**Лекция 23**
**БГТУ, ФИТ, ПОИТ, 3 семестр**
**Конструирование программного обеспечения**

# Генерация кода. Интерпретаторы

## Подходы к разработке трансляторов:

- часть операционной системы;
- для аппаратной платформы (ассемблер);
- реализации для одной программной платформы;
- реализация для одной программой платформы, но для разных процессоров;
- интерпретаторы;
- несколько реализаций для разных платформ;
- кроссплатформенные реализации (Java);
- компиляторы-интерпретаторы (компиляция + интерпретация);
- разработка стандарта и стандартизация (Java, C++,C#)

### 1. Схема работы «чистого» компилятора:


Для каждой целевой машины и каждой операционной системы или семейства операционных систем, работающих на целевой машине, требуется написание своего компилятора.

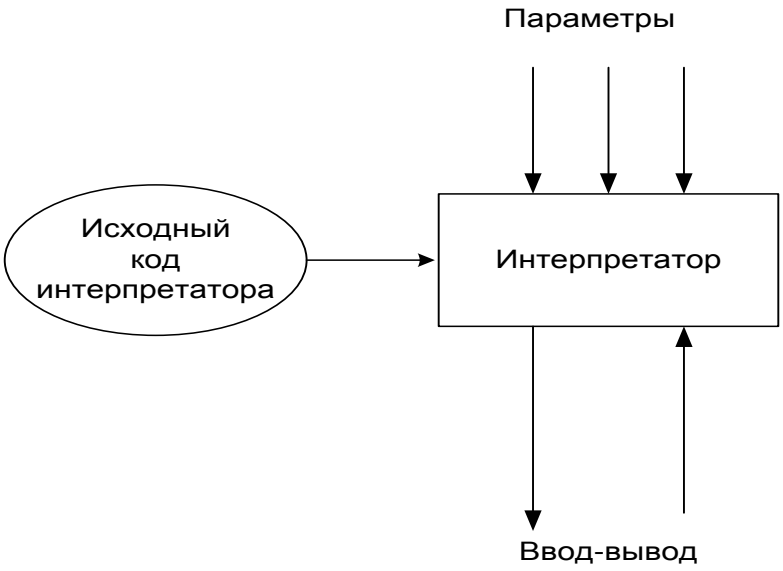
### 2. Компиляторы могут транслировать исходный код в язык ассемблера для некоторой аппаратной платформы

Цель: упростить генерацию кода.

## 3. Интерпретаторы

Интерпретатор – программа или устройство, осуществляющее пооператорную трансляцию и выполнение исходной программы.

Схема работы интерпретатора:




Пример интерпретации:

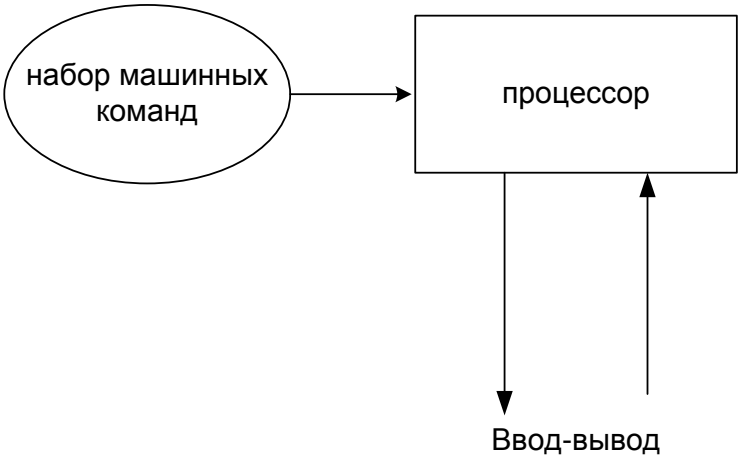
```
x := x + 1
```

| Действия интерпретатора |
|---|
| взять значение x;<br>вычислить новое значение: значение x + 1;<br>заменить результат в x |

