

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

Кафедра интеллектуальных информационных технологий

**Отчет по лабораторной работе №1  
по курсу «МРЗВИС»  
на тему: «Реализация модели решения задач на  
конвейерной архитектуре»**

Выполнили студенты:  
группа 821701

Плявго Д. А.  
Макарчук Е. В.

Проверил:

Крачковский Д. Я.

**МИНСК  
2020**

## Цель:

Реализовать и исследовать модель решения на конвейерной архитектуре задачи вычисления попарного произведения (деления) компонентов двух векторов чисел.

## Вариант задания:

**Вариант 4:** Алгоритм вычисления произведения пары 4-разрядных чисел умножением со старших разрядов со сдвигом частичной суммы влево;

## Выполнение задания:

1. Схема работы конвейера для числа входных элементов, равного четырём:

| Такт | Этапы                    |                          |                          |                          |
|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|      | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        |
| 1    | 1 разряд $a_1 \cdot b_1$ |                          |                          |                          |
| 2    | 1 разряд $a_2 \cdot b_2$ | 2 разряд $a_1 \cdot b_1$ |                          |                          |
| 3    | 1 разряд $a_3 \cdot b_3$ | 2 разряд $a_2 \cdot b_2$ | 3 разряд $a_1 \cdot b_1$ |                          |
| 4    | 1 разряд $a_4 \cdot b_4$ | 2 разряд $a_3 \cdot b_3$ | 3 разряд $a_2 \cdot b_2$ | 4 разряд $a_1 \cdot b_1$ |
| 5    |                          | 2 разряд $a_4 \cdot b_4$ | 3 разряд $a_3 \cdot b_3$ | 4 разряд $a_2 \cdot b_2$ |
| 6    |                          |                          | 3 разряд $a_4 \cdot b_4$ | 4 разряд $a_3 \cdot b_3$ |
| 7    |                          |                          |                          | 4 разряд $a_4 \cdot b_4$ |

Таблица 1. Схема работы конвейера

### Такт 1:

(I) Вычисляется умножение первых разрядов первой пары чисел

### Такт 2:

(I) Вычисляется умножение первых разрядов второй пары чисел

(II) Вычисляется умножение вторых разрядов первой пары чисел

### Такт 3:

(I) Вычисляется умножение первых разрядов третьей пары чисел

(II) Вычисляется умножение вторых разрядов второй пары чисел

(III) Вычисляется умножение третьих разрядов первой пары чисел

**Такт 4:**

- (I) Вычисляется умножение первых разрядов четвертой пары чисел
- (II) Вычисляется умножение вторых разрядов третьей пары чисел
- (III) Вычисляется умножение третьих разрядов второй пары чисел
- (IV) Вычисляется умножение четвертых разрядов первой пары чисел

**Такт 5:**

- (I) Вычисляется умножение вторых разрядов четвертой пары чисел
- (II) Вычисляется умножение третьих разрядов третьей пары чисел
- (III) Вычисляется умножение четвертых разрядов второй пары чисел

**Такт 6:**

- (I) Вычисляется умножение третьих разрядов четвертой пары чисел
- (II) Вычисляется умножение четвертых разрядов третьей пары чисел

**Такт 7:**

- (I) Вычисляется умножение четвертых разрядов четвертой пары чисел

**Примечание:**

Перевод чисел из десятичной системы счисления в десятичную и обратно вычисляется автоматически.

