импульсов устройство управления получает от генератора тактовых импульсов;

- *арифметико-логическое устройство (АЛУ)* – предназначено для выполнения всех арифметических и логических операций над числовой и символьной информацией (в некоторых моделях ПК для ускорения выполнения операций к АЛУ подключается дополнительный математический сопроцессор);

- *микропроцессорная память (МПП)* – служит для кратковременного хранения, записи и выдачи информации, непосредственно используемой в вычислениях в ближайшие такты работы машины. МПП строится на регистрах и используется для обеспечения высокого быстродействия машины, т. к. основная память (ОП) не всегда обеспечивает скорость записи, поиска и считывания информации, необходимую для эффективной работы быстродействующего микропроцессора. **Регистры** – быстродействующие ячейки памяти различной длины (в отличие от ячеек ОП, имеющих стандартную длину 1 байт и более низкое быстродействие);

- *интерфейсная система микропроцессора* – реализует сопряжение и связь с другими устройствами ПК; включает в себя внутренний интерфейс МП, буферные запоминающие регистры и схемы управления портами ввода/вывода (ПВВ) и системной шиной. **Интерфейс (interface)** – совокупность средств сопряжения и связи устройств компьютера, обеспечивающая их эффективное взаимодействие. **Порт ввода/вывода (I/O \approx Input/Output port)** – аппаратура сопряжения, позволяющая подключить к микропроцессору другое устройство ПК.

Генератор тактовых импульсов генерирует последовательность электрических импульсов; частота генерируемых импульсов определяет тактовую частоту машины. Промежуток времени между соседними импульсами определяет время одного такта работы машины или просто такт работы машины.

Частота генератора тактовых импульсов является одной из основных характеристик персонального компьютера и во многом определяет скорость его работы, ибо каждая операция в машине выполняется за определенное количество тактов.

Системная шина – это основная интерфейсная система компьютера, обеспечивающая сопряжение и связь всех его устройств между собой.

Системная шина включает в себя:

- *кодovou шину данных (КШД)*, содержащую провода и схемы сопряжения для параллельной передачи всех разрядов числового кода (машинного слова) операнда;
- *кодovou шину адреса (КША)*, включающую провода и схемы сопряжения для параллельной передачи всех разрядов кода адреса ячейки основной памяти или порта ввода/вывода внешнего устройства;
- *кодovou шину инструкций (КШИ)*, содержащую провода и схемы сопряжения для передачи инструкций (управляющих сигналов, импульсов) во все блоки машины;
- *шину питания*, имеющую провода и схемы сопряжения для подключения блоков ПК к системе энергопитания.

Системная шина обеспечивает три направления передачи информации:

- 1) между микропроцессором и основной памятью;
- 2) между микропроцессором и портами ввода/вывода внешних устройств;
- 3) между основной памятью и портами ввода/вывода внешних устройств (в режиме прямого доступа к памяти).

Все блоки, а точнее их порты ввода/вывода, через соответствующие унифицированные разъемы (стыки) подключаются к шине единообразно: непосредственно или через *контроллеры (адаптеры)*. Управление системной шиной осуществляется микропроцессором либо непосредственно, либо, что чаще, через дополнительную микросхему – *контроллер шины*, формирующий основные сигналы управления.

Основная память предназначена для хранения и оперативного обмена информацией с прочими блоками машины. ОП содержит два вида запоминающих устройств: постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) и оперативное запоминающее устройство (ОЗУ).

ПЗУ служит для хранения неизменяемой (постоянной) программной и справочной информации, позволяет оперативно только считывать хранящуюся в нем информацию (изменить информацию в ПЗУ нельзя).

ОЗУ предназначено для оперативной записи, хранения и считывания информации (программ и данных), непосредственно участвующей в информационно-вычислительном процессе, выполняемом ПК в текущий период времени. Главными достоинствами оперативной памяти являются ее высокое быстродействие и возможность обращения к каж-

дой ячейке памяти отдельно (прямой адресный доступ к ячейке), В качестве недостатка ОЗУ следует отметить невозможность сохранения информации в ней после выключения питания машины (энергозависимость).