| | |
|---|---|
| ТИ | 0 |
| имя | x |
| тип | int |
| иниц. | 0x00000000 |

| | |
|---|---|
| ТИ | 1 |
| имя | L001 |
| тип | int |
| иниц. | 0x00000001 |

**4. Процессор – это интерпретатор машинных команд**

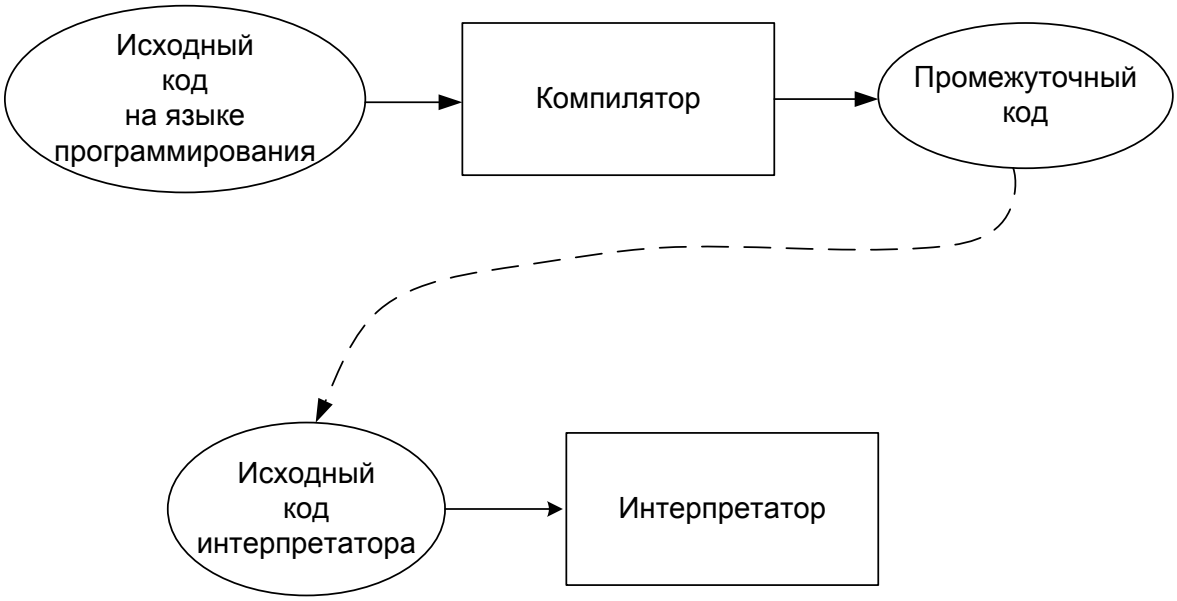



**5. Интерпретатор – программная реализация процессора**, поэтому часто интерпретаторы так и называют – процессоры.

Структура интерпретатора включает в себя фазы лексического и синтаксического анализа. Интерпретатор может транслировать исходную программу во внутреннюю форму, а затем выполнять программу в этой форме.

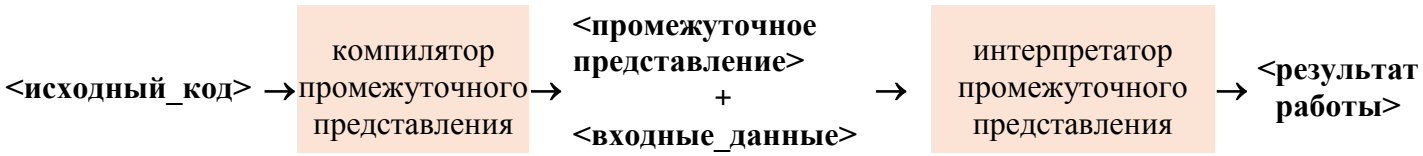
Схемы чистой компиляции и чистой интерпретации являются крайними вариантами. Большинство практических решений представляют собой их сочетание.

**6. Компиляторы-интерпретаторы:** сначала генерируется промежуточный код, затем он интерпретируется (для ускорения работы).




**7. Кросс-компиляторы** позволяют на одной машине и в среде одной ОС генерировать код, предназначенный для выполнения на другой целевой машине и/или в среде другой ОС.

**Смешанная стратегия** предполагает, что компилятор создает код на промежуточном языке, который является входным для некоторой виртуальной машиный. Такой подход объединяет преимущества компиляции и интерпретации.