## 2. Исходные данные:

- **m** – количество чисел в векторе, количество умножаемых пар (не является фиксированной величиной, в данном случае равно 4);
- **p = 4** – разрядность чисел;
- **n = 4** – количество этапов конвейера;
- **r = m** – ранг задачи (количество объектов, которые в процессе решения задачи могли бы обрабатываться параллельно);
- **t<sub>i</sub> = 4** – количество тактов для одного этапа конвейера;
- **4 пары чисел:** <8, 9>, <9, 14>, <10, 11>, <11, 13>.

```
Консоль отладки Microsoft Visual Studio
Vectors
[0] 8 9
[1] 9 14
[2] 10 11
[3] 11 13

Tact - 1
-----
Calculations at digit <3> at index [0]
0000-1001-
0001-0010-
-----

Tact - 2
-----
Calculations at digit <3> at index [1]
0000-1110-
0001-1100-
-----
Calculations at digit <2> at index [0]
0000-0000-
0010-0100-
-----

Tact - 3
-----
Calculations at digit <3> at index [2]
0000-1011-
0001-0110-
-----
Calculations at digit <1> at index [0]
0000-0000-
0100-1000-
-----
Calculations at digit <2> at index [1]
0000-0000-
0011-1000-
-----

Tact - 4
-----
Calculations at digit <3> at index [3]
0000-1101-
0001-1010-
-----
Calculations at digit <1> at index [1]
0000-0000-
0111-0000-
-----
Calculations at digit <0> at index [0]
0000-0000-
0100-1000-
-----
Calculations at digit <2> at index [2]
0000-0000-
0010-1100-
-----

Tact - 5
-----
Calculations at digit <2> at index [3]