Внешняя память относится к внешним устройствам ПК и используется для долговременного хранения любой информации, которая может когда-либо потребоваться для решения задач. В частности, во внешней памяти хранится все программное обеспечение компьютера. Внешняя память содержит разнообразные виды запоминающих устройств, но наиболее распространенными, имеющимися практически на любом компьютере, являются накопители на жестких (НЖМД) и гибких (НГМД) магнитных дисках.

Назначение этих накопителей – хранение больших объемов информации, запись и выдача хранимой информации по запросу в оперативное запоминающее устройство. Различаются НЖМД и НГМД лишь конструктивно, объемами хранимой информации и временем поиска, записи и считывания информации.

В качестве устройств внешней памяти используются также запоминающие устройства на кассетной магнитной ленте (стримеры), накопители на оптических дисках (CD-ROM – Compact Disk Read Only Memory – компакт-диск с памятью, только читаемой) и др.

Источник питания – это блок, содержащий системы автономного и сетевого энергопитания ПК.

Таймер – это внутримашинные электронные часы, обеспечивающие при необходимости автоматический съем текущего момента времени (год, месяц, часы, минуты, секунды и доли секунд). Таймер подключается к автономному источнику питания – аккумулятору – и при отключении машины от сети продолжает работать.

Внешние устройства – это важнейшая составная часть любого вычислительного комплекса. Достаточно сказать, что по стоимости ВУ иногда составляют 50–80 % стоимости всего ПК. От состава и характеристик ВУ во многом зависят возможность и эффективность применения ПК в системах управления и в народном хозяйстве в целом.

Внешние устройства ПК обеспечивают взаимодействие машины с окружающей средой; пользователями, объектами управления и другими ЭВМ. ВУ весьма разнообразны и могут быть классифицированы по ряду признаков. Так, по назначению можно выделить следующие виды ВУ:

- внешние запоминающие устройства (ВЗУ) или внешняя память ПК;
- диалоговые средства пользователя;

- устройства ввода информации;
- устройства вывода информации;
- средства связи и телекоммуникации.

Диалоговые средства пользователя включают в свой состав видеомониторы (дисплеи), реже – пультовые пишущие машинки (принтеры с клавиатурой) и устройства речевого ввода/вывода информации.

Видеомонитор (дисплей) – устройство для отображения вводимой и выводимой из ПК информации.

Устройства речевого ввода/вывода относятся к быстроразвивающимся средствам мультимедиа. Устройства речевого ввода – это различные микрофонные акустические системы, "звуковые мыши", например, со сложным программным обеспечением, позволяющим распознавать произносимые человеком буквы и слова, идентифицировать их и кодировать.

Устройства речевого вывода – это различные синтезаторы звука, выполняющие преобразование цифровых кодов в буквы и слова, воспроизводимые через громкоговорители (динамики) или звуковые колонки, подсоединенные к компьютеру.

К устройствам ввода информации относятся:

- *клавиатура* – устройство для ручного ввода числовой, текстовой и управляющей информации в ПК;
- *графические планшеты (диджитайзеры)* – для ручного ввода графической информации, изображений путем перемещения по планшету специального указателя (пера); при перемещении пера автоматически выполняются считывание координат его местоположения и ввод этих координат в ПК;
- *сканеры* – для автоматического считывания с бумажных носителей и ввода в ПК машинописных текстов, графиков, рисунков, чертежей; в устройстве кодирования сканера в текстовом режиме считанные символы после сравнения с эталонными контурами специальными программами преобразуются в коды ASCII, а в графическом режиме считанные графики и чертежи преобразуются в последовательности двумерных координат;
- *манипуляторы (устройства указания)*: джойстик – рычаг, мышь, трекбол – шар в оправе, световое перо и др. – для ввода графической информации на экран дисплея путем управления движением курсора по экрану с последующим кодированием координат курсора и вводом их в ПК;
- *сенсорные экраны* – для ввода отдельных элементов изображения, программ или команд с полиэкрана дисплея в ПК.