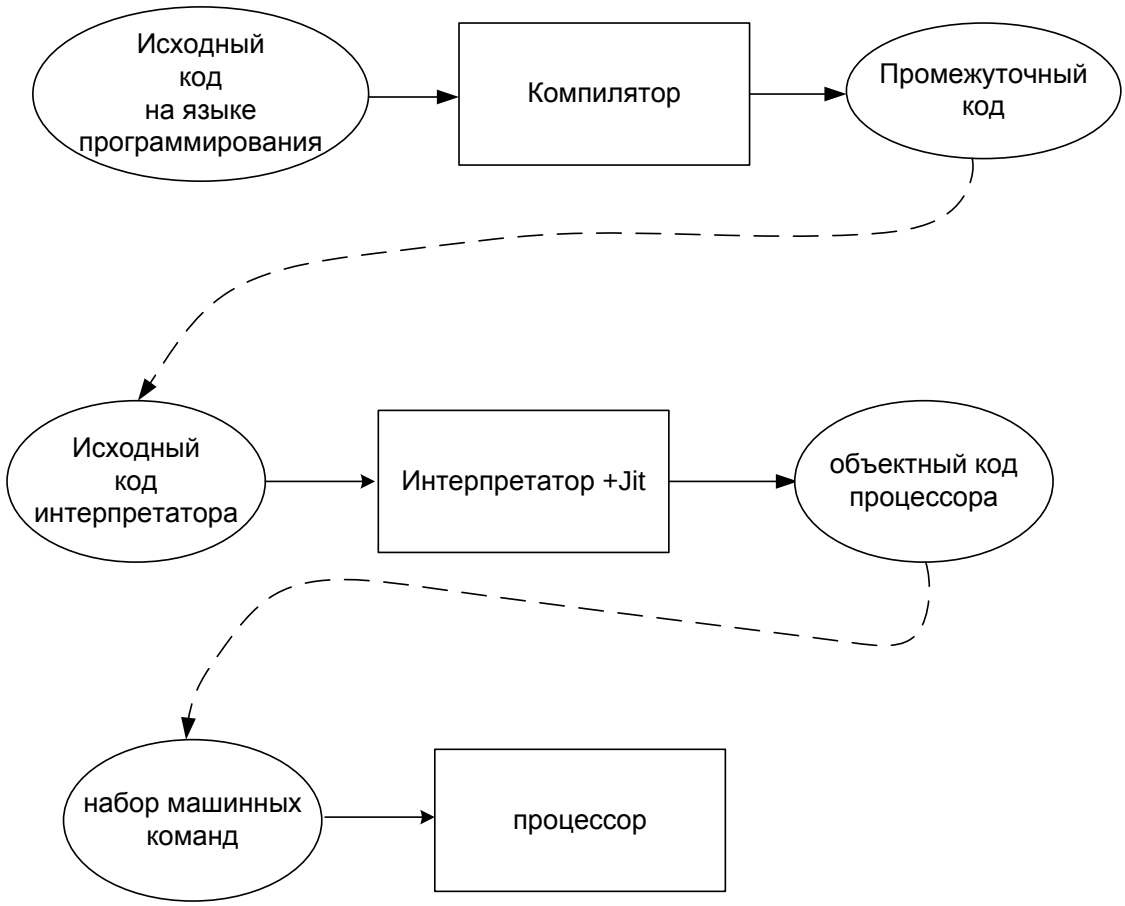



Генерация байт-кода

**Байт-код** – это подход, при котором программа преобразуется в промежуточный двоичный вид, интерпретируемый некой «виртуальной машиной» во время исполнения.