0000-0000-
0011-0100-
-----
Calculations at digit <1> at index [2]
0000-1011-
0110-1110-
-----
Calculations at digit <0> at index [1]
0000-1110-
0111-1110-
-----

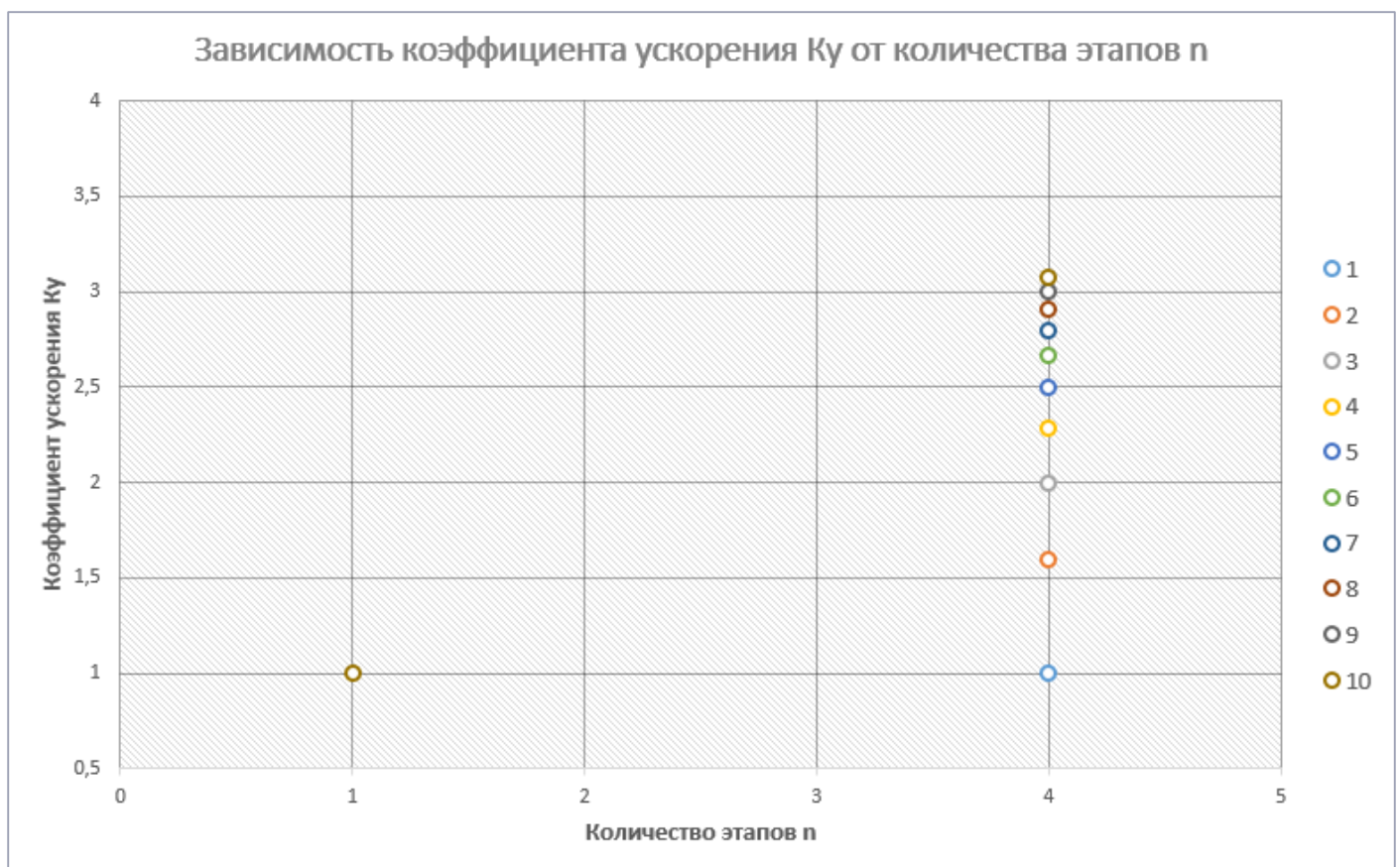
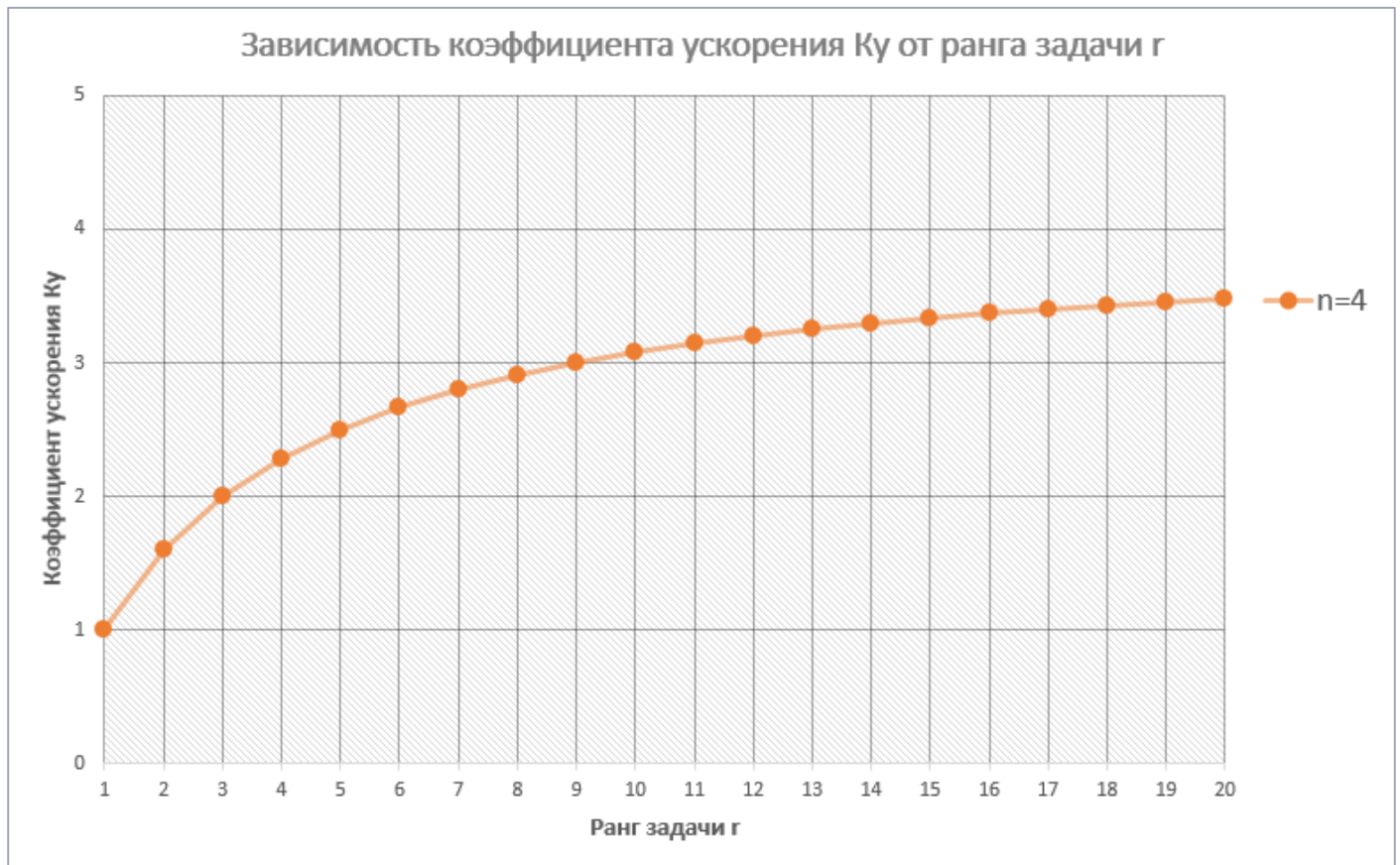
Tact - 6
-----
Calculations at digit <0> at index [2]
0000-0000-
0110-1110-
-----
Calculations at digit <1> at index [3]
0000-1101-
1000-0010-
-----

Tact - 7
-----
Calculations at digit <0> at index [3]
0000-1101-
1000-1111-
-----

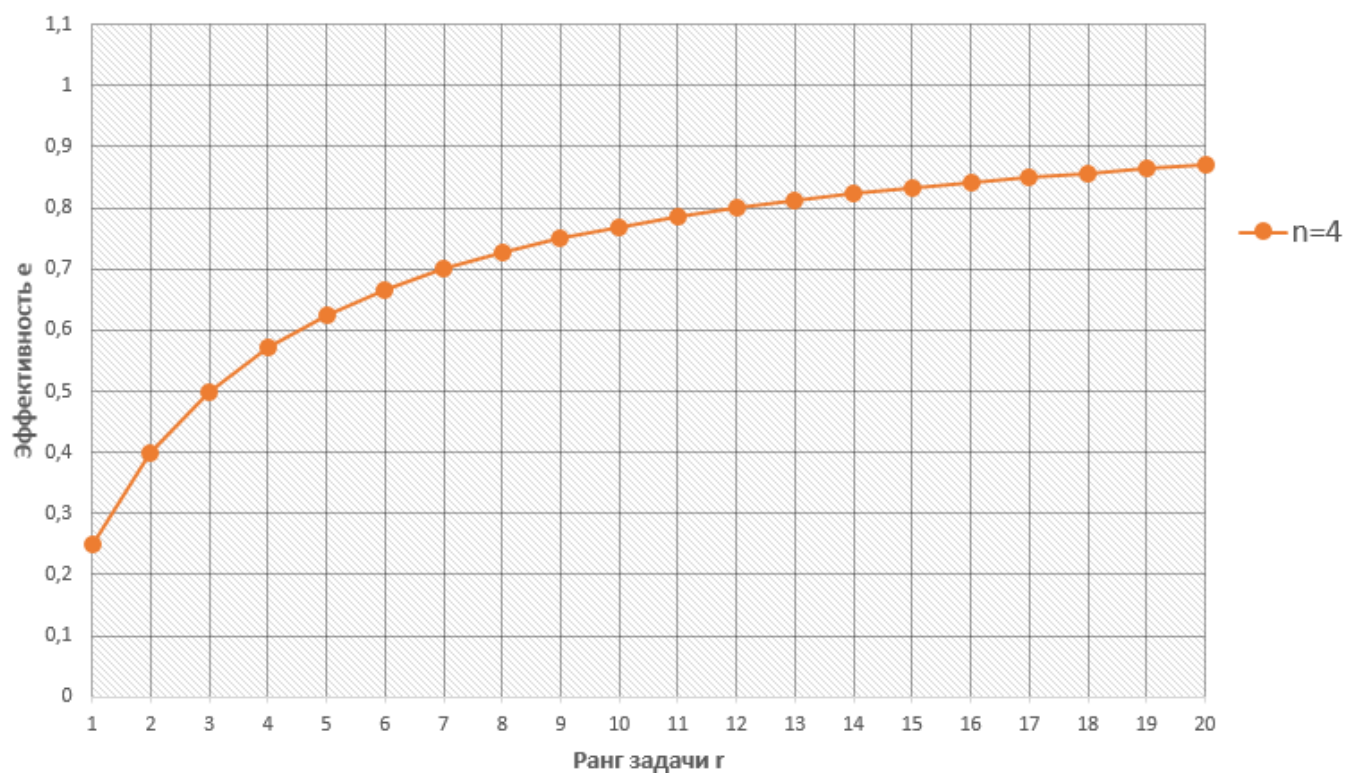
Tact - 8
-----
Output result
[0] Result - 72; Tacts - 4;
[1] Result - 126; Tacts - 5;
[2] Result - 110; Tacts - 6;
[3] Result - 143; Tacts - 7;
```