К устройствам вывода информации относятся:

- *принтеры* – печатающие устройства для регистрации информации на бумажный носитель (см. подразд. 4.5);
- *графопостроители (плоттеры)* – для вывода графической информации (графиков, чертежей, рисунков) из ПК на бумажный носитель; плоттеры бывают векторные с вычерчиванием изображения с помощью пера и растровые: термографические, электростатические, струйные и лазерные. По конструкции плоттеры подразделяются на планшетные и барабанные. Основные характеристики всех плоттеров примерно одинаковые: скорость вычерчивания – 100–1000 мм/с, у лучших моделей возможно цветное изображение и передача полутонов; наибольшая разрешающая способность и четкость изображения – у лазерных плоттеров, но они самые дорогие.

Устройства связи и телекоммуникации используются для связи с приборами и другими средствами автоматизации (согласователи интерфейсов, адаптеры, цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи и т. п.) и для подключения ПК к каналам связи, к другим ЭВМ и вычислительным сетям (сетевые интерфейсные платы, "стыки", мультиплексоры передачи данных, модемы).

В частности, показанный на рис. 3 сетевой адаптер является внешним интерфейсом ПК и служит для подключения его к каналу связи для обмена информацией с другими ЭВМ, для работы в составе вычислительной сети. В глобальных сетях функции сетевого адаптера выполняет модулятор-демулятор.

Многие из названных выше устройств относятся к условно выделенной группе – средствам мультимедиа.

Средства мультимедиа (multimedia – многосредовость) – это комплекс аппаратных и программных средств, позволяющих человеку общаться с компьютером, используя самые разные естественные для себя среды: звук, видео, графику, тексты, анимацию и др.

К средствам мультимедиа относятся устройства речевого ввода и вывода информации; широко распространенные уже сейчас сканеры (поскольку они позволяют автоматически вводить в компьютер печатные тексты и рисунки); высококачественные видео- (video-) и звуковые (sound-) платы, платы видеозахвата (videograbber), снимающие изображение с видеомagneтофона или видеокамеры и вводящие его в ПК; высококачественные акустические и видеовоспроизводящие системы с усилителями, звуковыми колонками, большими видеоэкранами. Но, пожалуй, еще с большим основанием к средствам мультимедиа относят внешние запоминающие устройства большой емкости на оптических дисках, часто используемые для записи звуковой и видеоинформации.

Стоимость компактных дисков (CD) при их массовом тиражировании невысокая, а учитывая их большую емкость (650 Мб, а новых типов – 1 Гб и выше), высокую надежность и долговечность, стоимость хранения информации на CD для пользователя оказывается несравнимо меньшей, нежели на магнитных дисках. Это уже привело к тому, что большинство программных средств самого разного назначения поставляется на CD. На компакт-дисках за рубежом организуются обширные базы данных, целые библиотеки; на CD представлены словари, справочники, энциклопедии; обучающие и развивающие программы по общеобразовательным и специальным предметам.

CD широко используются, например, при изучении иностранных языков, правил дорожного движения, бухгалтерского учета, законодательства вообще и налогового законодательства в частности. И все это сопровождается текстами и рисунками, речевой информацией и мультипликацией, музыкой и видео. В чисто бытовом аспекте CD можно использовать для хранения аудио- и видеозаписей, т. е. использовать вместо плеерных аудиокассет и видеокассет. Следует упомянуть, конечно, и о большом количестве программ, компьютерных игр, хранимых на CD.

Таким образом, CD-ROM открывает доступ к огромным объемам разнообразной и по функциональному назначению, и по среде воспроизведения информации, записанной на компакт-дисках.

Дополнительные схемы. К системной шине и к микропроцессора ПК, наряду с типовыми внешними устройствами, могут быть подключены и некоторые дополнительные платы с интегральными микросхемами, расширяющие и улучшающие функциональные возможности микропроцессора: математический сопроцессор, контроллер прямого доступа к памяти, сопроцессор ввода/вывода, контроллер прерываний и др.

Математический сопроцессор широко используется для ускоренного выполнения операций над двоичными числами с плавающей запятой, над двоично-кодированными десятичными числами, для вычисления некоторых трансцендентных, в том числе тригонометрических, функций. Математический сопроцессор имеет свою систему команд и работает параллельно (совмещенно во времени) с основным МП, но под управлением последнего. Ускорение операций происходит в десятки раз. Последние модели МП, начиная с МП 80486 DX, включают сопроцессор в свою структуру.