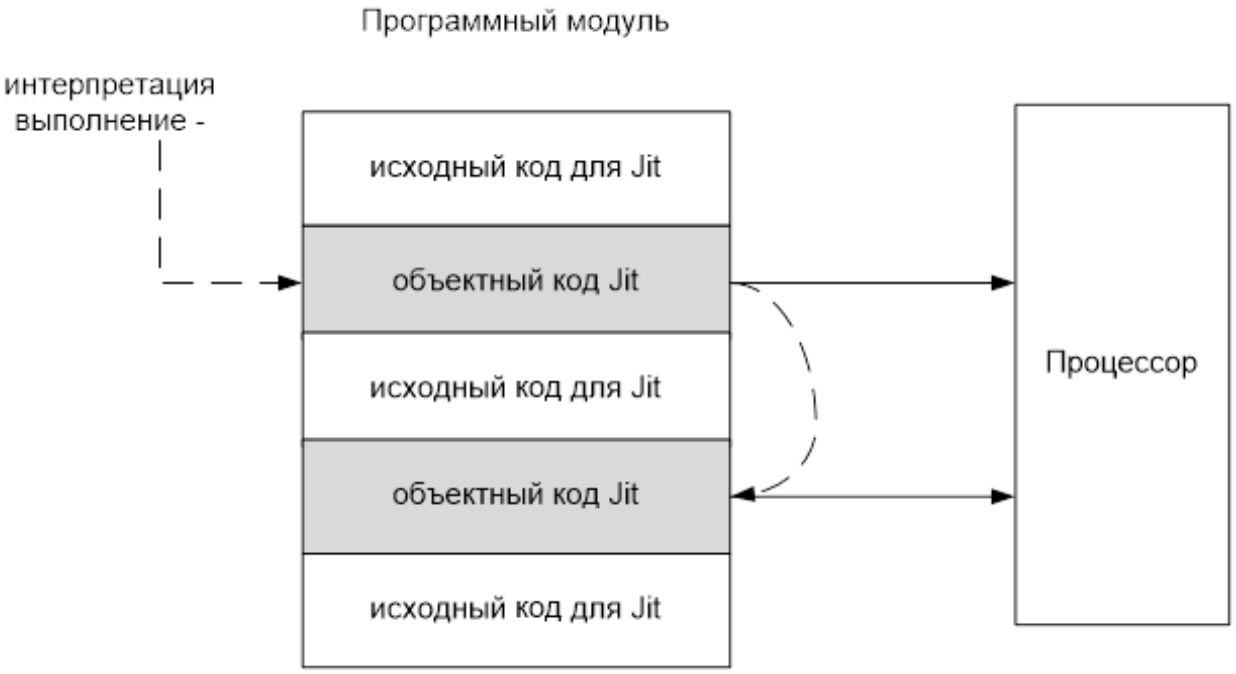
## 8. Компиляторы-интерпретаторы

**Jit-трансляторы:** сначала генерируется промежуточный код, затем он компилируется в объектный код аппаратной платформы. Jit-трансляторы могут осуществлять частичную трансляцию по мере необходимости.

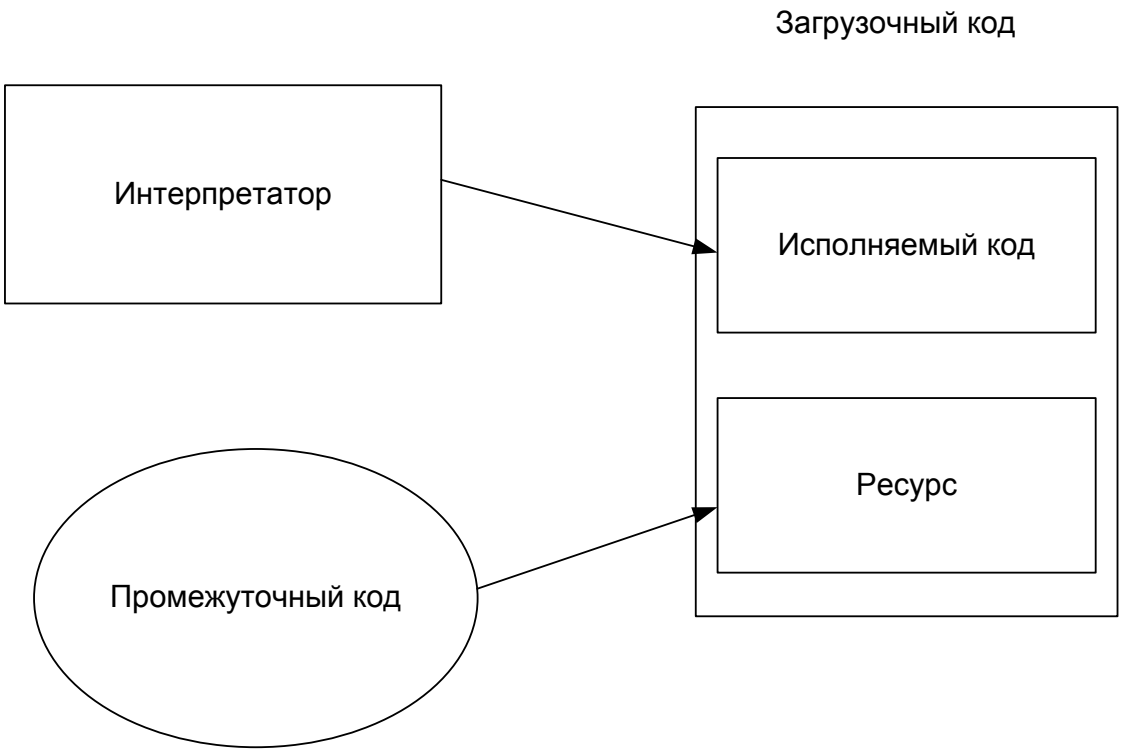


## 9. Частичная компиляция

После внесения изменений компилируются только те части программы, которые были модифицированы после предыдущей компиляции.