Рисунок 1. Результат работы программы

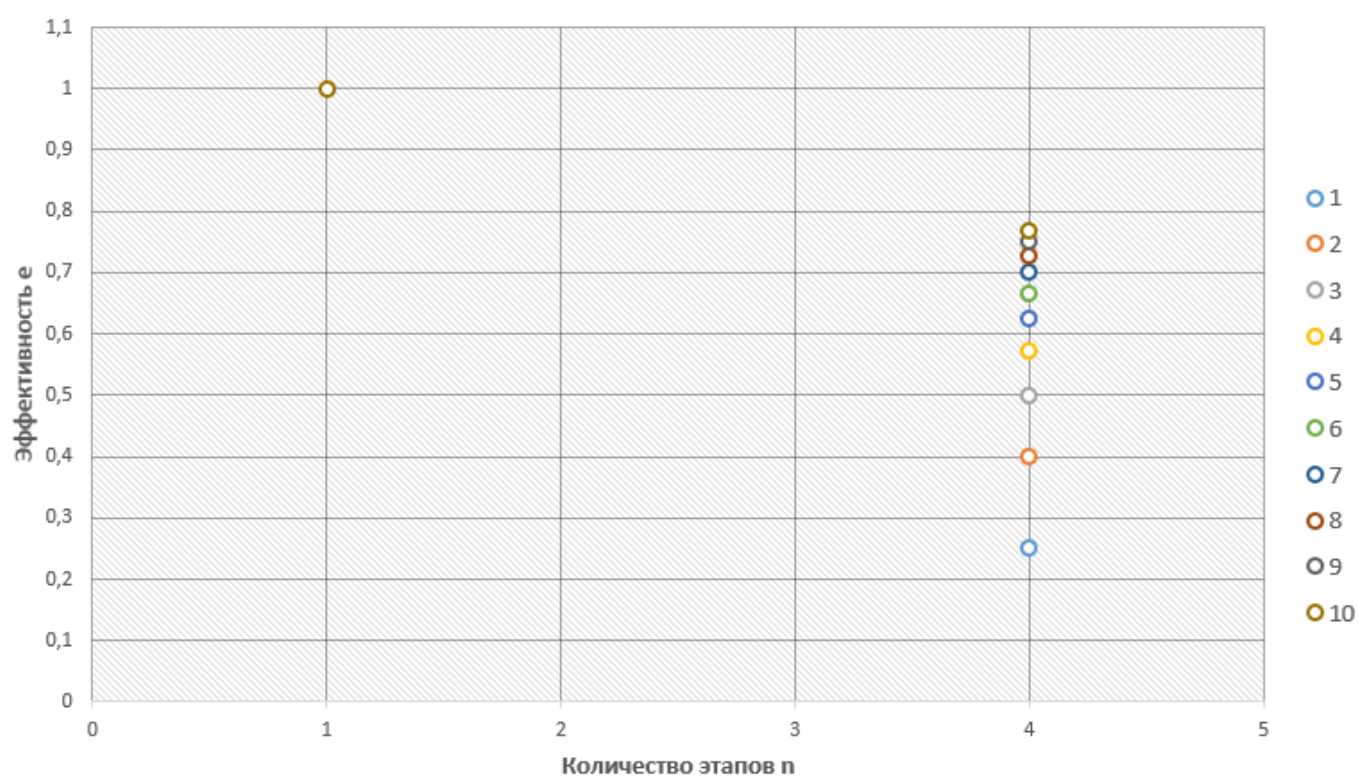
### 3. Построение графиков:



Зависимость эффективности  $e$  от ранга задачи  $г$



Зависимость эффективности  $e$  от количества этапов  $n$



#### 4. Ответы на вопросы:

##### **1 Вопрос:**

Проверить, что модель создана верно: программа работает правильно.

*Ответ:*

Проверка правильности работы программы:

- a.  $8 * 9 = 72$
- b.  $9 * 14 = 126$
- c.  $10 * 11 = 110$
- d.  $11 * 13 = 143$

*Вывод:*

Программа работает верно.

##### **2 Вопрос:**

Объяснить на графиках точки перегиба и асимптоты.