Контроллер прямого доступа к памяти освобождает МП от прямого управления накопителями на магнитных дисках, что существенно повышает эффективное быстродействие ПК. Без этого контрол-

лера обмен данными между ВЗУ и ОЗУ осуществляется через регистр МП, а при его наличии данные непосредственно передаются между ВЗУ и ОЗУ, минуя МП.

Сопроцессор ввода/вывода за счет параллельной работы с МП значительно ускоряет выполнение процедур ввода/вывода при обслуживании нескольких внешних устройств (дисплей, принтер, НЖМД, НГМД и др.); освобождает МП от обработки процедур ввода/вывода, в том числе реализует и режим прямого доступа к памяти.

Важнейшую роль играет в ПК контроллер прерываний.

Прерывание – временный останов выполнения одной программы в целях оперативного выполнения другой, в данный момент более важной (приоритетной) программы.

Прерывания возникают при работе компьютера постоянно [4]. Достаточно сказать, что все процедуры ввода/вывода информации выполняются по прерываниям. Например, прерывания от таймера возникают и обслуживаются контроллером прерываний 18 раз в секунду (естественно, пользователь их не замечает).

Контроллер прерываний обслуживает процедуры прерывания, принимает запрос на прерывание от внешних устройств, определяет уровень приоритета этого запроса и выдает сигнал прерывания в МП. МП, получив этот сигнал, приостанавливает выполнение текущей программы и переходит к выполнению специальной программы обслуживания того прерывания, которое запросило внешнее устройство. После завершения программы обслуживания восстанавливается выполнение прерванной программы. Контроллер прерываний является программируемым.

Элементы конструкции ПК

Конструктивно ПК выполнены в виде центрального системного блока, к которому через разъемы подключаются внешние устройства: дополнительные устройства памяти, клавиатура, дисплей, принтер и др.

Системный блок обычно включает в себя *системную плату*, блок питания, накопители на дисках, разъемы для дополнительных устройств и *платы расширения* с контроллерами – адаптерами внешних устройств.

На системной плате (часто ее называют материнской платой Mother Board), как правило, размещаются :

- микропроцессор;
- математический сопроцессор;
- генератор тактовых импульсов;

- блоки (микросхемы) ОЗУ и ПЗУ;
- адаптеры клавиатуры, НЖМД и НГМД;
- контроллер прерываний;
- таймер и др.

3.5.2. Внутримашинный системный интерфейс

Внутримашинный системный интерфейс – система связи и сопряжения узлов и блоков ЭВМ между собой – представляет собой совокупность электрических линий связи (проводов), схем сопряжения с компонентами компьютера, протоколов (алгоритмов) передачи и преобразования сигналов.

Существуют два варианта организации внутримашинного интерфейса.

1. *Многосвязный интерфейс*: каждый блок ПК связан с прочими блоками своими локальными проводами; многосвязный интерфейс применяется, как правило, только в простейших бытовых ПК.

2. *Односвязный интерфейс*: все блоки ПК связаны друг с другом через общую или системную шину.

В подавляющем большинстве современных ПК в качестве системного интерфейса используется системная шина. Структура и состав системной шины были рассмотрены ранее. Важнейшими функциональными характеристиками системной шины являются: количество обслуживаемых ею устройств и ее пропускная способность, т. е. максимально возможная скорость передачи информации. Пропускная способность шины зависит от ее разрядности (есть шины 8-, 16-, 32- и 64-разрядные) и тактовой частоты, на которой шина работает.

В качестве системной шины в разных ПК использовались и могут использоваться:

- *шины расширений* – шины общего назначения, позволяющие подключать большое число самых разнообразных устройств,
- *локальные шины*, специализирующиеся на обслуживании небольшого количества устройств определенного класса.

Сравнительные технические характеристики некоторых шин приведены в табл. 2.

Шины расширений

• Шина *Multibus1* имеет две модификации: PC/XT bus (Personal Computer eXtended Technology – ПК с расширенной технологией) и PC/AT bus (PC Advanced Technology – ПК с усовершенствованной технологией).