## 10. Объединение объектного кода с интерпретатором



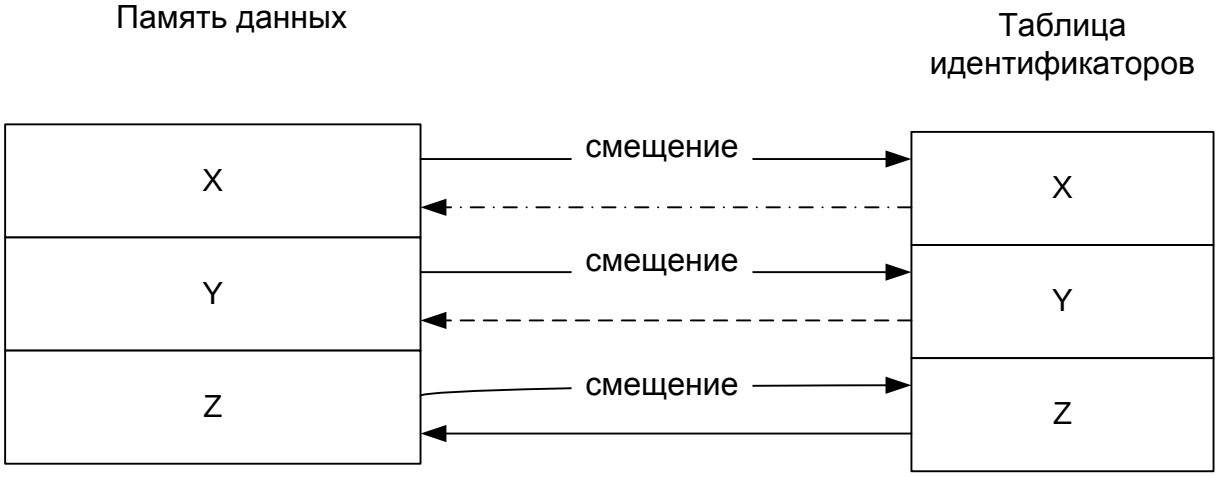
# Пример подхода к реализации генерации промежуточного кода для последующей интерпретации

**11. Последовательность разработки:**

1) построить план (модель) памяти;
2) определить перечень инструкций промежуточного кода;
3) разработать генератор кода;
4) разработать интерпретатор.

**12. Построение плана памяти: плоская память.**

## 13. Построение плана памяти: память данных (принцип лезвия Оккама: «Не следует множить сущее без необходимости»)




где смещение определяется исходя из ширины типов данных.

## 14. Построение плана памяти: память данных – это ячейки памяти

| тип | данные |
|---|---|
| тип | данные |
| тип | данные |

Строится развернутый план памяти с ***мета-данными***: ячейки памяти хранят тип переменной или литерала и непосредственно сами данные.

## 15. Построение плана памяти для целочисленных данных

***Пример***. Память данных – ячейки памяти для целочисленных данных (пустая ячейка и ячейка с литералом)

| | |
|---|---|
| 0x01 | 0x00000000 |

| | |
|---|---|
| 0x01 | 0x00000016 |

## 16. Построение плана памяти для строковых данных

***Пример***. Память данных – ячейки памяти для строковых данных (пустая ячейка и ячейка со строковым литералом указанной длины)

| | | |
|---|---|---|
| 0x02 | 0x00 | 0x00 0x00 0x00 ... |

| | | |
|---|---|---|
| 0x02 | 0x03 | 0x61 0x62 0x63 0x00 ... |

## 17. Сериализация памяти данных

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x01 | 0x00000000 | 0x01 | 0x00000016 | 0x02 | 0x00 | 0x02 | 0x03 | 0x61 0x62 0x63 |