*Ответ:*

Асимптоты означают, что рост производительности конвейера ограничен и зависит от количества процессорных элементов и объектов.

##### **3 Вопрос:**

Спрогнозировать, как изменится вид графиков при изменении параметров модели; если модель позволяет, то проверить на ней правильность ответа.

*Ответ:*

Если увеличивается ранг задачи  $r$ , то коэффициент ускорения и эффективность увеличиваются. Если увеличивается количество этапов конвейера  $n$ , то коэффициент ускорения увеличивается, а эффективность уменьшается.

##### **4 Вопрос:**

Каково соотношение между параметрами  $n$ ,  $r$ ,  $m$ ,  $p$  модели сбалансированного конвейера?

*Ответ:*

- $m$  – количество чисел в векторе, количество умножаемых пар (не является фиксированной величиной, в данном случае равно 4);
- $p = 4$  – разрядность чисел;
- $n = 4$  – количество этапов конвейера;

- $r = m$  – ранг задачи (количество объектов, которые в процессе решения задачи могли бы обрабатываться параллельно);

### **5 Дано:**

Пусть имеется некоторая характеристика  $h$  (эффективность  $e$  или ускорение  $K_y$ ) и для неё выполняется:

- $h(n_1; r_1) = h(n_2; r_2);$
- $n_1 > n_2.$

Каким будет соотношение между  $r_1$  и  $r_2$ ?

*Ответ:*

$$e(n_1; r_1) = e(n_2; r_2); e = \frac{K_y}{n} = \frac{T_1}{T_n * n}; n \in N$$

$$\frac{r_1 * n_1}{(n_1 + r_1 - 1) * n_1} = \frac{r_2 * n_2}{(n_2 + r_2 - 1) * n_2};$$

$$r_1 n_2 + r_1 r_2 - r_1 = r_2 n_1 + r_1 r_2 - r_2;$$

$$r_1 (n_2 - 1) = r_2 (n_1 - 1);$$

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{n_2 - 1}{n_1 - 1}.$$

Из равенства выше следует:  $r_1 > r_2.$

### **6 Дано:**

- несбалансированный конвейер (заданы конкретные значения:  $n$ ,  $t_i$  – времена выполнения обработки на этапах конвейера);
- $e_0$  – некоторое фиксированное значение эффективности.

*Определить:*

Значение  $r_0$ , при котором выполняется  $e(n; r_0) > e_0.$

*Ответ:*

Так как в результате построения графика получилась гипербола, большему значению  $x$  соответствует меньшее значение  $y$ . Значит, чтобы значение  $e$  было больше  $e_0$ , величина  $r$  должна находиться в интервале  $r \in (0; r_0).$

### **7 Вопрос:**

Для несбалансированного конвейера (использовать исходные данные предыдущего вопроса) определить  $\lim_{r \rightarrow \infty} (e(n; r)).$

*Ответ:*

Предел эффективности при  $r \rightarrow \infty$  равен 0.



### **8 Дано:**

Несбалансированный конвейер (использовать исходные данные предыдущего вопроса).

*Вопрос:*

Каким образом можно перестроить данный конвейер, чтобы для заданного  $r_0$  выполнялось  $e(n; r_0) > e_0$ ?

*Ответ:*

Изменить структуру конвейера так, чтобы число  $r$  принадлежало интервалу  $r \in (0; r_0)$ .

### **9 Дано:**

Несбалансированный конвейер (использовать исходные данные предыдущего вопроса) и значение минимального кванта времени  $t_0$  (условной временной единицы).

*Вопрос:*

Каким образом нужно перестроить данный конвейер, чтобы получить максимально быстрый конвейер?

*Ответ:*

Необходимо разделить его на столько этапов, чтобы время каждого этапа было равно.

### **Вывод:**

В результате выполнения лабораторной работы была реализована модель сбалансированного конвейера для вычисления произведения пары 4-разрядных чисел умножением со старших разрядов со сдвигом частичной суммы влево. Реализованная модель была проверена на работоспособность и правильность получаемых результатов. Данная модель позволяет ускорить процесс вычисления результата. Были исследованы числовые характеристики конвейерной архитектуры, а именно коэффициент ускорения и эффективность при решении поставленной задачи.