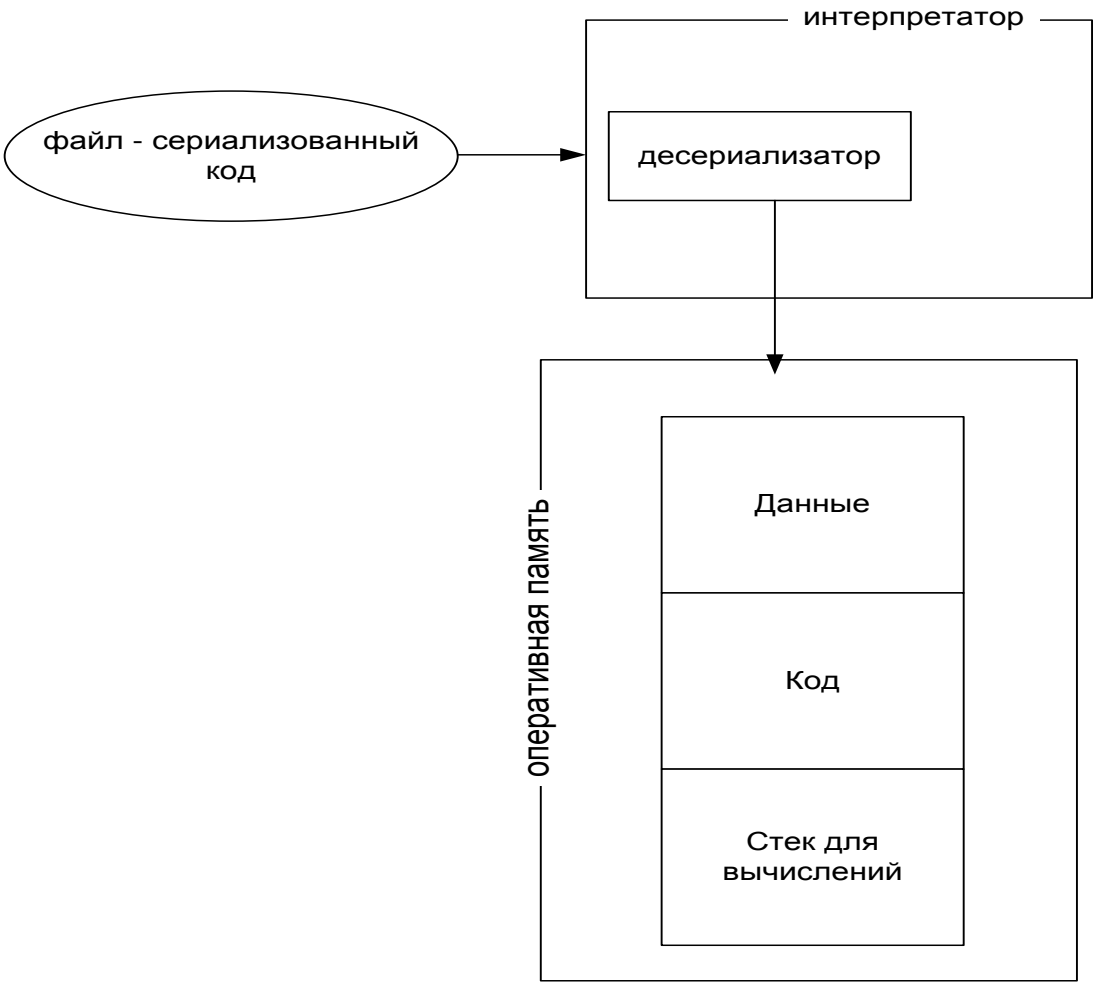
## 18. Реализация в C++ ячейки памяти

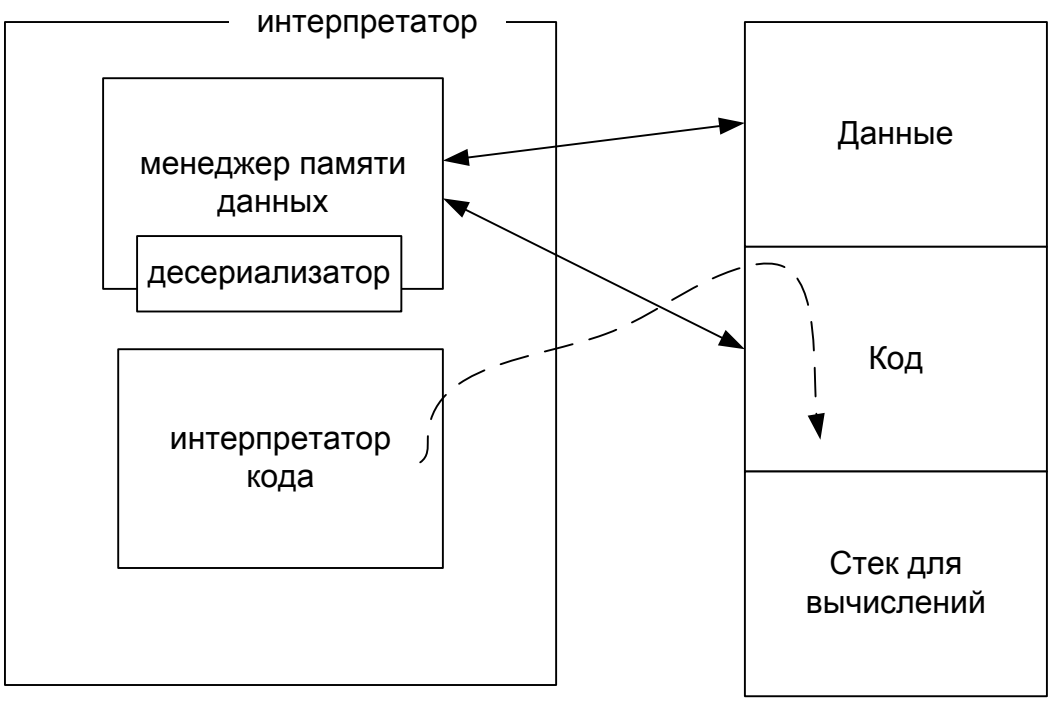
```
struct TYPEINT    // целочисленные данные
{
  int data;
};



struct TYPESTR  //  строковые данные
{
  unsigned char len;
  char data[255];
};
```

```
struct CELL   // ячейка памяти
{
    enum  CELLTYPE {INT=0x01, STR=0x02};

    CELLTYPE celltype;
    void* data;
    CELL (CELLTYPE celltype)  // пустая ячейка
    {
        this->celltype = celltype;
        switch (celltype)
        {
        case CELLTYPE::INT:  this->data = new TYPEINT;  ((TYPEINT*) this->data)->data  = 0;   break;
        case CELLTYPE::STR:  this->data = new TYPESTR;  ((TYPESTR*)this->data )->len = 0x00;  break;
        }
    }

    CELL (int data)           // для литерала
    {
        this->celltype = CELLTYPE::INT;
        this->data = new TYPEINT;  ((TYPEINT*) this->data)->data  = data;
    }

    CELL (char* data)       //  для литерала
    {
        this->celltype = CELLTYPE::STR;
        int l =  strlen(data);
        this->data = new TYPEINT;  ((TYPESTR*) this->data)->len = l = (l < 256?l: 255);
        strcpy_s( (char*)this->data, l, data);
     }
```

```
    char* seriealize()       // сеарилизация ячейки памяти
    {
        char* rc = nullptr;
        switch(this->celltype)
        {
        case CELLTYPE::INT: rc = new char[5];
                            rc[0] = (char)CELLTYPE::INT;
                            memcpy_s(rc+1,4,  (void*)((TYPEINT*)this->data)->data,4);
                            break;
        case CELLTYPE::STR: rc = new char[257];
                            rc[0] = (char)CELLTYPE::STR;
                            rc[1] = (char)((TYPESTR*)this->data)->len;
                            memcpy_s(rc+2, (int)rc[1],(void*)((TYPESTR*)this->data)->data,255);
                            break;
        }
        return rc;
    }

};
```

## 19. Менеджер памяти данных – программный код, обеспечивающий доступ к памяти.

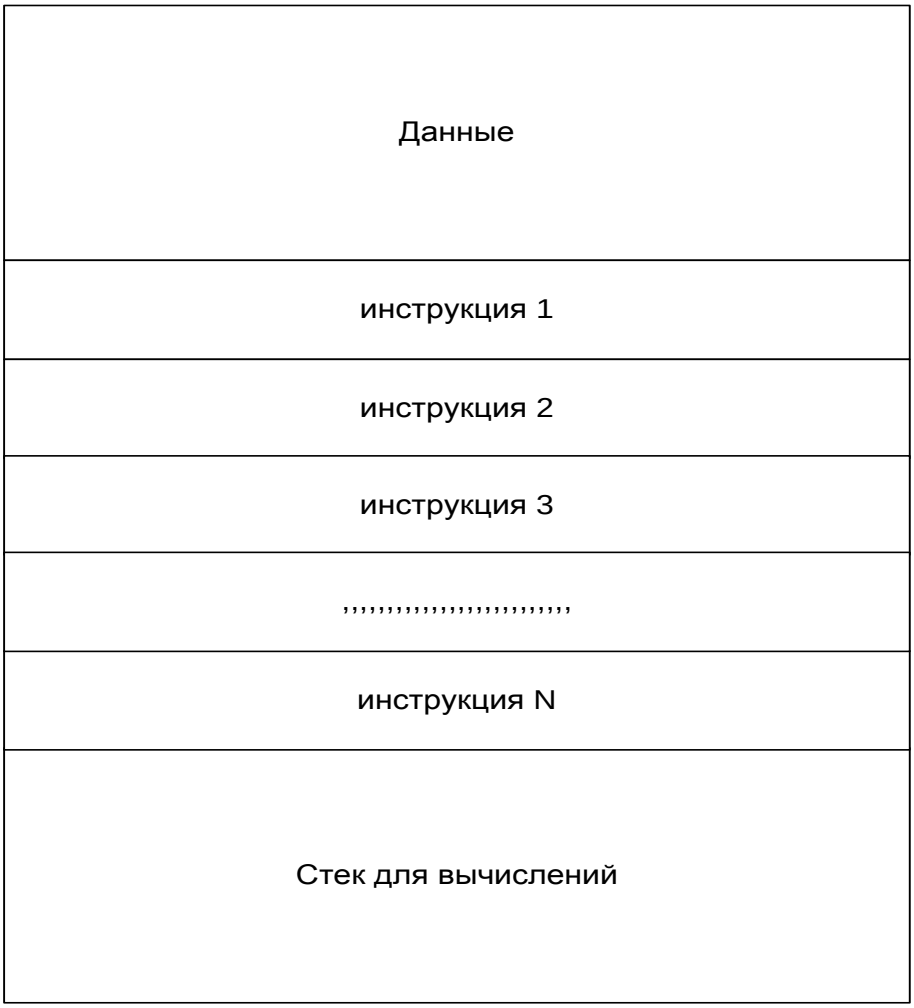





**20. Доступ к данным через смещения:** при размещении десериализованных данных.

Менеджер памяти данных запоминает адрес первой ячейки, адрес любой ячейки может быть определен (вычислен) через смещение.

## 21. Инструкции промежуточного кода




## 22. Инструкция (тетрада)

| код инструкции | операнд 1 | операнд 2 | операнд 3 |
|---|---|---|---|

### 23. Пример инструкции целочисленного сложения.

**Код операции 0x01**
**Операнды:** задействован только первый операнд.
**Действие:** инструкция извлекает из ***стека вычислений*** целочисленное число и складывает его с целым числом, ***смещение*** которого указывается первым операндом.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0x01 | 0x00000100 | 0x00000000 | 0x00000000 |

Результат заносится в стек.

### 24. Пример инструкции пересылки строковых данных сложения.

**Код операции 0x02.**
**Операнды:** задействованы два операнда; первый – строка приемник, второй – строка источник.
**Действие:** инструкция побайтно пересылает данные строки, ***смещение*** которой указывается вторым операндам, в строку, ***смещение*** которой указывается первым операндом.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0x02 | 0x00000100 | 0x00003220 | 0x00000000 |

### 25. Пример инструкции безусловного перехода

**Код операции 0x03.**
**Операнды:** задействован один операнд.
*Действие:* управление передается инструкции***, номер*** которой указан в операнде.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0x03 | 0x00000005 | 0x00000000 | 0x00000000 |

**26. Пример инструкции условного перехода.**

**Код операции 0x04.**

**Операнды:** задействованы два операнда; первый – операнд указывает номер инструкции, на которую следует передать управление, второй – смещение.

**Действие:** управление передается инструкции с указанным ***номером*** в случае, если значение, указанное ***смещением*** во втором операнде, указывает на 4 байта, содержащие только нулевые биты, в противном случае, если хотя бы один бит равен единице, то осуществляется переход на следующую по порядку инструкцию.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0x04 | 0x00000005 | 0x00000102 | 0x00000000 |

**27. Стек для вычислений.**

Стек состоит из ячеек для хранения ***смещений***.

Поместить в стек данные – означает поместить в стек ***смещение*** данных.

Извлечь данные из стека – означает извлечь из стека данные по указанному смещению.

Доступ к самим данным осуществляется через смещения.

Стек для вычислений состоит из однородных ячеек, длиной 4 байта.